



AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

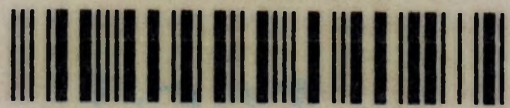
Ppłk mgr inż. Wiesław BŁAŻEJCZYK

MIKROFALOWE ZAKŁÓCENIA INFORMACYJNE W DZIAŁANIACH WOJSK LĄDOWYCH

Rozprawa doktorska

63797

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej
S/5217



05-005217-003-0





**AKADEMIA
OBRONY NARODOWEJ**

Ppłk mgr inż. Wiesław BŁAŻEJCZYK

**MIKROFALOWE ZAKŁÓCENIA
INFORMACYJNE W DZIAŁANIACH
WOJSK LĄDOWYCH**

Rozprawa doktorska



63797

**Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej
S / 5217**



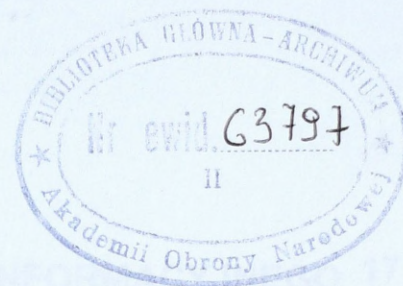
05-005217-003-0

WARSZAWA

2002

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

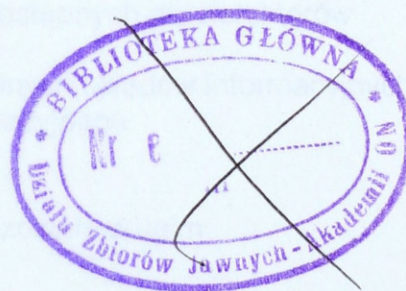
WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH



Ppłk. mgr inż. Wiesław BŁAŻEJCZYK

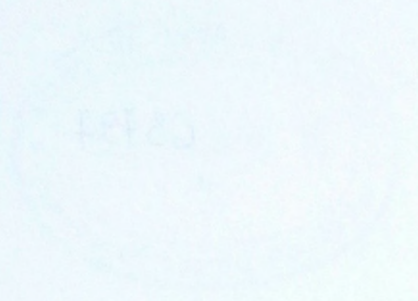
Mikrofalowe zakłócanie informacyjne w działaniach wojsk lądowych

Rozprawa doktorska



Opracowana pod kierownictwem naukowym

Płk. prof. dr. hab. Leopolda CIBOROWSKIEGO



Polk mgr inż. Wiesław ERĄŻEJCZYK

Mikrośladowe zaktóczenie informacyjne w działaniach wojsk lądowych

Pracownia doktorska



Pracownia pod kierownictwem naukowym
Prk prof. dr. hab. Leopolca CIBOROWSKIEGO

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE	4
1. KATEGORYZACJA MIKROFALOWEGO ZAKŁÓCANIA INFORMACYJNEGO	17
1.1. Interpretacja pojęcia mikrofalowego zakłócania informacyjnego	18
1.2. Przestrzeń mikrofalowego zakłócania informacyjnego	27
1.3. Miejsce mikrofalowego zakłócania informacyjnego w walce informacyjnej	39
1.4. Interpretacja pojęcia systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego	52
1.5. Rola cel i zadania systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego w działaniach wojsk lądowych	64
1.6. Wnioski wynikające z rozwiązania problemów zawartych w rozdziale pierwszym	71
2. DIAGNOZA INFORMACYJNEGO ZAKŁÓCANIA MIKROFALOWEGO W WOJSKACH LĄDOWYCH SIŁ ZBROJNYCH RP	74
2.1. Współczesne metody realizacji zakłócania mikrofalowego	76
2.1.1. Zakłócanie poprzez modyfikację zbiorów danych dostępnych dla detektorów mikrofalowych układów informacyjnych	77
2.1.1.1. Modyfikowanie zbioru mikrofalowych danych dostępnych dla detektorów przeciwnika za pomocą zakłócania aktywnego	78
2.1.1.2. Modyfikowanie zbioru mikrofalowych danych dostępnych dla detektorów przeciwnika za pomocą zakłócania pasywnego	97
2.1.2. Zakłócanie poprzez neutralizację elementów funkcjonalnych układów informacyjnych	106
2.2. Kryteria oceny efektywności mikrofalowego zakłócania informacyjnego	120
2.3. Zakłócanie mikrofalowe w polskich wojskach lądowych	138
2.4. Systemy zakłócania mikrofalowego armii innych państw	150
2.5. Wnioski wynikające z rozwiązania problemów zawartych w rozdziale drugim	177
3. IDENTYFIKACJA PRZEDMIOTU INFORMACYJNEGO ZAKŁÓCANIA MIKROFALOWEGO W WOJSKACH LĄDOWYCH	180
3.1. Środki radiolokacyjne	182
3.1.1. Pokładowe środki radiolokacyjne statków powietrznych	185
3.1.2. Pokładowe środki radiolokacyjne sterowania pociskami	207
3.1.3. Naziemne środki radiolokacyjne	211
3.1.4. Wnioski wynikające z analizy środków radiolokacyjnych	232
3.2. Środki łączności mikrofalowej	233
3.3. Wnioski wynikające z rozwiązania problemów zawartych w rozdziale trzecim	239

4. POŻĄDANY STAN MIKROFALOWEGO ZAKŁÓCANIA INFORMACYJNEGO W WOJSKACH LĄDOWYCH SIŁ ZBROJNYCH RP	241
4.1. Implikacje teorii organizacji i zarządzania w organizacji mikrofalowego zakłócenia informacyjnego	243
4.2. Rola i miejsce zakłócenia informacyjnego w działaniach wojsk lądowych	247
4.3. Wnioski wynikające z rozwiązania problemów zawartych w rozdziale czwartym	267
5. ZESTAWIENIE EFEKTÓW POZNANIA WYNIKAJĄCYCH Z ROZWIĄZANIA PROBLEMÓW BADAWCZYCH	269
ZAKOŃCZENIE	273
WYKAZ SKRÓTÓW I WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ	276
BIBLIOGRAFIA	278

WPROWADZENIE

Ubiegły wiek, a szczególnie jego druga połowa był okresem, w którym nastąpił gwałtowny rozwój technologiczny w dziedzinie elektroniki, informatyki, nowoczesnych systemów przekazywania danych. Podobnie jak w wypadku prawie wszystkich odkryć naukowych osiągnięcia te znalazły swoje odzwierciedlenie w dziedzinie militarnej, powodując radykalne zmiany w architekturze pola walki. Techniki oparte na elementach dyskretnych wprowadzono do systemów uzbrojenia, procesów rozpoznania, dowodzenia i nadzorowania walki. Udoskonalano między innymi środki przenoszenia broni, zwiększając ich zasięg i skuteczność działania, systemy rozpoznawcze i decyzyjne próbuje się oprzeć na sieciach neuronowych lub układach pamięci biologicznej (sztuczna inteligencja), wprowadzono środki łączności radiowej wykorzystujące modulacje z widmem rozproszonym. Mając na uwadze powyższe osiągnięcia technologiczne wielu teoretyków uważa, że przyszłe działania zbrojne cechować się będą, obok wysokiej manewrowości i precyzji rażenia, także wysokim stopniem robotyzacji opartej między innymi na zintegrowanych systemach rozpoznawczych, które będą dostarczały wiarygodnych danych w czasie rzeczywistym. Jeżeli wszystkie strony konfliktu będą dysponowały środkami rażenia o zbliżonej skuteczności i porównywalnej manewrowości, to elementem przesądającym o sukcesie lub porażce będzie uzyskanie powodzenia w walce informacyjnej. Racjonalne modelowanie walki zbrojnej powinno prowadzić do optymalnego wykorzystywania siły rażenia wojsk przez stwarzanie warunków do osiągnięcia jak największej precyzji ognia i jednocześnie warunków do maksymalnego skracania czasu reakcji – niezależnie od tego, czy ogień ten zostanie ostatecznie wykonany, czy też nie. Są to dwa nieodłączne warunki osiągnięcia powodzenia na polu walki, niespełnienie ich będzie zawsze prowadzić do wzrostu kosztów działań i zwiększania prawdopodobieństwa porażki. Niedoskonałości jakościowe w tym zakresie muszą być zrekompensowane siłą ognia oraz zwiększeniem liczby posiadanych sił i środków walki, jak również wydłużeniem czasu przebywania w strefie rażenia przeciwnika. W walce o czas i precyzję działania mieści się funkcjonalna rola walki informacyjnej¹.

¹ L. Ciborowski, Walka informacyjna, Europejskie Centrum Edukacyjne, Toruń 1999, s.77.

Wiedza o stanie, usytuowaniu oraz możliwościach i zamiarach prowadzenia walki przez przeciwnika oraz o własnym potencjale walki jest niezbędna każdemu dowódcy do wypracowania decyzji umożliwiającej, po jej wdrożeniu, pokonanie przeciwnika. Istotą walki informacyjnej w działaniach wojsk lądowych jest stwarzanie sytuacji utrudniających przeciwnikowi podejmowanie trafnych decyzji przy jednoczesnej obronie przed tym samym wojsk własnych. Jest ona ukierunkowana na dezorientowanie przeciwnika w sytuacji pola walki, komplikowanie jego warunków działania i w efekcie tego zmuszanie go do podejmowania błędnych decyzji. Uzyskanie przewagi informacyjnej nad przeciwnikiem to zatem nie tylko odpowiedni poziom rozwoju struktur i środków rozpoznania, ale również obrony informacyjnej i zakłócania informacyjnego.

Jedną z charakterystycznych cech współczesnego pola walki jest jego nasycenie najnowszymi urządzeniami elektronicznymi. Od ich poziomu technicznego i niezawodności działania zależy w dużej mierze efekt końcowy działań zbrojnych. Środki elektroniczne stały się swoistym narzędziem walki - umiejętnie wykorzystane mogą zdecydować o powodzeniu lub przegranej. Elektronikę wykorzystuje się w procesie rozpoznania, dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki, a także w toku planowania, organizowania i nadzorowania walki zbrojnej.

Jak wykazują doświadczenia z przebiegu minionych konfliktów zbrojnych, elektronika w znacznym stopniu decyduje o efektywności użycia środków walki i działaniu wojsk. Dlatego też w sferze szczególnego zainteresowania walczących stron znalazła się skuteczność oddziaływania na systemy i urządzenia elektroniczne przeciwnika w celu obniżenia ich sprawności. Szeroko rozumiane oddziaływanie na te systemy i urządzenia jest jednym z zasadniczych elementów walki elektronicznej.

W dobie szerokiego i wszechstronnego wykorzystywania elektroniki w działaniach współczesnych sił zbrojnych, walka elektroniczna (w tym rażenie elektroniczne) stała się bardzo ważnym elementem walki informacyjnej. Aby ten rodzaj walki był w czasie wojny bardziej skuteczny, należy w czasie pokoju zorganizować odpowiednie siły i środki. Należy również w czasie pokoju zgromadzić maksymalne ilości danych dotyczących potencjalnego przeciwnika i jego sprzętu bojowego. Wymaga to zarówno efektywnego planowania w zakresie uzbrojenia wojsk, jak i odpowiedniego przygotowania wszystkich szczebli dowodzenia i kierowania działaniami bojowymi.

Podstawową formą aktywnej walki informacyjnej jest zakłócanie informacyjne, które prowadzi się przez oddziaływanie na przetworniki i nośniki danych przeciwnika.

Jako podstawowy nośnik danych wykorzystywane są przede wszystkim fale elektromagnetyczne. Stałą tendencją jest przy tym ciągle poszukiwanie nowych możliwości w zakresie wykorzystania widma elektromagnetycznego. Szczególną uwagę zwraca się na wyższe częstotliwości, przy czym dotyczy to nie tylko urządzeń radiolokacyjnych czy radionawigacyjnych, ale również środków łączności bezprzewodowej. Z tego też względu coraz większego znaczenia nabiera dziś zarówno rozpoznanie, jak i zakłócanie w paśmie bardzo wielkich częstotliwości – paśmie mikrofalowym. Zakłócanie informacyjne w przestrzeni fal elektromagnetycznych jest formą rażenia, jednego z podstawowych czynników walki zbrojnej. W swej istocie polega na wnoszeniu entropii informacyjnej do komunikatów oraz powodowaniu destrukcji fizycznej nośników tych komunikatów i nośników danych.

Historia praktycznego wykorzystania fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego związana jest z radiolokacją i praktycznie rozpoczęła się w 1940 roku z momentem zbudowania przez brytyjskich uczonych magnetronu wielowętkowego – lampy elektronowej wytwarzającej oscylacje bardzo wysokich częstotliwości o dużej mocy. Prawie równocześnie z wynalazkiem radaru² i jego zastosowaniem do celów militarnych (wykrywanie i naprowadzanie samolotów) wymyślono sposoby zakłócania jego pracy. Od tego czasu datuje się wykorzystywanie zarówno aktywnych, jak i pasywnych zakłóceń. Również w czasie II wojny światowej podjęto pierwsze próby zakłócania autonomicznych systemów kierowania na cel pocisków raketowych (V2) i zastosowania urządzeń zakłócających obrony indywidualnej środków walki³. Odpowiedzią na pierwsze urządzenia przeciwwzakłóceniami były udoskonalone środki zakłócania. Ten swoisty wyścig pomiędzy środkami i metodami zakłócania pracy stacji radiolokacyjnych a środkami i metodami obrony stacji radiolokacyjnych przed zakłóceniami trwa więc już 60 lat. Tego typu spirala jest charakterystyczna dla wszelkich form uzbrojenia na przestrzeni wieków, począwszy od łuku i tarczy. Dopóki dany typ uzbrojenia nie znika ze sceny (pola walki), oznacza to, że jego rozwój nadąża za rozwojem środków przeciwdziałania i nie została wyparty przez bardziej skuteczny. Równocześnie oczywiste jest, że dopóki jakiś rodzaj

² Radar skrót ang. *Radio detection and ranging* – wykrywanie i określanie odległości za pomocą fal radiowych.

³ Źródła amerykańskie podają, że dzięki zastosowaniu na szeroką skalę zakłóceń radiolokacyjnych znacznie zmniejszono straty lotnictwa. Ocenia się, że w stosunku do lotnictwa amerykańskiego dyslokowanego w Wielkiej Brytanii był on nie mniejszy niż 25%, co odpowiada 450 samolotom i 4500 lotnikom. Wartość ocalałych, dzięki zastosowaniu zakłóceń radiolokacyjnych samolotów ocenia się na 150 mln dolarów, co – zdaniem zachodnich specjalistów – dwukrotnie przewyższa wydatki, jakie poniesiono na praktyczne stosowanie zakłóceń aktywnych i pasywnych. H. Piekarski, *Walka radioelektroniczna*, MON, Warszawa 1980.

uzbrojenia jest wykorzystywany tak długo trwają wysiłki w celu przeciwdziałania jego efektywnemu wykorzystaniu.

Zdaniem specjalistów poprawna realizacja zadań wojskowego rozpoznania technicznego możliwa jest w rezultacie harmonijnego rozwoju wszystkich wykorzystywanych w tym celu środków. Należy jednak podkreślić uznawaną na całym świecie dominującą w tym względzie rolę radarów. Gwarantują one bowiem uzyskiwanie relatywnie dużych zasięgów w porównaniu z innymi urządzeniami (np. optoelektronicznymi), szczególnie w polskiej strefie klimatycznej. Możliwość osiągnięcia dużego zasięgu oznacza w konsekwencji poprawę czasu reakcji, jakim dysponują systemy, na których rzecz pracuje system rozpoznania.

Coraz mniejsze wymiary oraz niskie koszty wytwarzania zwiększają możliwości zastosowania urządzeń elektronicznych (w tym również zakłócających) w dziedzinie militarnej, powodując przez to ciągle rozszerzanie się potencjalnej przestrzeni zakłócania mikrofalowego. Niezmienne dotychczas pozostało częstotliwościowe pasmo pracy urządzeń zakłócających, zakłócanie bowiem w dziedzinie mikrofal dotyczyło głównie stacji radiolokacyjnych, których roboczy zakres częstotliwości jest zdeterminowany bardziej przez fizyczne podstawy niż przez technologię. Postęp technologiczny w tym zakresie zauważalny jest jedynie w tym, że w latach 60-tych urządzeniem szerokopasmowym było urządzenie zakłócające o częstotliwości obejmującej jedną oktawę, a obecnie jedno urządzenie obejmuje kilka oktaw, można więc powiedzieć, że praktycznie obejmuje pełny wymagany zakres częstotliwości.

Problematyka zakłócania w dziedzinie fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego jest stosunkowo dobrze opisana w zakresie technik zastosowania zakłóceń radiolokacyjnych w działaniach lotnictwa. W większości są to opracowania powstałe w czasach kiedy mikrofałe kojarzone były wyłącznie z radarami, które wykrywały samoloty lub były ich urządzeniami pokładowymi. Współczesne zastosowanie mikrofal na polu walki, zmiany spowodowane rewolucją technologiczną, wydają się nie być dostatecznie dostrzegane, naświetlane i interpretowane. Innymi słowy, brak jest na ten temat wyczerpujących publikacji naukowych zarówno w literaturze światowej, jak i w krajowej. W prezentowanych poglądach daje się zauważać wiele rozbieżności. Istotne różnice występują nawet w sferze terminologicznej. Trudno jest w literaturze przedmiotu spotkać opracowania dotyczące organizacji mikrofalowego zakłócania informacyjnego na szczeblu taktycznym lub operacyjnym wojsk lądowych, nikt też nie podjął się opracowania podstaw teoretycznych elektromagnetycznego zakłócania informacyjnego, które obej-

muje mikrofalowe zakłócanie informacyjne. Istnieją fragmentaryczne, osobne opracowania dotyczące części tego problemu, brak jest jednak wiążącej dzieło teorii opartej na wiedzy naukowej. Powodem takiego stanu rzeczy jest najprawdopodobniej fakt, iż środki mikrofalowe na szerszą skalę wprowadzane są do wyposażenia wojsk lądowych stosunkowo od niedawna.

Walka o przewagę informacyjną, stosowanie środków mikrofalowych (radiolokacyjnych i łączności) na coraz niższych szczeblach taktycznych oraz dokonujące się przewartościowania w teorii prowadzenia walki stawiają coraz wyższe wymagania przed mikrofalowym zakłócaniem informacyjnym. Wymagania te dotyczą zasad wykorzystania mikrofalowego zakłócania informacyjnego oraz jego możliwości bojowych, aczkolwiek potencjał tego zakłócania w wojskach lądowych Sił Zbrojnych RP zmalał praktycznie do zera.

Tempo rozwoju nowoczesnych urządzeń rozpoznawczych wymusza potrzebę doskonalenia metod przeciwdziałania ich skutecznemu użyciu. Prowadzone badania oraz literatura przedmiotu pozwalają bowiem sądzić, że o wynikach przyszłych konfliktów zbrojnych decydować będzie przewaga informacyjna, której jednym z czynników niewątpliwie jest mikrofalowe zakłócanie informacyjne. Tą drogą uzyskuje się zaskoczenie przeciwnika, uniemożliwia zbieranie danych i naprowadzanie środków walki. Wymaga to jednak naukowego rozwiązania szeregu problemów, z których część podjęto w ramach opracowywanej rozprawy. Należy mieć świadomość, że obszar prowadzonych badań naukowych jest ogromny i przekracza możliwości realizacyjne jednego wykonawcy, ale rozprawa może uruchomić procedurę poznawczą tej problematyki i stać się przyczynkiem do zmian jakościowych i ilościowych w przyszłych strukturach organizacyjnych systemu walki elektronicznej.

Mimo świadomości i akceptacji obecności i znaczenia środków mikrofalowych na współczesnym polu walki, nie tylko w sferze zainteresowania wojsk lotniczych i obrony przeciwlotniczej, wątpliwości budzą:

- małe zainteresowanie zarówno w sferze teoretycznej, jak i praktycznej rozwojem radiolokacji pola walki;
- możliwości w zakresie zakłócania mikrofalowego (w ograniczonym zakresie) mają tylko wojska lotnicze;
- zbyt duży czas obiegu treści informacyjnych w sieciach dystrybucji danych, uniemożliwiający nawet pasywne formy zakłócania;

- zbyt mała głębokość prowadzonego rozpoznania w zakresie mikrofal, brak możliwości efektywnego wykorzystania danych z tego rozpoznania;
- drastyczna różnica sprzętowa w zakresie środków mikrofalowego zakłócania informacyjnego polskich wojsk lądowych i innych armii o porównywalnych potencjałach bojowych.

Z powyższego wynika, że namiastka systemu zakłócania mikrofalowego w Wojsku Polskim istnieje tylko w wojskach lotniczych i obrony powietrznej. Tymczasem, nowoczesny związek operacyjny i taktyczny, a nawet oddział, powinien dysponować taką strukturą organizacyjną, która umożliwi mu właściwe funkcjonowanie na współczesnym polu walki. Dlatego też swoją rozprawę podporządkowałem następującemu celowi:

CEL

Opracować zbiór naukowo uzasadnionych podstaw zakłócania informacyjnego w przestrzeni fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego na współczesnym polu walki i określić kierunki rozwoju tego rodzaju zakłócania w polskich wojskach lądowych.

PROBLEM

Ociągnięcie tak wytyczonego celu wiązało się z poszukiwaniem odpowiedzi będącej rozwiązaniem głównego problemu:

Jakim wymaganiom powinien odpowiadać współczesny system zakłócania mikrofalowego w wojskach lądowych i w jakim kierunku należy podjąć działania mając na celu budowę takiego systemu w polskich siłach zbrojnych?

Rozwiązanie tego problemu wymagało odpowiedzi na następujące pytania problemowe:

- Jak jest?
- Dlaczego tak jest?
- Jak powinno być?
- Co należy zrobić, aby osiągnąć stan pożądany?

Odpowiedź na powyższe pytania wymagała wcześniejszego poznania:

- pojęć z zakresu przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego;
- organizacji istniejącego systemu zakłócania radiolokacyjnego w SZ RP;
- infrastruktury otoczenia systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego;
- możliwości i efektywności zakłócania za pomocą reprezentatywnych metod;
- wymagań, jakie stawia przed systemem zakłócania informacyjnego w przestrzeni fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego współczesne pole walki.

HIPOTEZA

Aby rozwiązać powyższe problemy i osiągnąć wytyczony cel, skupiłem się - po wstępnym opracowaniu treści poznawczych – na weryfikacji następującej hipotezy roboczej:

Obiektywnie pożądana organizacja mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych wyznaczona jest parametrami technicznymi podmiotu i przedmiotu zakłócania. Tylko trafna parametryzacja oraz obiektywne zdefiniowanie procesów funkcjonalnych w organizacji mikrofalowego zakłócania informacyjnego mogą doprowadzić do rozwiązań pozytywnych. Wdrażanie pożądanego organizacja mikrofalowego zakłócania informacyjnego do wojsk lądowych powinno wynikać z wcześniej wypracowanego programu budowy, uwzględniającego wszystkie aspekty tego przedsięwzięcia.

Na współczesną i przyszłą organizację mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych zasadniczy wpływ mają następujące czynniki:

- ustalenia organizacyjne i strukturalne systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego;
- zagrożenie wojsk lądowych związane ze środkami potencjalnego przeciwnika, opartymi na systemach informacyjno-sterujących wykorzystujących emisje mikrofalowe, taktyka wykorzystania oraz możliwości tych środków i systemów;
- cel, funkcje i zadania jakie powinien spełniać system mikrofalowego zakłócania informacyjnego w systemie walki informacyjnej wojsk lądowych.

Przyszłościowy system mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych oparty na jednolitej strukturze organizacyjno-funkcjonalnej połączonej z przestrzennymi elementami rozpoznawczymi oraz wyposażonej w najnowsze urządzenia zakłócające i odpowiednio przygotowane bazy danych zapewni możliwość dezorganizacji systemów informacyjno-sterujących przeciwnika przez wnoszenie entropii informacyjnej. Organizacja systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego powinna uwzględniać możliwości zakłócania pracy różnych urządzeń mikrofalowych (nie tylko radiolokacyjnych) w całym dostępnym przedziale spektrum elektromagnetycznego i obszaru działania wojsk lądowych.

Współczesne zakłócanie informacyjne powinno mieć charakter wieloetapowy realizowany na różnych poziomach. W celu ograniczenia bezwładności systemu poszczególne urządzenia (podsystemy) zakłócające winny funkcjonować również w pierwszorzutowych ZT ze szczególnym uwzględnieniem indywidualnej osłony przeciw-radiolokacyjnej środków walki.

Wnioski wynikające z dotychczasowych doświadczeń, świadczą o tym, że rozwój aktywnych urządzeń zakłóceń mikrofalowych powinien przebiegać w trzech kierunkach:

- modułowych urządzeń zakłóceń bliskiego i średniego zasięgu, przeznaczonych głównie do osłony indywidualnej środków bojowych przed atakiem środków rakietowych naprowadzanych metodą aktywnej radiolokacji;
- miniaturowych nadajników zakłóceń bliskiego zasięgu, przeznaczonych do obezwładniania pracy wielu grup naziemnych środków mikrofalowych;
- zestawów rozpoznawczo-zakłócających dalekiego zasięgu, przeznaczonych do osłony ważnych naziemnych obiektów wojskowych i cywilnych przed rozpoznaniem radiolokacyjnym z powietrza i atakiem rakietami naprowadzającymi się metodą aktywnej radiolokacji.

Uwzględniając wymienione kierunki oraz sygnalizowany wzrost zainteresowania tym tematem, można stwierdzić, że jest to problem:

- przyszłościowy, ale ulokowany w przestrzeni jeszcze niewystarczająco zdefiniowanej - zarówno pod względem semantycznym, jak i strukturalnym;
- mający swoje źródła w zakłócaniu radiolokacyjnym, ale nie zawsze właściwie postrzegany i definiowany;
- charakteryzujący się bardzo konkretnymi związkami z walką zbrojną – jednak do tej pory nie zostały one jeszcze wyraźnie sprecyzowane.

Dociekania zawarte w rozprawie są zatem jak najbardziej aktualne. Warunkując pomyślną ich finalizację, można dokonać wielu rozstrzygnięć, zarówno organizacyjnych, funkcjonalnych, jak i strukturalnych, które dziś są lub powinny się stać tematem dyskusji.

Rozprawa zawiera propozycje kierunków działania dotyczących organizowania mikrofalowego zakłócania informacyjnego w polskich wojskach lądowych.

Praca składa się z wprowadzenia, pięciu rozdziałów i zakończenia.

Wprowadzenie obejmuje założenia merytoryczno-metodologiczne badań. Ujęto w nim cel i problemy badawcze. Ponadto przedstawiono hipotezę roboczą oraz metody badawcze, których realizacja pozwoliła zweryfikować hipotezę roboczą i osiągnąć cel badań.

Rozdział pierwszy – został opracowany z myślą o uporządkowaniu teorii mikrofalowego zakłócania informacyjnego. Osiągnięcie tak wytyczonego celu zostało podporządkowane poszukiwaniom interpretacji terminów: zakłócanie informacyjne, zakłócanie elektromagnetyczne, elektromagnetyczne zakłócanie informacyjne, mikrofalowe zakłócanie informacyjne. Ustalono i charakteryzowano przestrzeń oraz istotę mikrofalowego zakłócania informacyjnego, a także rolę, cel i zadania systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych.

Rozdział drugi – zawiera ustalenia dotyczące obecnego zakresu wykorzystywania systemów mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych oraz jego potencjalnych możliwości. W rozwiązaniach dokonano diagnozy istniejącego w polskich siłach zbrojnych potencjału zakłócania w dziedzinie mikrofal, określono ograniczenia wynikające ze struktury organizacyjnej, wyposażenia technicznego i zasad jego wykorzystania. Za punkt wyjścia rozważań przyjęto stosowane współcześnie sposoby zakłócania w zakresie mikrofalowym z uwzględnieniem kryteriów określania jego efektywności.

Rozdział trzeci – zawiera wskazania możliwych typów źródeł promieniowania elektromagnetycznego, ich charakteru i ilości w obszarze potencjalnych działań wojsk lądowych, oraz celowości ich zakłócania w kontekście cech reprezentatywnych i znaczenia w działaniach na polu walki. Osiągnięcie tak wytyczonego celu wiązało się z określeniem ilości środków mikrofalowych osiągalnych i dostępnych fizycznie do zakłócania, wskazaniem i charakterystyką najbardziej reprezentatywnych cech technicznych i użytkowych z jednoczesnym przedstawieniem tendencji rozwojowych w zakresie obecnych i przyszłych rozwiązań dotyczących wykorzystywania środków mikrofalowych na polu walki.

Rozdział czwarty – zawiera propozycję kierunków działań organizacyjnych i technicznych, które po odpowiednim uszczegółowieniu i weryfikacji pozwolą utworzyć w polskich wojskach lądowych system mikrofalowego zakłócania informacyjnego odpowiadającego warunkom i zadaniom potencjalnego przyszłego obszaru działań wojsk lądowych. Rozdział ten został opracowany na podstawie efektów poznania uzyskanych w trzech pierwszych rozdziałach.

Rozdział piąty – zawiera propozycję rozwiązań stosownie do celu pracy i hipotezy roboczej.

W **zakończeniu** – przedstawiono ocenę stopnia realizacji zadań badawczych, propozycje zastosowania wyników badań oraz propozycje kierunków dalszych badań.

Założenia merytoryczno-metodologiczne

W badaniach przyjęto, że czynnością decydującą o ich powodzeniu będzie uświadomienie sytuacji problemowej, sformułowanie celu badań naukowych oraz wysunięcie i sprecyzowanie problemów naukowych⁴ i hipotezy roboczej.

Sformułowane problemy naukowe zostały oparte na przyjętych założeniach⁵. Założenia sformułowano przede wszystkim na podstawie dotychczas nagromadzonej wiedzy o mikrofalowym zakłócaniu informacyjnym. Zasadnicze twierdzenia, ważne dla właściwego rozumienia i ujęcia problemu naukowego, zostały przyjęte jako założenia podstawowe, pierwotne. Przy definiowaniu mikrofalowego zakłócania informacyjnego szczególną uwagę zwrócono na ujęcie czynnościowe i rzeczowe. Dokonując podziału przestrzeni zakłócania informacyjnego na podprzestrzenie uwzględniono kryteria rozstrzygalności (zgodnie z zasadami teorii mnogości i logiki), skupiając się głównie na zasadniczym, jednorodnym podziale.

W pracy za podstawę działania przyjęto zasadę, że system mikrofalowego zakłócania informacyjnego spełni swoją funkcję i wykona zadania, jeśli umożliwi dezorganizację pracy tych systemów informacyjno-sterujących przeciwnika w przestrzeni działania wojsk lądowych, których działanie oparte jest na wykorzystaniu fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego. Żeby to uzyskać, oprócz spełnienia wielu wymagań, system musi być odpowiednio rozmieszczony w przestrzeni działania wojsk lądowych, wykryć lub mieć inną możliwość pozyskania danych o rozmieszczeniu i funkcjonowaniu mikrofalowych źródeł danych systemów informacyjno-sterujących przeciwnika, poprawnie zinterpretować dane, w odpowiedni sposób i w odpowiednim czasie wejść w kooperację negatywną z wybranymi źródłami danych przeciwnika.

W celu ustalenia obecnych możliwości wykorzystania systemów zakłócania mikrofalowego znajdujących się dotychczas w wyposażeniu wojsk lądowych oparto się głównie na strukturach organizacyjnych, obowiązujących zasadach wykorzystywania środków zakłóceń radiolokacyjnych i wybranych parametrach technicznych stacji zakłóceń.

⁴ Przyjęto następującą interpretację terminu „problem naukowy”: subiektywne odzwierciedlenie obiektywnych niedostatków w nauce; fragment uświadomionej w obszarze nauki obiektywnej niewiedzy; swoiste pytanie, określające jakość i rozmiary niewiedzy.

⁵ Założenie to teza stanowiąca podstawę i punkt wyjścia do dalszych wywodów; główna myśl, zasada czegóż. *Słownik języka polskiego*, t 3, PWN, Warszawa 1981 r., s. 924.

Najpierw przedmiot badań poddany został analizie systemowej zdeterminowanej dezyderatem ukierunkowanym na wyodrębnianie i grupowanie wartości poznawczych dotyczących:

- technicznych możliwości dotychczas wykorzystywanych stacji zakłóceń radiolokacyjnych w wojskach lądowych SZ RP i innych wybranych państw;
- celów i sposobów wykorzystania stacji zakłóceń radiolokacyjnych wojsk lądowych na polu walki.

Następnie przeprowadzono weryfikację uzyskanych wyników poznawczych, a usystematyzowany w ten sposób materiał skonfrontowano z obowiązującymi poglądami i drogą analogii oraz dedukcji wyprowadzono zbiór zależności definiujących granice zakresu fizycznych możliwości prowadzenia zakłócania oraz parametrów technicznych sprzętu możliwego do zakłócenia przez aktualnie wykorzystywane w wojskach lądowych urządzenia zakłócania radiolokacyjnego.

W celu ustalenia możliwości i potrzeb w zakresie mikrofalowego zakłócania informacyjnego na współczesnym polu walki oraz cech identyfikacyjnych urządzeń wykorzystujących promieniowanie elektromagnetyczne pasma mikrofalowego jako potencjalnych obiektów zakłócania informacyjnego jako przedmiot badań przyjęto reprezentatywne struktury organizacyjne, parametry techniczne i sposoby użycia różnych grup środków wykorzystujących energię elektromagnetyczną pasma mikrofalowego i mogących mieć zastosowania militarne. Przedmiot badań poddany został analizie elementarnej, strukturalnej, historycznej i funkcjonalnej zdeterminowanej dezyderatem ukierunkowanym na wyodrębnianie i grupowanie wartości poznawczych dotyczących:

- wykorzystania energii elektromagnetycznej pasma mikrofalowego w minionych konfliktach – na podstawie analizy literatury przedmiotu;
- perspektywicznych urządzeń mikrofalowych możliwych do wykorzystania na polu walki – według opinii ekspertów z PIT, WAT i AON;
- określenia zakresu fizycznej podatności na zakłócanie informacyjne istniejących urządzeń wykorzystujących promieniowanie elektromagnetyczne pasma mikrofalowego;
- określenia operacyjno-taktycznych uwarunkowań opłacalności zakłócania informacyjnego poszczególnych grup urządzeń mikrofalowych

Usystematyzowany w wyniku przeprowadzonej weryfikacji i uogólnienia uzyskanych wyników poznawczych materiał badawczy skonfrontowano z obowiązującymi po-

glądami i drogą analogii oraz dedukcji wyprowadzono zbiór zależności definiujących granice zakresu fizycznej i operacyjno– taktycznej podatności na zakłócanie informacyjne oraz cech identyfikacyjnych urządzeń możliwych do zakłócania informacyjnego w przestrzeni fal elektromagnetycznych pasma mikrofalowego.

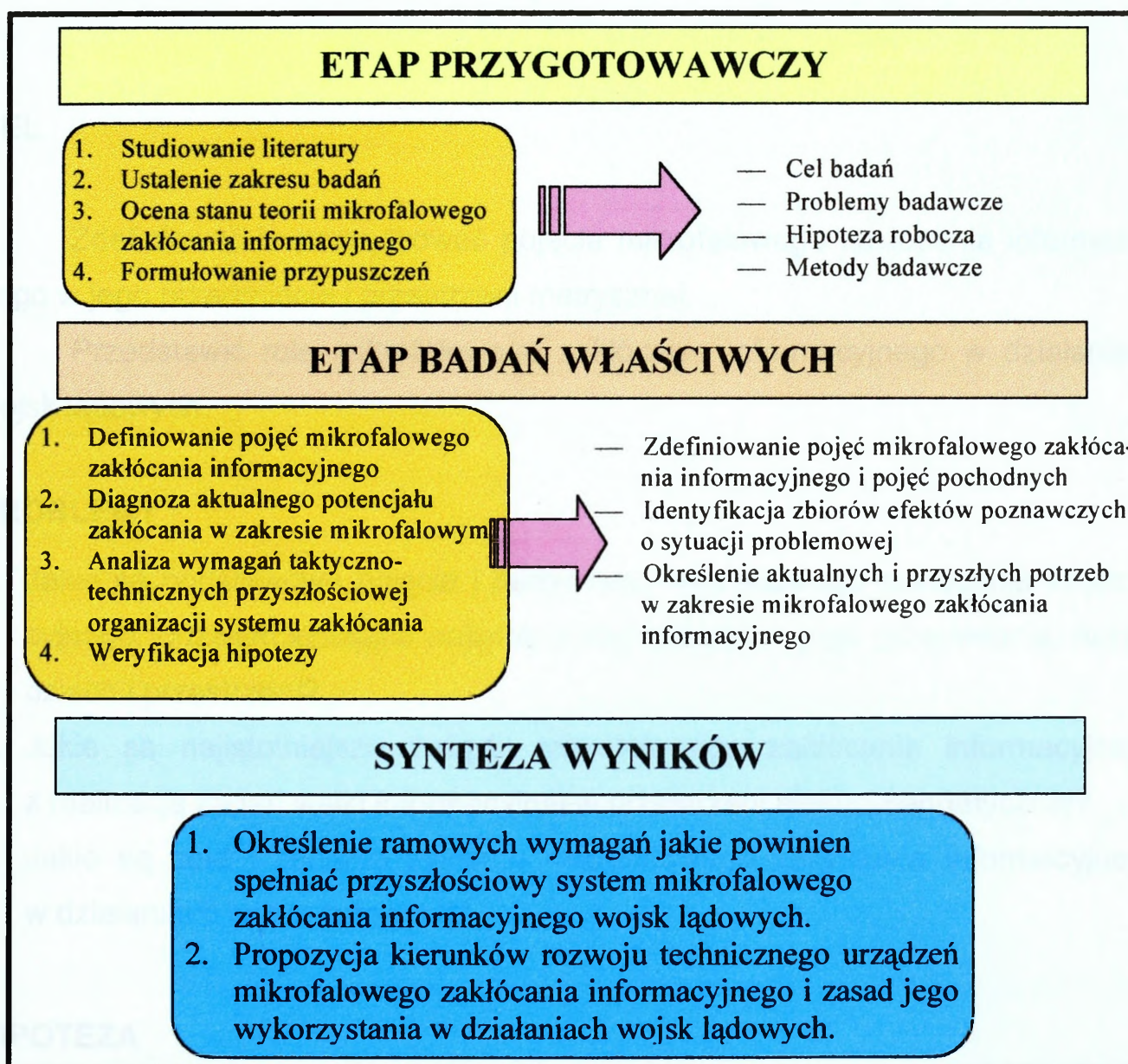
W celu ustalenia możliwych kierunków rozwoju mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych SZ RP jako przedmiot badań wykorzystano zbiory wcześniej uzyskanych efektów poznawczych, programy modernizacji sił zbrojnych, dokumenty zawierające postanowienia, ustalenia, sugestie i przesłanki merytoryczne związane z problematyką integrowania naszych sił zbrojnych z wojskami innych państw NATO.

Na etapie wstępnym przeprowadzono analizę funkcjonalną możliwości bojowych będącego obecnie w wyposażeniu sprzętu zakłóceń radiolokacyjnych pod kątem możliwości jego dalszego wykorzystywania. Analizie poddane zostały także prognozowane rozwiązania sprzętowe w tym zakresie. Następnie poddano analizie elementarnej doktryny wojennej i programu modernizacji Sił Zbrojnych RP z ukierunkowaniem na wyodrębnienie wszystkich elementów, które mogą wywierać wpływ na stosowanie nowych rozwiązań w zakresie zakłócania informacyjnego. Ta sama metoda była zastosowana również do procesów integrowania naszych sił zbrojnych ze strukturami wojskowymi NATO. Zgromadzone w ten sposób fakty poddane zostały analizie funkcjonalnej i logicznej z ukierunkowaniem na systematyzowanie danych skupionych wokół konkretnych wartości transformujących się na zakłócanie informacyjne w przestrzeni fal elektromagnetycznych pasma mikrofalowego w Wojskach Lądowych SZ RP. Wyróżnione w ten sposób zbiory efektów poznawczych poddane zostały syntezie logicznej i funkcjonalnej z zamiarem skomasowania wartości merytorycznych, po skonfrontowaniu tego z wynikami analizy i opiniami ekspertów ustalone została propozycja kierunków w jakich podążać powinien rozwój zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych.

Wyniki diagnozy istniejącego potencjału mikrofalowego zakłócania informacyjnego w SZ RP skonfrontowane z istniejącymi i prawdopodobnymi potrzebami w tym zakresie oraz tendencjami rozwojowymi zbliżonych funkcjonalnie systemów innych państw były podstawą do opracowania kierunków organizacyjnych dla przyszłego systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych. Mogą one stać się punktem wyjścia do opracowania szczegółowego projektu struktury organizacyjnej systemu.

Znaczącym elementem w badaniach istniejącego i przyszłego systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych, obok wcześniej wymienionych metod badawczych, były konsultacje, dyskusje i wywiady ze specjalistami prowadzone w ramach seminariów i konferencji naukowych, organizowanych w AON i WAT. Pozwoliły one w znacznym stopniu zweryfikować problemy i koncepcje rozwiązań organizacyjnych. Ponadto w całym procesie badawczym wykorzystano wyniki obserwacji naukowej (bezpośredniej), prowadzonej w czasie ćwiczeń dowódczo-sztabowych w AON.

Przebieg procesu badawczego przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Algorytm ramowej procedury opracowania rozprawy

1. KATEGORYZACJA MIKROFALOWEGO ZAKŁÓCANIA INFORMACYJNEGO

CEL

Zdefiniować i uporządkować pojęcia mikrofalowego zakłócania informacyjnego w jego przedmiocie i przestrzeni metrycznej.

Przedstawić rolę mikrofalowego zakłócania informacyjnego w działaniach wojsk lądowych.

PROBLEMY

1. Jakie są podstawowe pojęcia i desygnaty mikrofalowego zakłócania informacyjnego, odzwierciedlające najistotniejsze związki w jego przedmiocie, narzędziach i przestrzeni?
2. Jakie są najistotniejsze związki mikrofalowego zakłócania informacyjnego z realizacją zadań walki informacyjnej w przestrzeni elektromagnetycznej?
3. Jakie są cele i zadania systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego w działaniach wojsk lądowych?

HIPOTEZA

Pojęcie „mikrofalowego zakłócania informacyjnego”, czy raczej zakłócania w zakresie mikrofalowym fal elektromagnetycznych, jest zwykle utożsamiane z zakłócaniem pokładowych stacji radiolokacyjnych lotnictwa w ramach osłony obiektów. Dociekając właściwości prowadzonego mikrofalowego zakłócania informacyjnego i znaczenia pojęć występujących w istocie prowadzonego zakłócania

należy stwierdzić, że zawiera się ono w zakłócaniu elektromagnetycznym. Uwzględniając fakt że zakłócanie elektromagnetyczne jest częścią zakłócania informacyjnego, można wnioskować, iż mikrofalowe zakłócanie informacyjne jest tą częścią zakłócania informacyjnego, która jest prowadzona w zakresie mikrofalowym fal elektromagnetycznych. Taki podział elektromagnetycznego zakłócania informacyjnego porządkuje znaczeniowo i funkcjonalnie możliwości prowadzenia zakłócania w przestrzeni fal elektromagnetycznych.

Właściwie rozumiane, zorganizowane i prowadzone mikrofalowe zakłócanie informacyjne umożliwia zdobycie przewagi w walce informacyjnej w przestrzeni elektromagnetycznej, racjonalne wykorzystanie własnego potencjału rozpoznania elektromagnetycznego oraz pośrednio wykorzystanie systemów uzbrojenia, co stanowi podstawę osiągnięcia sukcesu w działaniach na polu walki.

Precyzyjnie sformułowany cel mikrofalowego zakłócania informacyjnego stanowi podstawę do dalszych działań. Natomiast zadania możliwe do zrealizowania przez system mikrofalowego zakłócania informacyjnego mogą być podstawą do planowania użycia i organizowania tego systemu w wojskach lądowych. Zadania te można pogrupować w zależności od obszaru, w którym będą prowadzone działania, lub w stosunku do zakłócanych systemów (urządzeń). Należy jednak pamiętać, że obszar działania (teren i przestrzeń), sytuacja taktyczna i elektroniczna każdorazowo będą inne, inne będą zatem i zadania. Jednym z kluczowych czynników decydujących o powodzeniu zakłócania może być czas. Może on decydować o efektywności przeciwdziałania wojskom przeciwnika, tym bardziej że przyszłe pole walki będzie charakteryzowało się dużą ilością środków precyzyjnego rażenia, które w szerokim zakresie wykorzystują systemy informacyjne pracujące w zakresie mikrofalowym.

1.1. Interpretacja pojęcia mikrofalowego zakłócania informacyjnego

XX wiek charakteryzował się burzliwym rozwojem środków walki. Zmieniały się środki ogniowe, samoloty bojowe i okręty. Zmiany te wiązały się z postępem w dziedzinie elektroniki, której gwałtowny rozwój nastąpił w ostatniej dekadzie XX wieku. Równocześnie z rozwojem środków walki rozwijały się techniki komunikowania się i prowadzenia rozpoznania w różnych środowiskach. Jedną z technik rozpoznania w spektrum elektroma-

gnetycznym była i jest technika mikrofalowa⁶ wykorzystywana praktycznie od początku swojego istnienia głównie w **radiolokacji**⁷. Jej intensywny rozwój zapoczątkowany w latach 40-tych XX wieku trwa nieprzerwanie do dnia dzisiejszego. Sukcesywnie podnosi się jakość i możliwości rozpoznawcze stacji radiolokacyjnych (SRL), a wiele współczesnych armii wyposaża jednostki lądowe, lotnicze i morskie, a nawet sztuczne satelity Ziemi, w najnowsze urządzenia radiolokacyjne. Jako działalność wtórna (na zasadzie akcja - reakcja) niemalże równoległe z technologiami radiolokacyjnego rozpoznania powstawały technologie przeciwdziałania temu rozpoznaniu, nazwane później zakłócaniem radiolokacyjnym. Jednocześnie fale elektromagnetyczne zakresu mikrofalowego coraz szerzej wykorzystywane są w również w innych dziedzinach, między innymi w telekomunikacji, gdzie obserwowane są tendencje do wykorzystywania coraz wyższych częstotliwości. Konstatując fakt, że współczesny zakres militarnego wykorzystania mikrofalowego pasma fal elektromagnetycznych w walce informacyjnej wykracza poza samą radiolokację, przeciwdziałanie temu wykorzystaniu określić można jako mikrofalowe zakłócanie informacyjne.

Co zatem powinno być desygnatem (przedmiotem myślowym) tego pojęcia? Jaka jest struktura przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego? Jakie więzi funkcjonalne występują pomiędzy elementami zbioru w przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego?

W porozumiewaniu się, szczególnie językiem profesjonalnym, często używa się pojęć składających się z kilku wyrazów. Stosowanie ich ukierunkowywane jest zawsze na większą konkretyzację desygnatów wyrazów podstawowych.

Uważając to za zasadę semantyczną można przyjąć, że desygnat określenia „mikrofalowe zakłócanie informacyjne” powinien mieścić w swoim zbiorze przedmiotowym wszystkie te elementy, które są właściwe pojęciu „mikrofalowe” i pojęciu „zakłócanie informacyjne”.

Znaczeniowo pojęcie „mikrofalowe” jest dość jednoznacznie przedstawione w dostępnych wydawnictwach. Według „Słownika współczesnego języka polskiego” mikrofałe to fale elektromagnetyczne, których długość wynosi od 1 mm do 10 cm, o własnościach zbliżonych do fal podczerwonych, stosowane m.in. w grzejnictwie, radio-

⁶ Zakres pasma mikrofalowego obejmuje przedział fal o długości od 0,0001m. do 0,1 m.

⁷ Radiolokacja jest gałęzią radiotechniki zajmującą się wykrywaniem i określaniem położenia obiektów za pomocą fal radiowych. Termin "radiolokacja" pochodzi od łacińskich słów radius (promień) i locus (miejsce), jego zaś odpowiednik RADAR od angielskiego określenia: Radio Aids for Defence and Reconnaissance (radiowe pomoce do obrony i rozpoznania) i amerykańskiego - Radio Detection and Ranging (wykrywanie i namierzanie za pomocą radia).

lokacji, telekomunikacji, medycynie, termowizji; zaś mikrofalowy – to mający związek z mikrofalami, ich wytwarzaniem, rejestracją oraz praktycznym użyciem; wykorzystujący mikrofałe w swym działaniu np. nadajnik mikrofalowy, antena czy lampa mikrofalowa.⁸ Według „Małego ilustrowanego leksykonu technicznego” mikrofałe to fale elektromagnetyczne o długości mniejszej niż 1 m., którym odpowiadają częstotliwości większe niż 300 MHz.⁹

Zakłócać to według „Słownika współczesnego języka polskiego” powodować zakłócenia, przeszkadzać w pracy, funkcjonowaniu czegoś. Wprowadzać gdzieś niepokój, burzyć istniejący porządek, ład¹⁰. Natomiast zakłócenie to naruszenie, dezorganizacja ustalonego porządku. W technice zakłócenia to niepożądane sygnały pochodzące z innego źródła niż źródło sygnału użytecznego, występujące jednocześnie z sygnałem użytecznym, tłumiące ten sygnał i przeszkadzające w jego odbiorze¹¹. „Mały ilustrowany leksykon techniczny” wyróżnia pojęcie „wielkość zakłócająca” (zakłócenie) - określając je jako wielkość fizyczną, której niepożądane oddziaływanie na układ lub system sterowania utrudnia realizację pożądanego działania tego układu lub podsystemu.¹²

Określenie „zakłócanie informacyjne” pojawiło się jako pochodna terminu „walka informacyjna”. W literaturze z tego zakresu początkowo określano je jako *zespół skoordynowanych elementów, który dostosowany jest do zakłócania procesów rozpoznawczych przeciwnika oraz zakłócania jego procesów dowodzenia i kierowania uzbrojeniem*¹³, lub też jako *wnoszenie entropii informacyjnej*¹⁴ do komunikatów i powodowanie destrukcji fizycznej nośników tych komunikatów i nośników danych¹⁵.

W późniejszych źródłach definicja przyjęła postać: *Zakłócanie informacyjne to wszelkie oddziaływanie na otoczenie (obszar zdobywania informacji — rejestratory danych, sygnały będące nośnikami informacji, zbiory danych, programy, biblioteki itp., które doprowadza do zaniku informacji pożądaney, jej deformacji lub wytwarzania informacji nieprawdziwych i przez to wpływa negatywnie na inne procesy pola walki*¹⁶.

⁸ Słownika współczesnego języka polskiego, WILGA, Warszawa 1996 r., s. 521-522.

⁹ Mały ilustrowany leksykon techniczny, Wydawnictwa Naukowo - Techniczne, Warszawa 1983 r., s. 295.

¹⁰ Słownika współczesnego języka polskiego, WILGA, Warszawa 1996 r., s. 1317.

¹¹ Encyklopedia techniki wojskowej, MON, Warszawa 1987 r., s.: 823

¹² Mały ilustrowany leksykon techniczny, Wydawnictwa Naukowo - Techniczne, Warszawa 1983 r., s.595

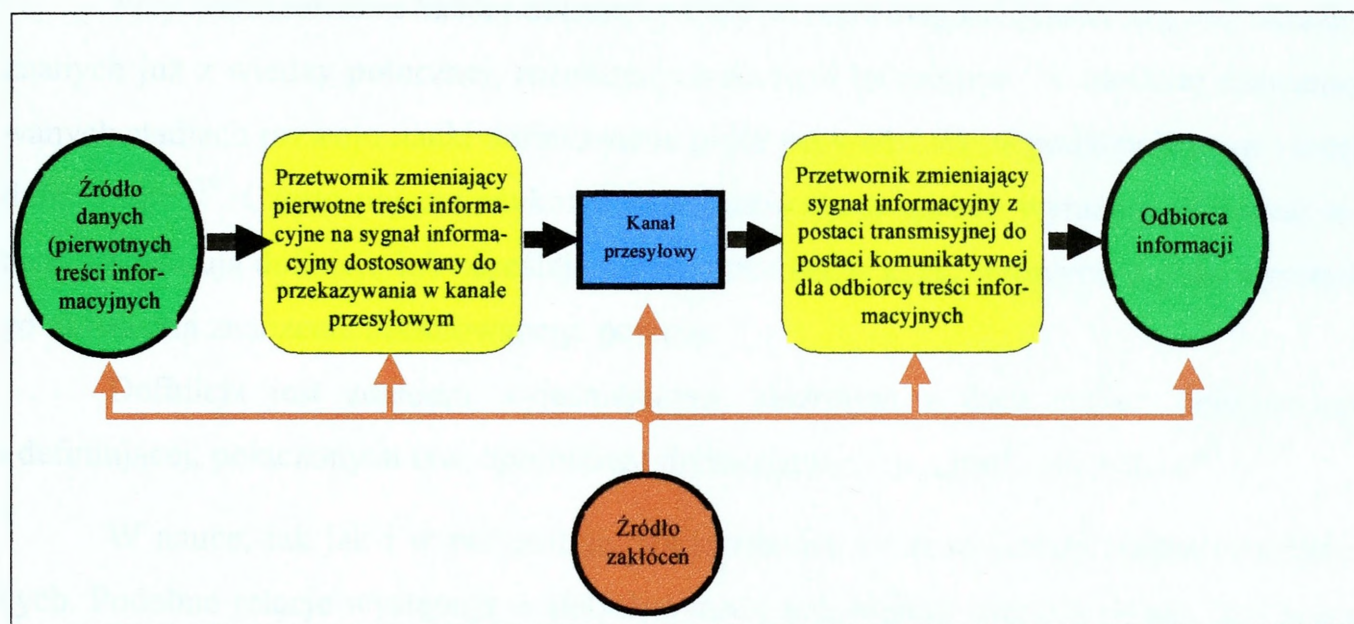
¹³ L. Ciborowski, „Przestrzenie walki informacyjnej”, Warszawa 1997 r., s. 84.

¹⁴ Pojęcie „entropia” użyte zostało w takim znaczeniu, że jest to miara nieokreśloności i stopnia nieuporządkowania sytuacji

¹⁵ L. Ciborowski, „Walka informacyjna”, Europejskie Centrum Edukacyjne, Toruń 1999 r., s. 187

¹⁶ G. Nowacki, „Walka informacyjna - próba kategoryzacji”, rozprawa doktorska, Warszawa 1999 r., s. 79

Z definicji tych wynika, że system zakłócania informacyjnego spełnia jak gdyby dwie funkcje. Jedną z nich jest szeroko rozumiana pozoracja, wprowadzanie w błąd przeciwnika. Jej celem jest udostępnienie przeciwnikowi takich postaci danych, które po przetworzeniu będą przedstawiać sytuację nierealną, nie mającą nic wspólnego z rzeczywistością. Drugą funkcją jest fizyczna destrukcja danych. Na polu walki zakłócanie prowadzi się w celu obniżenia efektywności funkcjonalnej systemu informacyjno-sterującego¹⁷ przeciwnika. Na współczesnym polu walki szczególne znaczenie w tym zakresie ma niedopuszczenie do efektywnego wykorzystania przez niego spektrum elektromagnetycznego.



Rys. 1.1. Oddziaływanie zakłóceń na proces informacyjny

Efektom zakłócania jest utrudnienie przeciwnikowi zdobywania i przekazywania treści informacyjnych. Stosując różne techniki można niszczyć lub uniemożliwić pracę źródłom zdobywania danych, przetwornikom danych i sygnałów oraz układom odbierającym (rys. 1.1.). Można też zmieniać strukturę nośników danych i sygnałów. Obydwa te sposoby zwiększają stan nieuporządkowania wiedzy o położeniu wojsk, a tym samym zwiększają entropię informacyjną. Jest to proces zróżnicowany zarówno w zakresie obszarów oddziaływania, jak i metod postępowania. W zależności od przyjętego kryterium wyróżnia się np.: zakłócanie osobowe i nieosobowe (techniczne), zakłócanie rozpoznania i zakłócanie systemów dowodzenia i kierowania, zakłócanie elektromagnetyczne i zakłócanie niszczące.

¹⁷ System informacyjno-sterujący to system, którego strukturę tworzą: źródła informacji, przetworniki informacji, układy odbierające, nośniki informacji i relacje systemowe.

Jednym z kryteriów naukowości badań jest precyzja przyjętego języka. W celu jednoznacznego i precyzyjnego zdefiniowania pojęcia „mikrofalowe zakłócanie informacyjne” należy posłużyć się metodą logicznej identyfikacji pojęć.

Logiczna identyfikacja definicji określenia „mikrofalowe zakłócanie informacyjne” ma na celu:

- określenie więzi pojęcia definiowanego – „mikrofalowe zakłócanie informacyjne” – z pojęciami definiującymi;
- ustalenie zgodności definicji „mikrofalowego zakłócania informacyjnego” z logicznymi zasadami definiowania pojęć¹⁸.

Przy formułowaniu każdej definicji należy w pierwszej kolejności używać określeń znanych już z wiedzy potocznej, rozumianych na ogół intuicyjnie. W bardziej zaawansowanych stadiach rozwoju nauki definiowanie pojęć prowadzi się na podstawie praw i teorii definiowania¹⁹. Często pojęcia naukowe są definiowane w sposób wyraźny. Wówczas autorzy konstruują definicję lub określają zespół postulatów znaczeniowych w celu wyraźnego określenia znaczenia definiowanego pojęcia.

Definicja jest zdaniem wyjaśniającym, złożonym z dwu części: definiowanej i definiującej, połączonych tzw. spójnikiem definiującym, np. „jest”, „to tyle co”.

W nauce, tak jak i w przyrodzie, wiele zjawisk i rzeczy jest od siebie uzależnionych. Podobne relacje występują w definiowaniu i rozumieniu różnych pojęć. Dokonując identyfikacji logicznej pojęcia „zakłócanie mikrofalowe”, należy wprowadzić pojęcie „zakłócanie elektromagnetyczne”. *Zakłócanie elektromagnetyczne* (electromagnetic jamming) definiowane jest²⁰ jako działalność, która ma na celu zakłócanie tych treści informacyjnych, których nośnikami są fale elektromagnetyczne (wraz z informacją w nich zawartą) wypromieniowane przez źródła przeciwnika. Wychodząc z tak określonego celu, można stwierdzić, że:

Zakłócanie elektromagnetyczne to zespół skoordynowanych przedsięwzięć ukierunkowanych na dezorganizację procesów informacyjnych przeciwnika funkcjonujących w przestrzeni elektromagnetycznej.

Do rozważań mających na celu określenie definicji mikrofalowego zakłócania informacyjnego przyjęto podział źródeł promieniowania elektromagnetycznego stosowany

¹⁸ Z. Ziemiński, „Logika praktyczna”, PWN, Warszawa 1990; W. Marciszewski, „Metody analizy tekstu naukowego”, PWN Warszawa 1977.

¹⁹ W. Krajewski, „Prawa nauki”, KiW, Warszawa 1982.

²⁰ G. Nowacki, „Walka informacyjna - próba kategoryzacji”, rozprawa doktorska, Warszawa 1999 r., s. 91.

w fizyce, tj. temperaturowe (żarowe), rezonatorowe i luminescencyjne. Najczęściej wykorzystywane są temperaturowe źródła promieniowania, zaś w systemach telekomunikacyjnych i radiolokacyjnych – źródła rezonatorowe. Naturalnymi źródłami promieniowania temperaturowego są wszystkie ciała o temperaturze powyżej 0° K, gdzie głównym źródłem tego promieniowania jest słońce. Temperaturowe źródła promieniowania charakteryzują się ciągłym rozkładem widmowym, natomiast rezonatorowe i luminescencyjne mają charakter nieciągłego (dyskretnego) rozkładu widmowego.

Należy przyjąć, że pojęcie zakłócania elektromagnetycznego powinno obejmować swoim zakresem wszystkie typy źródeł promieniowania w pełnym zakresie widmowym, wychodząc jednak z kryterium traktowania zakłócania jako działania celowego zakres ten ograniczyć można do zakresu częstotliwości (długości fal) praktycznie wykorzystywanych na polu walki. Oznacza to zakres częstotliwości od $3 \cdot 10^5$ do $3 \cdot 10^{16}$ Hz, co odpowiada zakresowi długości fal od 1 km do 10 nm dzielony zwykle na zakresy: radiowy, mikrofalowy i optyczny. Ponieważ mikrofalowe zakłócania informacyjne jest tylko fragmentem zakłócania elektromagnetycznego, obszar definiowania został zawężony do przedziału mikrofalowego, w którym pracują między innymi stacje radiolokacyjne. Zawężając zakres cytowanej uprzednio definicji do środowiska fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego, do identyfikacji logicznej pojęcia „mikrofalowe zakłócanie informacyjne” można przyjąć następującą definicję:

Mikrofalowe zakłócanie informacyjne to zespół skoordynowanych przedsięwzięć ukierunkowanych na dezorganizację procesów informacyjnych przeciwnika, funkcjonujących w przestrzeni fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego.

Kontynuując rozważania nad budową definicji mikrofalowego zakłócania informacyjnego, należało użyć logicznego równania definicji:

$$A = B \Leftrightarrow B \supset Z \div Z_n \quad [1.1]$$

gdzie w odniesieniu do rozpatrywanej definicji:

- A (definiendum) – mikrofalowe zakłócanie informacyjne;
- B (definiens – rodzaj nadrzędny względem definiendum) – zespół skoordynowanych przedsięwzięć ukierunkowanych na dezorganizację procesów informacyjnych przeciwnika, funkcjonujących w przestrzeni fal elektromagnetycznych;
- $Z_1 - Z_n$ (różnice gatunkowe, kryteria wyodrębniające jednoznacznie „A” spośród „B”) – wykorzystanie pasma mikrofalowego.

Powyższa definicja określa czynnościowo pojęcie mikrofalowego zakłócania informacyjnego, jest więc definicją typu operacyjnego²¹.

Z punktu widzenia kryteriów logicznej identyfikacji pojęć można stwierdzić, że:

1. Ze względu na swoją budowę jest to definicja równościowa, klasyczna, w której:
 - definiendum (A) – „mikrofalowe zakłócanie informacyjne”,
 - zwrot łączący – „to”,
 - definiens – „zespół skoordynowanych przedsięwzięć ukierunkowanych na dezorganizację procesów informacyjnych przeciwnika, funkcjonujących w przestrzeni fal elektromagnetycznych (B) zakresu mikrofalowego” (Z);
2. Z uwagi na zadania spełniane przez definicję ma ona charakter „projektujący”. Dopiero po ewentualnym przyjęciu jej przez szerszy ogół przedstawicieli nauk wojskowych będzie można orzec, czy jest ona prawdziwa, czy fałszywa. W aspekcie prowadzonych badań jest ona narzędziem pozwalającym na rozwiązywanie problemów merytorycznych i metodologicznych, będących tematem rozprawy;
3. Ze względu na czynnościowy sposób określenia „definiens”, proponowana definicja jest „operacyjna”. Z etymologicznego punktu widzenia rozpoznanie zawsze rozumiane było jako czynność, działanie i w takim ujęciu powinno się je definiować;
4. Zakres definicji jest właściwy i odpowiada zadaniom realizowanym przez siły i środki mikrofalowego zakłócania informacyjnego (zespół skoordynowanych przedsięwzięć ukierunkowanych na dezorganizację procesów informacyjnych przeciwnika, funkcjonujących w przestrzeni fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego);

W definicjach operacyjnych definiowane pojęcie ma sens tylko w tej dziedzinie, w której określone operacje są wykonywane. Pojęcia zdefiniowane za pomocą różnych operacji różnią się między sobą z uwagi na użycie określeń z zakresu opisów operacji pomiarowych. Ze względu na powyższe niedokładności tego rodzaju definicji często przedstawiane są one w ujęciu rzeczowym.

Autor niniejszej rozprawy proponuje następującą definicję mikrofalowego zakłócania informacyjnego: **mikrofalowe zakłócanie informacyjne to zespół wyspecjalizowanych sił i środków, sprzężonych ze sobą organizacyjnie i funkcjonalnie, których celem działania jest dezorganizowanie procesów informacyjnych przeciwnika, funkcjonujących w przestrzeni fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego.**

²¹ Jeśli pojęcia teoretyczne wyjaśnia się opisem czynności, to definicję taką możemy uznać za typ operacyjny. W. Marciszewski, *Metody analizy tekstu naukowego*, PWN, Warszawa 1977.

Poddając powyższą definicję krytyce logicznej identyfikacji pojęć, należy stwierdzić, że:

1. W świetle kryteriów bezpośredniości definicja mikrofalowego zakłócania informacyjnego jest definicją realną. Jednoznacznie charakteryzuje mikrofalowe zakłócania informacyjnego w zakłócaniu elektromagnetycznym przez podanie tylko jemu właściwej cechy, którą jest „zespół wyspecjalizowanych sił i środków, sprzężonych ze sobą organizacyjnie i funkcjonalnie”;
2. Ze względu na swoją budowę jest to definicja równościowa, klasyczna, w której odpowiednio:
 - definiendum (A) – mikrofalowe zakłócanie informacyjne,
 - zwrot łączący – to,
 - definiens - zespół wyspecjalizowanych sił, sprzężonych ze sobą organizacyjnie i funkcjonalnie (B), których celem działania jest dezorganizowanie procesów informacyjnych przeciwnika funkcjonujących w przestrzeni fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego (Z).

Rozumiejąc mikrofalowe zakłócanie informacyjne jako szczególny rodzaj zakłócania, dalsza jego konkretyzacja wynikać będzie z zawężania:

- przestrzeni zakłócanych obiektów;
- urządzeń użytych do jego prowadzenia;
- sposobów wykorzystywania tych urządzeń w konkretnych działaniach.

Będziemy wówczas mówili o organizowaniu i prowadzeniu zakłócania jako konkretnej realizacji zadań przez system występujący w określonych strukturach organizacyjnych.

Wnioski z podrozdziału 1.1.

1. Definicję mikrofalowego zakłócania informacyjnego można rozpatrywać z punktu widzenia logicznej identyfikacji i jej budowy jako definicję równościową, klasyczną. Podana definicja jest zgodna z zasadami definiowania.
2. W aspekcie prowadzonych badań przedstawione definicje są narzędziem pozwalającym na rozwiązywanie problemów merytorycznych i metodologicznych, a po przyjęciu przez ogół przedstawicieli nauk będą one „projektujące”.
3. W aspekcie czynnościowym proponowana definicja jest „operacyjna”, ponieważ zakłócanie zawsze rozumiane było jako czynność, działanie.

4. W ujęciu rzeczowym proponowana definicja jest realna, ponieważ wyodrębnia właściwe cechy wyróżniałości, takie jak „zespół wyspecjalizowanych sił i środków, sprzężonych ze sobą organizacyjnie i funkcjonalnie”.
5. Mikrofalowe zakłócanie informacyjne, jako szczególny rodzaj zakłócania, ma możliwość dezorganizowania procesów informacyjnych przeciwnika wykorzystujących energię elektromagnetyczną w zakresie mikrofalowym. Skuteczne prowadzenie zakłócania umożliwi zorganizowanie odpowiedniego systemu. W pierwszej kolejności należy jednak ustalić przestrzeń prowadzenia zakłócania i określić cele i zadania dla urządzeń (systemów) prowadzących zakłócanie.
6. Jeżeli ogół przedstawicieli nauk (wojskowych i nie tylko) uzna definicję mikrofalowego zakłócania informacyjnego za projektującą, będzie można ją wprowadzić do grona pojęć i definicji naukowych.

1.2. Przestrzeń mikrofalowego zakłócania informacyjnego

Teoria względności pokazała, że nawet metryczne właściwości przestrzeni i czasu nie mogą być rozpatrywane jako całkowicie konwencjonalne, tym bardziej odnosi się to do ich właściwości topologicznych. Można wykazać, że konwencjonalne podejście do problemu trójwymiarowości przestrzeni metrycznej wynika z traktowania przestrzeni i czasu jako form postrzegania zmysłowego (jako tworów naszego umysłu) pozbawionego kantowskiego aprioryzmu: jeżeli „niedorzecznością” jest mówić o rzeczywistej przestrzeni istniejącej niezależnie od postrzegającego podmiotu, to wybór przez badacza modeli przestrzenno - czasowych podyktowany jest jedynie przez kryterium dogodności, prostoty, celowości, ekonomiki myślenia itd. W ostatecznym wyniku u podstaw takiego podejścia leży nieuzasadnione sprowadzanie rzeczywistej przestrzeni, w której są zlokalizowane rzeczywiste obiekty, do przestrzeni percepcyjnej (przestrzeni postrzegania), w której są zlokalizowane nasze wrażenia.

Z badań oraz twierdzeń materializmu dialektycznego (przestrzeń i czas są obiektywnymi formami istnienia materii; ruch jest istotą przestrzeni i czasu) wynikają następujące wnioski:

- istnieją jakościowo różne formy przestrzeni i czasu, należące do różnych postaci materii;
- należy liczyć się z ilościową i jakościową zmiennością oraz rozwojem przestrzeni i czasu, ponieważ wraz z przechodzeniem materii (wskutek ruchu) z jednej postaci do drugiej powinny zmieniać się jej własności.

W języku potocznym pojęcie „przestrzeń” używane jest najczęściej w rozumieniu trójwymiarowej rozciągłości, nieokreślonej i nieograniczonej, w której zachodzą wszelkie zjawiska fizyczne. Używane jest również jako interpretacja rozciągłości objętej jakimiś granicami, a także w rozumieniu pewnego obszaru, powierzchni i odległości²². Dlatego też przyjęcie którejkolwiek z powyższych interpretacji do rozważań naukowych, które z natury rzeczy powinny być możliwie jak najbardziej precyzyjne, jest niecelowe. Warunek ten (warunek precyzji interpretacyjnej) spełniony jest natomiast w terminologii cybernetycznej²³ i matematycznej. Tu desygnat przestrzeni interpretowany jest jako *zbiór dowolnych przedmiotów (liczb, stanów układu, wektorów itp.), między którymi zostały ustalo-*

²² Por. Słownik języka polskiego, t. II, wyd. PWN Warszawa 1979 r., s.1009.

ne pewne relacje natury geometrycznej bądź abstrakcyjnej. Konfrontując to z regułami stosowanymi w teorii mnogości, relacje te należy rozumieć jako cechy wyróżnialności (kryteria rozstrzygalności), które pozwalają określać, czy dany element zbioru, ze względu na zachowanie warunku jednorodności, należy do tego zbioru czy też nie. Dlatego też liczba przestrzeni jest nieskończona, tak jak nieskończone są możliwości wyznaczania relacji pomiędzy nieskończoną liczbą elementów materialnych i niematerialnych.

W stosunku do przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego trzeba przede wszystkim uwzględnić złożoność pojęcia. W jego strukturze wyrazem podstawowym jest przestrzeń, a wyrazami dopełniającymi, konkretyzującymi desygnat całości, są pojęcia: mikrofałe i rodzaj walki informacyjnej zwany zakłócaniem informacyjnym. Ponieważ mikrofałe są podzbiorem (częścią) przestrzeni elektromagnetycznej, desygnat złożonego pojęcia powinien zawierać w swoim zbiorze przedmiotowym wszystkie te elementy, które są właściwe pojęciom:

- „przestrzeń”;
- „zakłócanie informacyjne”;
- „elektromagnetyczne zakłócanie informacyjne”;
- „mikrofalowe zakłócanie informacyjne”.

Oznaczając zatem przez:

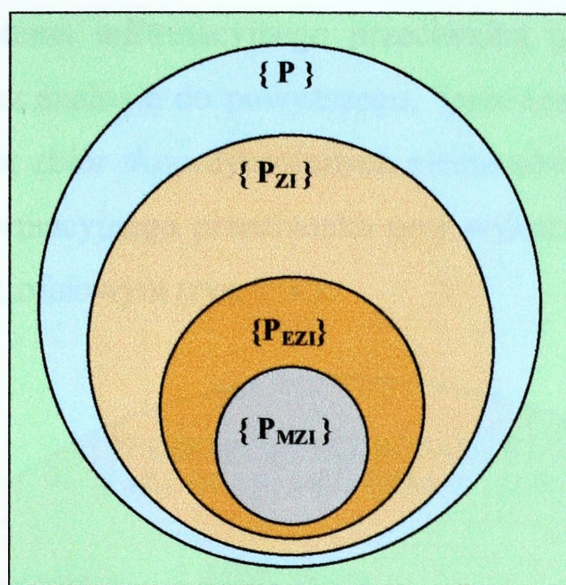
- $\{P\}$ – zbiór elementów składających się na desygnat „przestrzeni”;
- $\{P_{ZI}\}$ – zbiór elementów składających się na desygnat „przestrzeni zakłócania informacyjnego”;
- $\{P_{EZI}\}$ – zbiór elementów składających się na desygnat „przestrzeni elektromagnetycznego zakłócania informacyjnego”;
- $\{P_{MZI}\}$ – zbiór elementów składających się na desygnat „przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego”;

zależność semantyczną pomiędzy tymi pojęciami można wyrazić zapisem:

$$\{P_{MZI}\} \subset \{P_{EZI}\} \subset \{P_{ZI}\} \subset \{P\} \quad [1.2]$$

i graficznie (rys. 1.2.).

²³ Zob. Mały słownik cybernetyczny, wyd. Wiedza Powszechna Warszawa 1973 r., s.251.



Rys. 1.2. Zależność semantyczna pomiędzy pojęciami: „przestrzeń”, „przestrzeń zakłócania informacyjnego”, „przestrzeń elektromagnetycznego zakłócania informacyjnego” i „przestrzeń mikrofalowego zakłócania informacyjnego”

Oznacza to, że zbiór określony mianem „przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego” i wyróżniony symbolem $\{P_{MZI}\}$ powinien zawierać w swoim zbiorze pojęciowym podstawowe elementy przedmiotu myślowego „przestrzeni elektromagnetycznego zakłócania informacyjnego” $\{P_{EZI}\}$, przedmiotu myślowego „przestrzeni zakłócania informacyjnego” $\{P_{ZI}\}$ i przedmiotu myślowego „przestrzeń” $\{P\}$.

Podstawą pojęcia „przestrzeń” jest to, że wszystkie jej elementy powinny być zespolone wspólną relacją porządkującą, która w teorii mnogości określana jest zamiennie mianem „kryterium rozstrzygalności”, bądź „cechy wyróżnialności”. Innymi słowy: „przestrzenia” można nazywać tylko taki zbiór elementów, które będą zespolone przynajmniej jedną i wspólną dla wszystkich relacją porządkującą, umożliwiającą wyróżnianie tego zbioru spośród innych.

Podstawą pojęcia „przestrzeń zakłócania informacyjnego” jest z kolei to, że w strukturze tej przestrzeni (strukturze tego zbioru) muszą istnieć przynajmniej dwa podzbiory skoordynowanych elementów powiązanych ze sobą funkcjonalnie i organizacyjnie, przeznaczonych do dezorganizowania systemu informacyjnego przeciwnika. Oznacza to, że przestrzenią zakłócania informacyjnego można nazwać taki zbiór elementów, który ukierunkowany jest funkcjonalnie i organizacyjnie na wnoszenie entropii informacyjnej do komunikatów systemu informacyjnego przeciwnika oraz fizycznej destrukcji do ich nośników, przetworników i układów odbierających, czyli wprowadzanie do zbiorów informacyjnych przeciwnika takich danych, które po opracowaniu spowodują jak największą deformację obrazu pola walki. Odpowiednio w wypadku „przestrzeni elektromagnetycznego zakłócania informacyjnego” będzie to zbiór skoordynowanych elementów dostosowanych

do dezorganizowania systemu informacyjnego przeciwnika przy wykorzystaniu energii elektromagnetycznej. Przez analogię do powyższego, "przestrzenią mikrofalowego zakłócenia informacyjnego" jest zbiór skoordynowanych elementów dostosowanych do dezorganizowania systemu informacyjnego przeciwnika przy wykorzystaniu energii elektromagnetycznej w zakresie mikrofalowym (rys. 1.3.).

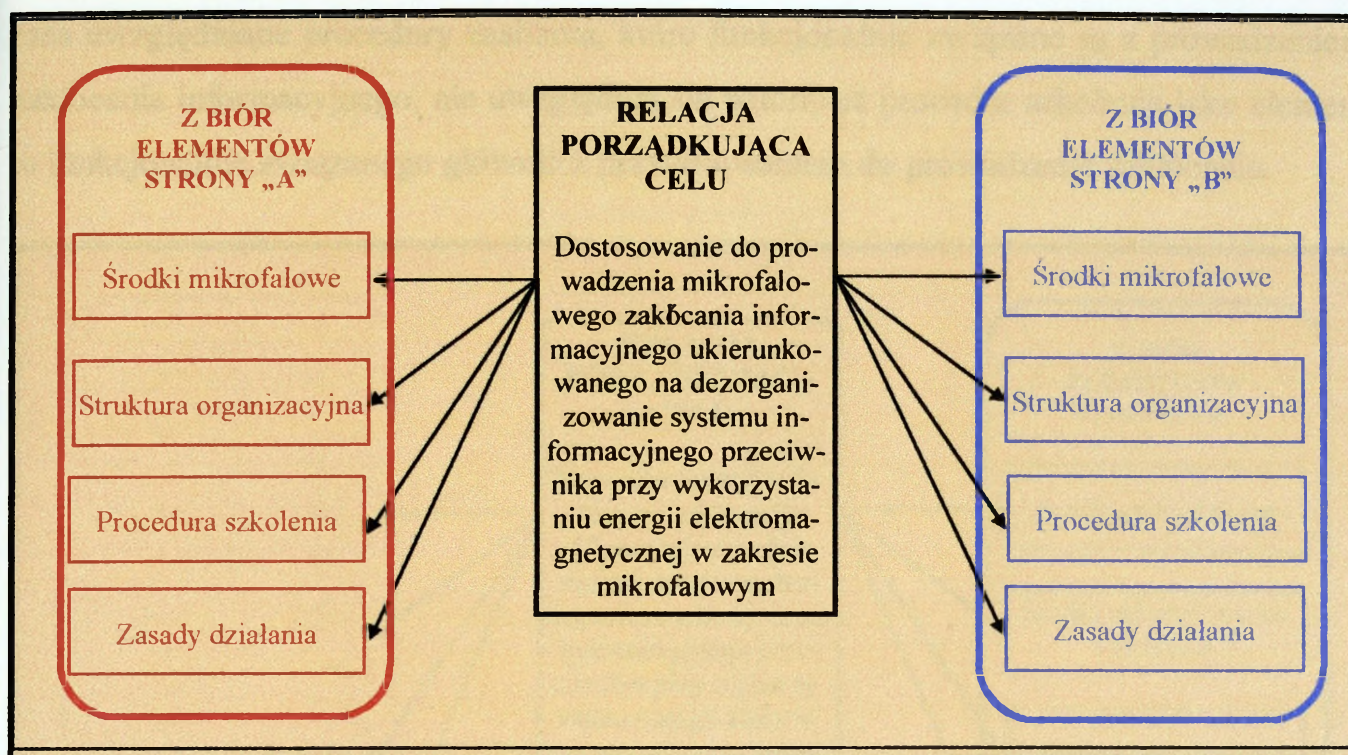


Rys. 1.3. Model przestrzeni mikrofalowego zakłócenia informacyjnego

Kolejnym krokiem do charakterystyki przestrzeni mikrofalowego zakłócenia informacyjnego jest przedstawienie jego struktury. Podstawową strukturę przestrzeni mikrofalowego zakłócenia informacyjnego tworzą elementy jej zbiorów. Ponieważ mikrofalowe zakłócenie informacyjne jest częścią składową walki informacyjnej, możemy przyjąć, że tworzą ją elementy przynajmniej dwóch zbiorów, należące do przeciwnych sobie stron, które zostały zespolone wspólną relacją porządkującą celu, ukierunkowaną na prowadzenie mikrofalowego zakłócenia informacyjnego.

Elementy te to specjalnie przygotowane do prowadzenia zakłócenia: środki mikrofalowe, środki zabezpieczenia i zasilania, system organizacyjny i system szkolenia wojsk oraz sposoby wykorzystywania technicznych środków w działaniach.

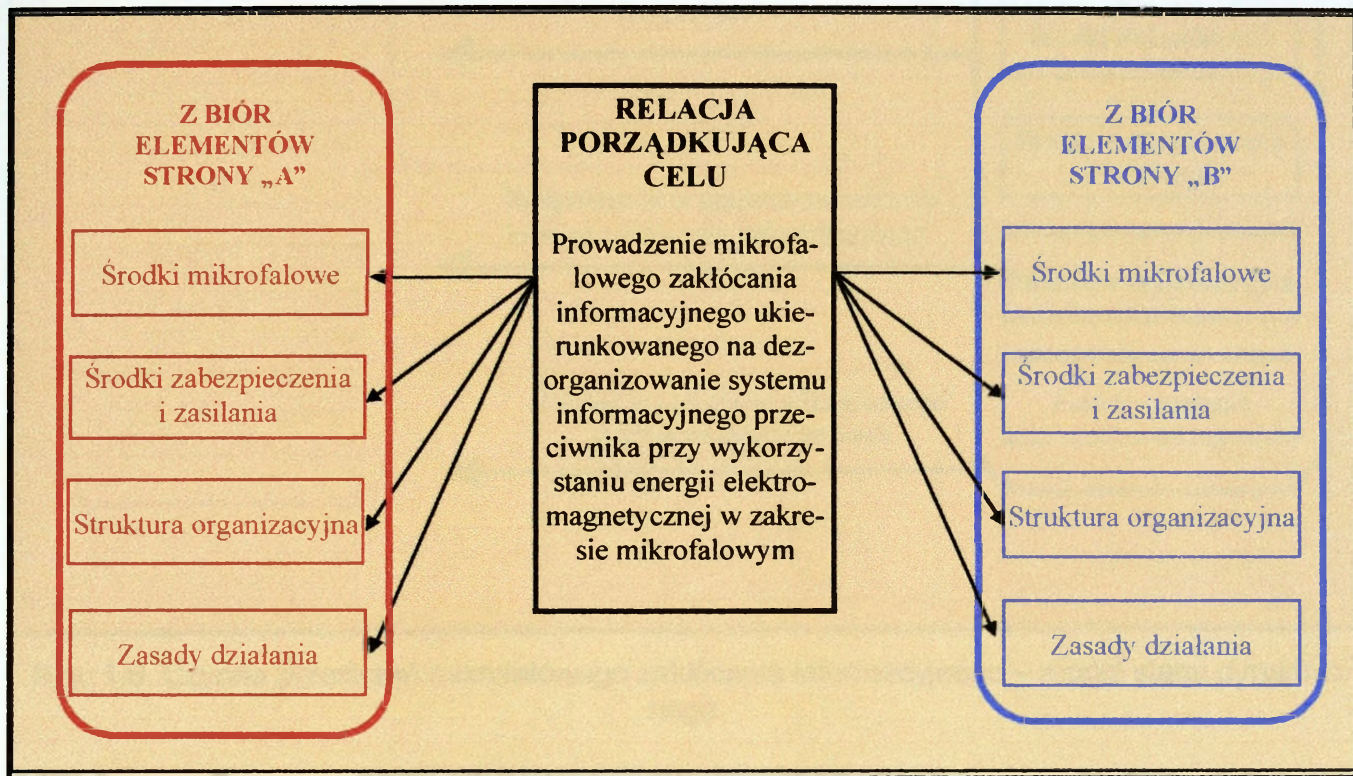
Tak zdefiniowaną przestrzeń prowadzenia mikrofalowego zakłócenia powinno się traktować jako przestrzeń „potencjalną” (rys. 1.4.).



Rys. 1.4. Struktura potencjalnej przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego

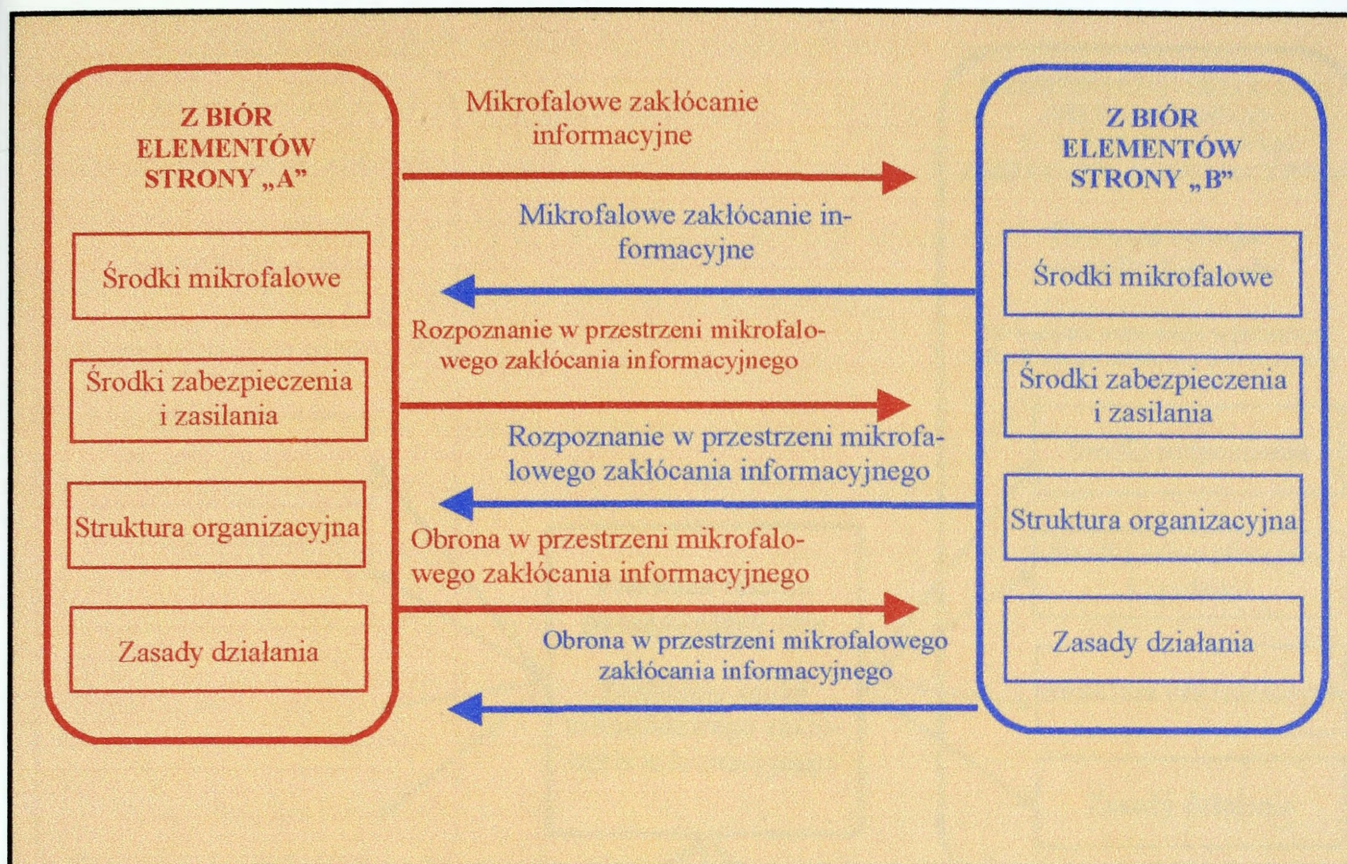
Z przedstawionego rysunku wynika, że wyróżnione elementy zostały zespolone relacją porządkującą, której celem jest dostosowanie ich do prowadzenia zakłócania informacyjnego, a nie relacją prowadzenia tego zakłócania. Wynika to między innymi z faktu, że mikrofalowe zakłócania informacyjnego nie jest działaniem ciągłym. W odróżnieniu od rozpoznania gdzie każdy kraj pragnący posiadać aktualne dane o potencjalnym przeciwniku (i nie tylko) musi je prowadzić, zakłócanie jako czynna ingerencja w systemy informacyjne drugiej strony nie może być w pełnym zakresie prowadzone w czasie pokoju. Nie zmienia to jednak oczywistego faktu, że znając możliwości i strukturę systemów informacyjnych potencjalnego przeciwnika, należy już w czasie pokoju przygotowywać się do walki z nim. Przygotowanie to przejawiać się będzie w zasadzie w każdym z wyszczególnionych elementów, ze szczególnym uwzględnieniem elementu obejmującego procedury szkolenia. Należy również zaznaczyć, że obszar działalności w zakresie zakłócania informacyjnego może się zmieniać w zależności od potrzeb i możliwości, jak również od istniejącego zagrożenia. Innymi słowy, w przestrzeni zakłócania informacyjnego zawarty jest pewien potencjał, który dopiero w konkretnym działaniu będzie wyzwał określą siłę. Warunkiem wówczas niezbędnym będzie dostarczenie odpowiednich środków zabezpieczających i zasilanie w urządzenia i żołnierzy. Spowoduje to częściową zmianę elementów obydwu stron i uporządkowanie przestrzeni czynnej relacją integrującą elementy zbioru nie przez pryzmat dostosowania ich do prowadzenia zakłócania informacyjnego, ale przez pryzmat czynnej realizacji zadań. W zbiorach elementów tej przestrzeni mogą być wów-

czas uwzględniane procedury zasilania, które funkcjonalnie związane są z prowadzeniem zakłócania informacyjnego, nie uwzględnia się natomiast procedur szkolenia jako elementu funkcjonalnie związanego głównie z przygotowaniem do prowadzenia zakłócania.



Rys. 1.5. Struktura czynnej przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego

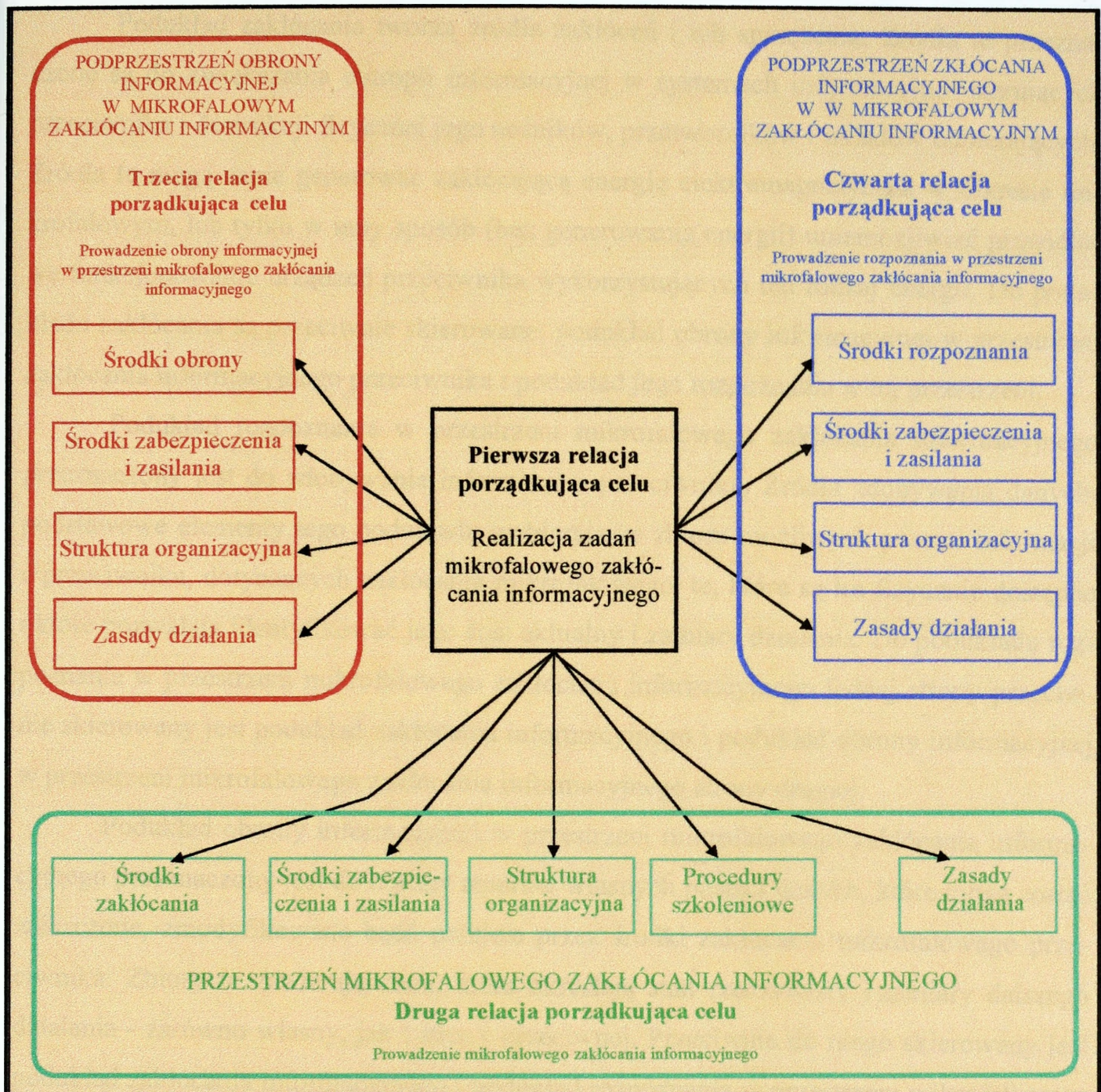
Czynna przestrzeń zakłócania informacyjnego zawiera elementy zbliżone do zawartych w przestrzeni potencjalnej, ale w stanie dynamicznym. Działalność tych elementów ukierunkowana jest na realizację podstawowego zadania, jakim jest zakłócanie procesów informacyjnych przeciwnika, w tym wypadku przy wykorzystaniu energii elektromagnetycznej w zakresie mikrofalowym (rys. 1.5). W uzupełnieniu należy podkreślić, że z definicji walki wynika, iż każde działanie w jej zakresie powinno posiadać swobodnego antagonistę kooperującego negatywnie w jego przestrzeni. Rezultaty prowadzonego zakłócania informacyjnego są zatem związane bezpośrednio z podprzestrzeniami rozpoznania i obrony informacyjnej w przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego (rys. 1.6.).



Rys. 1.6. Czynna przestrzeń mikrofalowego zakłócania informacyjnego – model stanu dynamicznego

Dlatego też w czynnej przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego można wyróżnić trzy podprzestrzenie, które z relacjami porządkującymi celów tworzą najbardziej ogólną strukturę przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego. Struktura ta zawiera następujące elementy (rys. 1.7.):

- podprzestrzeń mikrofalowego zakłócania informacyjnego;
- podprzestrzeń rozpoznania w przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego;
- podprzestrzeń obrony informacyjnej w przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego;
- ogólną relację porządkującą cel, uwzględniającą dostosowanie elementów przestrzeni czynnej do realizacji zadań mikrofalowego zakłócania informacyjnego;
- relacje celu porządkujące elementy podprzestrzeni: rozpoznania, zakłócania informacyjnego i obrony informacyjnej w przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego.



Rys. 1.7. Model czynnej przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego

Struktura przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego jest dość złożona. Jej złożoność polega między innymi na wspomnianym wcześniej dwojakim charakterze działania (dwie spełniane funkcje) i dodatkowo nierozzerwalnym połączeniu pomiędzy aktywnym i pasywnym sposobem prowadzeniem zakłócania. W celu ujednoczenia rozumowania przestrzeni pasywnego i aktywnego zakłócania, niezależnie od spełnianych funkcji szczegółowych, przedstawiona jest jako całość i w odniesieniu do mikrofalowego zakłócania informacyjnego jako całości przedstawione są relacje pomiędzy: przestrzenią mikrofalowego zakłócania informacyjnego, rozpoznania i obrony informacyjnej po stronie przeciwnika i odwrotnie. Uwzględnione jest przez to również oddziaływanie przeciwnika na przestrzeń prowadzonego zakłócania.

Podukład zakłócania tworzą źródła zakłóceń i ich sprzężenia. Źródła te przeznaczone są do zwiększania entropii informacyjnej w systemach informacyjno -sterujących przeciwnika i destrukcji fizycznej jego nośników, przetworników i układów odbierających. Źródła te mogą same generować zakłócającą energię elektromagnetyczną w zakresie mikrofalowym, lub tylko w inny sposób (bez generowania energii) uniemożliwiać prawidłowe funkcjonowanie urządzeń przeciwnika wykorzystujących ten rodzaj energii. Do podukładu zakłócania są przeciwnie skierowane: podukład obrony informacyjnej w przestrzeni zakłócania informacyjnego przeciwnika i podukład jego rozpoznania w tej przestrzeni.

Podukład rozpoznania w przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego przeznaczony jest do zdobywania informacji o przeciwniku. Źródła zdobywania danych, podstawowe elementy tego podukładu wybierają ze zbioru możliwych postaci informacji o przeciwniku, dotyczących zakłócania mikrofalowego, te, które są im fizycznie dostępne i które pozwalają identyfikować jego stan aktualny i zamiary działania. Do podukładu rozpoznania w przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego jednej strony przeciwnie skierowany jest podukład zakłócania informacyjnego i podukład obrony informacyjnej w przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego strony drugiej.

Podukład obrony informacyjnej w przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego przeznaczony jest do obrony zbiorów własnych postaci danych, które mogą zostać zniszczone, zmodyfikowane bądź przejęte przez środki zakłócania mikrofalowego przeciwnika. Zbiory te zawierają dane, które określają stan rzeczywisty i zamiary dalszego działania - zarówno własny, jak i strony przeciwnej. Przeciwnie do niego skierowany jest podukład zakłócania informacyjnego i podukład rozpoznania w przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego kooperanta negatywnego.

Z powyższego wynika, że w procesie zakłócania informacyjnego każdemu podukładowi jednej strony przeciwstawione są dwa podukłady strony drugiej. Polega to na tym, że:

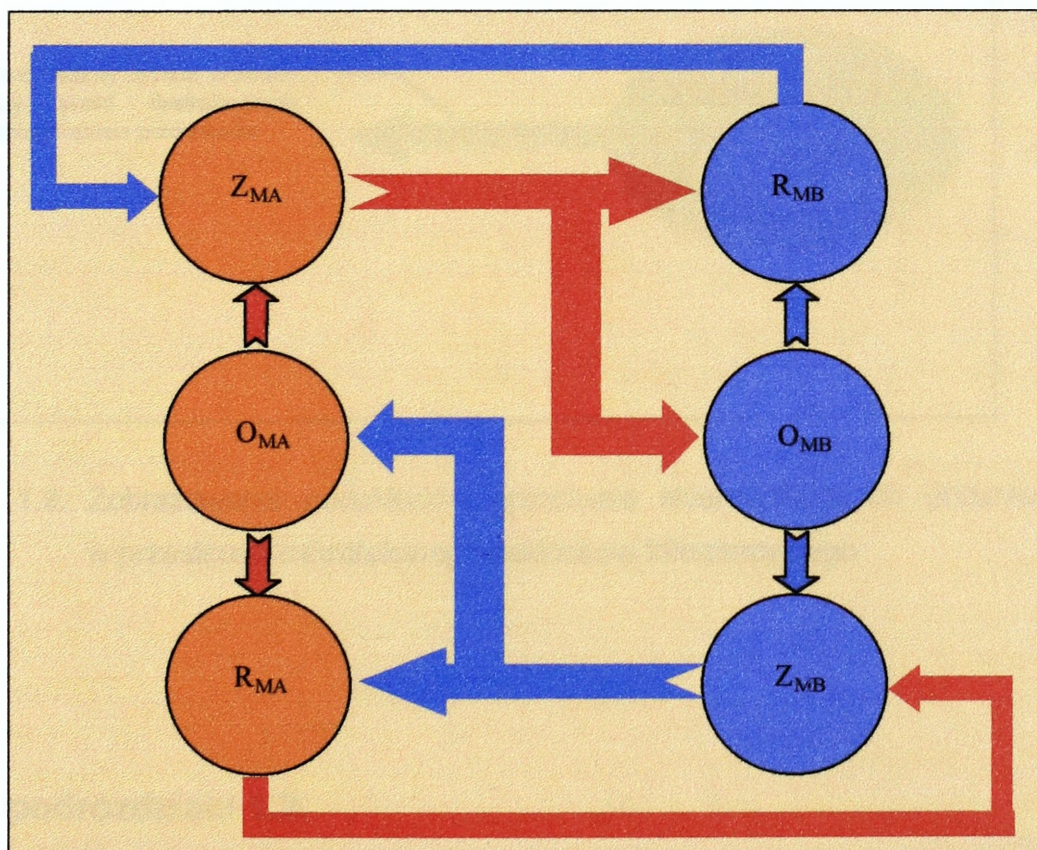
- prowadzący zakłócanie informacyjne w przestrzeni mikrofalowej musi się liczyć z przeciwdziałaniem podukładów rozpoznania i obrony informacyjnej w tej samej przestrzeni;
- prowadzący rozpoznanie musi się liczyć z przeciwdziałaniem podukładów zakłócania i obrony informacyjnej w przestrzeni mikrofalowej;

- prowadzący obronę informacyjną w przestrzeni mikrofalowej musi się liczyć z przeciwdziałaniem podukładów rozpoznania i zakłócenia informacyjnego przeciwnika w tej przestrzeni.

Traktując zatem zakłócenie mikrofalowe jako element walki informacyjnej w przestrzeni mikrofalowej i oznaczając przez:

- Z_{MA} — podukład mikrofalowego zakłócenia informacyjnego strony „A”;
- Z_{MB} — podukład zakłócenia informacyjnego strony „B”;
- R_{MA} — podukład mikrofalowego rozpoznania strony „A”;
- R_{MB} — podukład mikrofalowego rozpoznania strony „B”;
- O_{MA} — podukład obrony informacyjnej strony „A” w przestrzeni mikrofalowej;
- O_{MB} — podukład obrony informacyjnej strony „B” w przestrzeni mikrofalowej

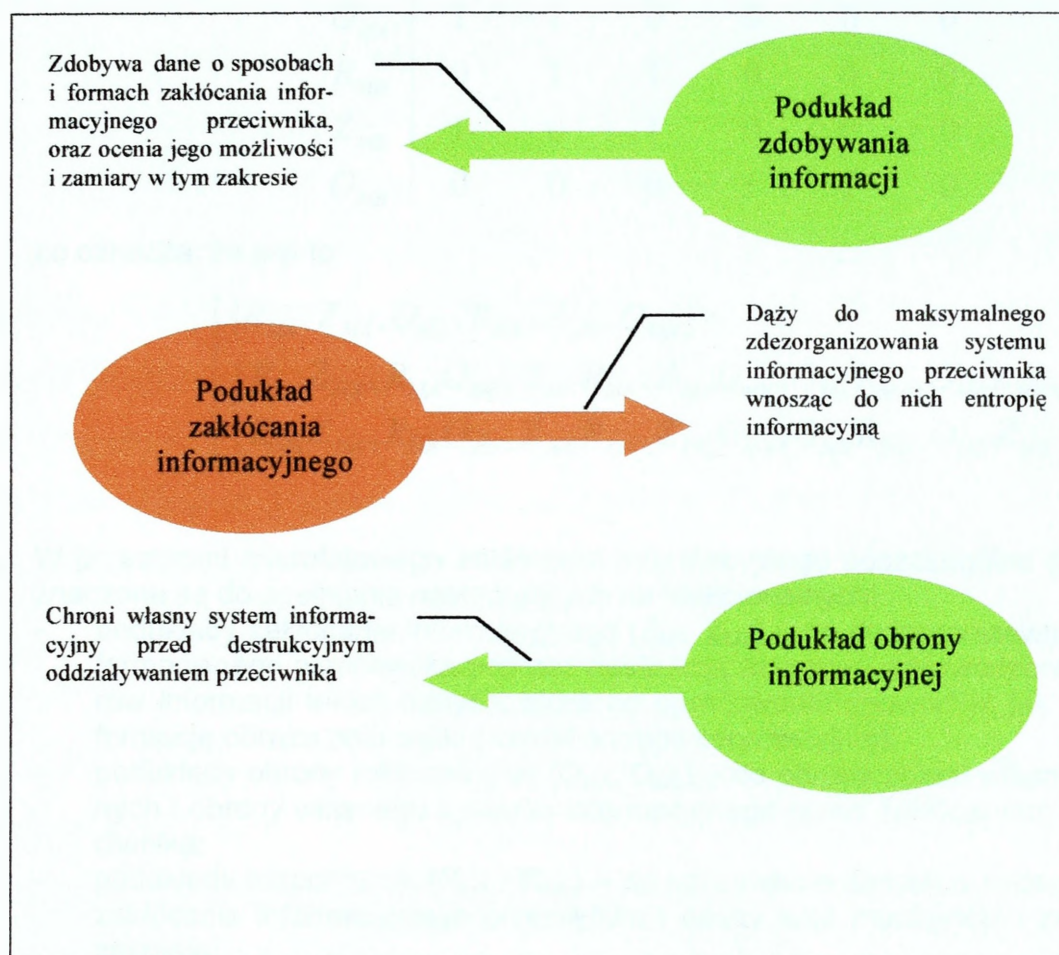
jej model strukturalny można wyrazić następującym schematem blokowym (rys. 1.8.).



Rys.1.8. Model struktury walki informacyjnej w przestrzeni zakłócenia mikrofalowego

Na rysunku uwidocznione są relacje i zależności występujące pomiędzy poszczególnymi podukładami obu przeciwstawnych stron w przestrzeni mikrofalowego zakłócenia informacyjnego. Ze względu na fakt, że dotyczą one przestrzeni mikrofalowego zakłócenia informacyjnego, a nie całej przestrzeni walki informacyjnej, struktura ta pomimo istniejących

zbieżności odbiega od ogólnego modelu struktury walki informacyjnej²⁴ Rozpatrując te zależności z punktu widzenia podukładu zakłócania informacyjnego w mikrofalowej przestrzeni zakłócania dostrzec można, że działaniom tego podukładu przeciwstawne są działania podukładów zdobywania informacji (rozpoznania) i obrony informacyjnej strony przeciwnej (rys. 1.9.).



Rys. 1.9. Zobrazowanie podukładów przeciwnie skierowanych do podukładu zakłócania w przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego

Wnioski z podrozdziału 1.2.

1. Przestrzeń mikrofalowego zakłócania informacyjnego to zbiór wszelkich elementów²⁵, pomiędzy którymi zostały ustalone pewne relacje związane z prowadzeniem mikrofalowego zakłócania informacyjnego. W aspekcie reguł stosowanych w teorii mnogości relacje te należy rozumieć jako cechy wyróżnialności (kryteria rozstrzygalności), które pozwalają określać, czy dany element zbioru, ze względu na zachowanie warunku jednorodności, należy do tego zbioru czy też nie. Dlatego też liczba tych przestrzeni jest nie-

²⁴ Patrz : G. Nowacki, „Walka informacyjna - próba kategoryzacji”, rozprawa doktorska, AON Warszawa 1999, s. 42.

²⁵ Element - dowolnie wyróżniony obiekt rzeczywisty czy też myślowy.

skończona, tak jak nieskończone są możliwości wyznaczania relacji pomiędzy nieskończoną liczbą elementów o cechach materialnych i niematerialnych.

2. Model struktury walki informacyjnej w przestrzeni mikrofalowego zakłócenia informacyjnego odzwierciedla następująca matryca sprzężeń:

	R_{MA}	Z_{MA}	O_{MA}	R_{MB}	Z_{MB}	O_{MB}
R_{MA}	0	0	0	0	1	1
Z_{MA}	0	0	0	1	0	1
O_{MA}	1	1	0	0	0	0
R_{MB}	0	1	1	0	0	0
Z_{MB}	1	0	1	0	0	0
O_{MB}	0	0	0	1	1	0

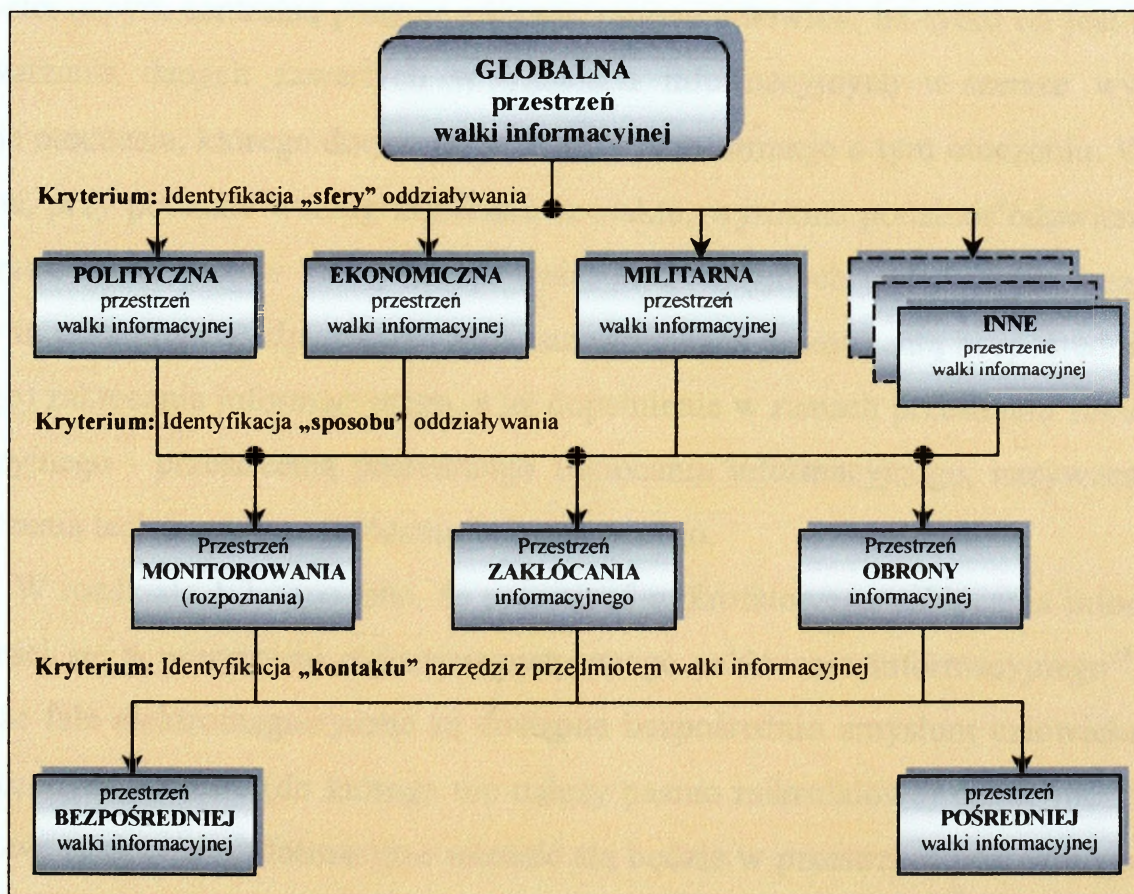
co oznacza, że jest to:

$$\left[\left\{ R_{MA}, Z_{MA}, O_{MA}, R_{MB}, Z_{MB}, O_{MB} \right\} \wedge \left\{ \begin{array}{l} R_{MA}Z_{MB}, R_{MA}O_{MB}, Z_{MA}R_{MB}, Z_{MA}O_{MB}, O_{MA}R_{MA}, O_{MA}Z_{MA}, \\ R_{MB}Z_{MA}, R_{MB}O_{MA}, Z_{MB}R_{MA}, Z_{MB}O_{MA}, O_{MB}R_{MB}, O_{MB}Z_{MB} \end{array} \right\} \right]$$

3. W przestrzeni mikrofalowego zakłócenia informacyjnego poszczególne podukłady przeznaczone są do spełniania następujących ról funkcjonalnych:
- podukłady zakłócenia informacyjnego (Z_{MA}, Z_{MB}) – do dezorganizowania systemu informacyjnego przeciwnika poprzez destrukcję fizyczną i wprowadzenia do jego zbiorów informacji takich danych, które po opracowaniu spowodują jak największą deformację obrazu pola walki (wzrost entropii informacyjnej);
 - podukłady obrony informacyjnej (O_{MA}, O_{MB}) – do obrony własnych postaci danych i obrony własnego systemu informacyjnego przed zakłócaniem ze strony przeciwnika;
 - podukłady rozpoznania (R_{MA} i R_{MB}) – do zdobywania danych o sposobach i formach zakłócenia informacyjnego przeciwnika i oceny jego możliwości i zamiarów w tym zakresie.
4. Mikrofalowe zakłócenie informacyjne jest częścią zakłócenia elektromagnetycznego, a przestrzeń, w jakiej jest ono prowadzone, zawiera relacje wewnętrzne dotyczące podukładów obrony i rozpoznania oraz zewnętrzne dotyczące możliwych do zakłócenia podukładów przeciwnika wykorzystujących fale elektromagnetyczne zakresu mikrofalowego.
5. Istota mikrofalowego zakłócenia informacyjnego sprowadza się do stworzenia takiej sytuacji, w której mikrofalowe urządzenia rozpoznawcze przeciwnika nie będą zdolne do określenia faktycznego obrazu pola walki, drogą maskowania, pozoracji i niszczenia elementów systemów informacyjno - sterujących przeciwnika osiągnie się maksymalny możliwy poziom entropii informacyjnej w tych systemach, a w odpowiednich okresach nie będzie miał możliwości kierowania swoim potencjałem walki. Osiągnięcie tego stanowić będzie podstawę do stworzenia sytuacji utrudniającej przeciwnikowi podejmowanie trafnych decyzji, wykonywanie sprawnych ruchów wojskami i precyzyjnych uderzeń ogniowych.

1.3. Miejsce mikrofalowego zakłócania informacyjnego w walce informacyjnej

Walka informacyjna jest walką prowadzoną w środowisku informacyjnym. Przedmiotem walki informacyjnej są procesy informacyjno-sterujące, a jej zasadniczym celem jest dążenie do stworzenia przeciwnikowi fałszywego obrazu fragmentu rzeczywistości dotyczącego prowadzonych zmagania i przez to ukierunkowanie jego wysiłków na planowanie i prowadzenie działań w stosunku do nieistniejących lub nieistotnych odniesień. Jest to więc niejako proces kierowania działaniami przeciwnika możliwie w niedostrzegalny dla niego sposób. Właściwości wspomnianego przedmiotu walki informacyjnej są podstawowym determinantem kształtowania i przygotowywania narzędzi tej walki (sił, środków i procedur). Są również podstawą określania zasad i sposobów działań, które w warunkach dwupodmiotowej kooperacji negatywnej będą prowadzić do uzyskiwania przewagi informacyjnej nad przeciwnikiem.



Rys. 1.10. Podstawowa struktura globalnej przestrzeni walki informacyjnej²⁶

²⁶ Opracowano na podstawie : L. Ciborowski, B. Bezoń, A. Nowak, „Korelacja przestrzeni rozpoznania, zakłócania i obrony informacyjnej, AON, Warszawa 2001, s. 191.

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzenia, w poszukiwaniu miejsca mikrofalowego zakłócania informacyjnego w walce informacyjnej dokonać można wstępnego podziału przestrzeni narzędziowej walki informacyjnej według kryteriów przyjętych przez uznane autorytety w dziedzinie walki informacyjnej (rys. 1.10.). Oczywiste ograniczenia narzucone tematem rozprawy powodują, że w dalszych rozważaniach należy obszar badań zawęzić do „sfery” militarnej, a według kryterium „sposobu” oddziaływania – do przestrzeni narzędziowej zakłócania informacyjnego. Szerszego omówienia wymaga jednak podział przestrzeni według kolejnego kryterium (kryterium „kontaktu”).

Przyjmijmy²⁷, że przestrzeń zakłócania informacyjnego jest zbiorem jednorodnym wszelkich narzędzi (sił, środków i procedur), które jako elementy tego zbioru zostały zespolone wspólną cechą wyróżnialności, określającą ich dostosowanie do prowadzenia zakłócania informacyjnego procesów informacyjno-sterujących kooperanta negatywnego wzajemnie. Kryterium „kontaktu” umożliwia porządkowanie tego zbioru według rodzaju nośnika treści informacyjnych pomiędzy narzędziem (podmiotem) i przedmiotem zakłócania informacyjnego (systemem informacyjno - sterującym). W każdym procesie informacyjno-sterującym centralną pozycję zajmuje zawsze człowiek, bo tylko on jest zdolny do przetwarzania danych zawartych w sygnałach informacyjnych w szersze wyobrażenia o stanie otoczenia, którego dotyczą – to znaczy w informację o tym otoczeniu. Wydaje się zasadne, przy podziale według kryterium kontaktu, wyróżnić podzbiór odzwierciedlający przestrzeń zakłócania, w której nośnik treści informacyjnych jest dostępny bezpośrednio zmysłom człowieka. Podprzestrzeń taką nazwać można przestrzenią bezpośredniego (osobowego) zakłócania informacyjnego, a jej dopełnienie w ramach przestrzeni zakłócania informacyjnego - przestrzenią pośredniego zakłócania informacyjnego, nazywaną również przestrzenią technicznego zakłócania informacyjnego.

W rozdziale 1.2 określono, że przestrzeń mikrofalowego zakłócania informacyjnego mieści się w przestrzeni elektromagnetycznego zakłócania informacyjnego²⁸. Konstatując, że fale elektromagnetyczne są dostępne bezpośrednio zmysłom człowieka tylko w ograniczonym zakresie (do którego nie należy pasmo mikrofalowe) uznać można, że mikrofalowe zakłócanie informacyjne mieścić się będzie w przestrzeni pośredniego zakłócania informacyjnego. Dążąc do bardziej precyzyjnego określenia miejsca mikrofalowego zakłócania informacyjnego w przestrzeni walki informacyjnej można dokonać kolejnego

²⁷ Tamże s.189.

²⁸ Rozumianej jako zbiór skoordynowanych elementów dostosowanych do dezorganizowania systemu informacyjnego przeciwnika przy wykorzystaniu energii elektromagnetycznej.

podziału przestrzeni według kryterium środowiska nośnika treści informacyjnych. Znane dotychczas postacie nośników treści informacyjnych należą do środowiska mechanicznego, chemicznego lub elektromagnetycznego, dlatego też rozpatrywaną przestrzeń pośredniego zakłócania informacyjnego według kryterium środowiska nośników treści informacyjnych podzielić można na podprzestrzenie pośredniego zakłócania²⁹ w środowisku mechanicznym, chemicznym i elektromagnetycznym.

Jak można zauważyć, w podziale tym pominięto środowisko magnetyczne i elektryczne, są to jednak tylko pozory, środowiska te bowiem uwzględnia przestrzeń elektromagnetyczna. Fizyk angielski prof. James Clerk Maxwell w latach 1860-64 rozwinął ideę Faradaya dotyczącą linii natężenia pola elektrycznego i doszedł do wniosku, że zmienne pole elektryczne powoduje powstanie pola magnetycznego, podobnie jak zmienne pole magnetyczne prowadzi do powstania pola elektrycznego. Zależności te opisał równaniami różniczkowymi³⁰, które do tej pory stanowią podstawę teorii pola elektromagnetycznego. Dlatego też odrębne wyróżnianie tych przestrzeni mogłoby sugerować, że mogą one istnieć w oderwaniu od siebie, a to nie jest prawdą. Fakt ten nie oznacza jednak, że w procesie zakłócania informacyjnego nie może być uwzględniane odrębne oddziaływanie na stan środowiska magnetycznego i elektrycznego.

W tym momencie nasuwa się pytanie, co faktycznie oznacza zakłócanie informacyjne w określonym środowisku³¹ (czy raczej za pośrednictwem nośników treści informa-

²⁹ Zauważyć należy, że podprzestrzenie wyróżnione według tego kryterium występują nie tylko w przestrzeni pośredniego zakłócania informacyjnego, w ten sam sposób dokonać można podziału przestrzeni zakłócania bezpośredniego (sygnały informacyjne dostępne zmysłom człowieka należą do tych samych środowisk), jak również przestrzeni rozpoznania i obrony informacyjnej.

³⁰ Dla środowiska izotropowego:

$$\nabla^2 H = \mu\gamma \frac{\partial H}{\partial t} + \mu\epsilon \frac{\partial^2 H}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2 E = \mu\gamma \frac{\partial E}{\partial t} + \mu\epsilon \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$$

Dla środowiska doskonałego izolatora ($\gamma = 0$)

$$\nabla^2 H = \mu\epsilon \frac{\partial^2 H}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2 E = \mu\epsilon \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$$

Dla środowiska o dobrym przewodzeniu prądu ($\epsilon \ll \gamma$)

$$\nabla^2 H = \mu\gamma \frac{\partial H}{\partial t}$$

$$\nabla^2 E = \mu\gamma \frac{\partial E}{\partial t}$$

gdzie: H — natężenie pola magnetycznego; E — natężenie pola elektrycznego; γ — przewodność właściwa ośrodka; μ — przenikalność magnetyczna ośrodka; ϵ — przenikalność dielektryczna ośrodka.

³¹ Zakłócanie bowiem systemu informacyjno – sterującego jako całości jest zakłócaniem multispektralnym, w celu przeanalizowania swoistych cech wybranego rodzaju zakłócania niezbędne jest dokonanie jego wyłączenia, możliwego po dokonaniu podziału systemu informacyjno – sterującego na podsystemy oparte na przetwarzaniu jednego rodzaju danych.

cyjnych należących do określonego środowiska). W celu udzielenia odpowiedzi na to pytanie należy przeanalizować możliwości oddziaływania na przedmiot zakłócania informacyjnego. W zależności od przyjętego stopnia szczegółowości system informacyjno - sterujący jednego z kooperantów negatywnych traktować możemy jako całość, lub też rozpatrywać poszczególne jego podsystemy i podsystemy podsystemów. Zauważyć należy, że w systemie informacyjno - sterującym kooperanta typu np. wojsk lądowych wyróżnić można niezliczoną³² ilość podsystemów informacyjno - sterujących, działających we wszystkich przestrzeniach wyróżnionych zarówno według kryterium sposobu oddziaływania, kontaktu narzędzi z przedmiotem walki informacyjnej czy też według kryterium środowiska nośnika treści informacyjnych. Ten zbiór „cząstkowych” podsystemów skorelowanych organizacyjnie i funkcjonalnie tworzy w sumie system informacyjno sterujący strony biorącej udział w walce informacyjnej. Można sądzić, że każdy system informacyjno - sterujący militarnej przestrzeni walki informacyjnej da się rozłożyć według określonego kryterium na skończoną liczbę „elementarnych układów informacyjnych³³” (takich, dla których dalsza dezagregacja na podukłady przestaje być celowa).

W rozumieniu opisywanej walki informacyjnej jako wspomniany układ elementarny traktować należy układ informacyjny przystosowany do wybierania ze zbioru możliwych postaci danych jednej określonej ich postaci i przetwarzania ich na inną postać stanowiącą element zbioru możliwych postaci danych innych układów systemu informacyjno sterującego lub też stanowiącą sygnał sterujący dla elementów wykonawczych zarówno funkcjonujących wewnątrz systemu informacyjno - sterującego, jak również należących do systemu wspieranego. Przyjmując uproszczoną strukturę układu informacyjnego w postaci: źródło - przetwornik - odbiornik, strukturę fragmentu systemu informacyjno - sterującego możemy przedstawić w postaci ukazanej na rys. 1.11.

³² Na przykład, każdy żołnierz na polu walki może być w sensie informacyjnym traktowany zarówno jako swoisty zbiór elementarnych układów informacyjnych (system informacyjny), jak też i element innych systemów informacyjnych.

³³ Układ informacyjny - układ, który ma choć jedno wejście informacyjne oraz choć jedno wyjście informacyjne, a więc jest jednocześnie układem informującym i układem informowanym, Mały słownik cybernetyczny, Wiedza Powszechna, Warszawa 1973, s. 47.

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 możliwych³⁴ 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 wypadku 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. Zasadne wydaje się zatem pytanie, czy sygnał radiolokacyjny (pierwotny i odbity) jest nośnikiem informacji? Otóż wydaje się, że mamy tutaj do czynienia z opisywanym we wspomnianych wcześniej źródłach zjawiskiem względności³⁵ w odniesieniu do informacji. Nie ulega wątpliwości, że sygnał pierwotny (sondujący) wysyłany przez stację 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 oczywiście 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 pracę³⁶.

Stacja radiolokacyjna traktowana jako element systemu informacyjnego stanowi również swoisty przetwornik, zamieniając dane przenoszone przez wybrane sygnały elek-

³⁴ Oznacza w tym wypadku taki podzbiór zbioru wszelkich postaci danych, którego elementy są dostępne dla źródła danych.

³⁵ Oznacza to, że **ten sam sygnał informacyjny dla jednego odbiorcy ma dużą wartość informacyjną, a dla innego małą lub żadną**. Dlatego też, patrząc na proces informacyjno-sterujący jako na przedmiot walki informacyjnej, przebiegający w konkretnych systemach posiadających określoną strukturę rzeczową, należy zawsze uwzględniać mentalne stany występujące w ogniwach tego systemu, w których występuje człowiek, zdolny zawsze do takiego, a nie innego transformowania docierających do niego fragmentarycznych w swej istocie sygnałów informacyjnych w znacznie szerszy obraz informacyjny odzwierciedlający stan otoczenia, którego dotyczą. Oznacza to, że wartość informacyjna każdego sygnału informacyjnego, czy zbioru takich sygnałów, określana jest w sposób subiektywny.

³⁶ Dla uściślenia sprecyzować należy, że przez sygnał odbity rozumiemy tu tylko tę część sygnału, która objana jest w kierunku odbiornika (odbiorników) stacji radiolokacyjnej wysyłającej sygnał.

tromagnetyczne 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.

Wszelkie treści informacyjne odbierane przez człowieka, w możliwych dotychczas postaciach sygnałowych, nie stanowiły i nie stanowią wystarczającego warunku do absolutnego poznania stanu otoczenia (elementów świata zewnętrznego), z którego pochodziły. Były i są tylko fragmentami pewnej potencji informacyjnej, która w zależności od intelektualnego rozwoju konkretnego odbiorcy (człowieka) wyzwalala się zawsze zróżnicowanym odwzorowaniem stanu określonego otoczenia. Wartość treści informacyjnych określona jest zawsze przez konkretnego człowieka lub grupę ludzi i tylko z pozycji własnych możliwości percepcyjnych. Zakres i stopień dokładności odwzorowywania rzeczywistego stanu otoczenia na podstawie określonego sygnału informacyjnego czy zbioru takich sygnałów zależy zawsze od wcześniejszej znajomości tego otoczenia przez człowieka, do którego kierowany jest taki sygnał czy zbiór sygnałów. Wynika to z tego, że informacja o chwilowym stanie otoczenia rodzi się w następstwie porównania danej treści zawartej w konkretnym sygnale informacyjnym z modelem tego otoczenia zawartym w umyśle konkretnego człowieka, który został wcześniej zapisany jako swoista „matryca identyfikacyjna”. Istnieje przy tym zależność, że im bardziej dokładny model otoczenia zostanie wcześniej zapisany w umyśle ludzkim, tym mniej sygnałów informacyjnych będzie powodowało wierniejsze odwzorowywanie jego stanów chwilowych. Współczesne technologie informatyczne umożliwiają tworzenie wspomnianych „matryc identyfikacyjnych” w wersji elektronicznej, powodując w pewnych określonych sytuacjach pozorne wyłączenie umysłu człowieka z procesów informacyjnych. Podkreślić jednak należy, że jest to wyłączenie pozorne, jako że sztuczna matryca identyfikacyjna jest tylko zmaterializowanym wyobrażeniem umysłu człowieka o otaczającej go rzeczywistości, elektroniczne urządzenia „decyzyjne” podejmują odpowiednią reakcję w odpowiedzi na przewidziane przez człowieka dane (czy ich sekwencje) i w sposób ściśle określony (zaprogramowany) przez człowieka. Tylko w tym sensie możliwe jest funkcjonowanie autonomicznych układów informacyjnych zaznaczonych symbolicznie na rys. 1.11, nawet bez udziału czynnika *stricte* ludzkiego w procesie informacyjno – sterującym.

Zgodnie z przyjętym podziałem według kryterium środowiska nośników danych, niewątpliwie mikrofalowe zakłócanie informacyjne należy do przestrzeni pośred-

niej walki informacyjnej w środowisku elektromagnetycznym. Ta przestrzeń walki informacyjnej jest najbardziej złożona spośród rozpatrywanych przestrzeni środowiskowych walki informacyjnej. Złożoność ta wynika zarówno z parametrów samego pola elektromagnetycznego, jak i z rozpiętości spektralnej widma elektromagnetycznego. Poszczególne składowe tego widma, ze względu na duże rozpiętości w długości (częstotliwości), mają różne właściwości przy oddziaływaniu z materią. Świadczyć może o tym nawet tak jasnkrawy fakt, że przy małych długościach fal (przy wysokich częstotliwościach) ujawnia się natura kwantowa pola elektromagnetycznego, dlatego też do opisu zjawisk w paśmie optycznym, nadfioletu, rentgenowskim i lambda konieczne jest stosowanie ujęcia korpuskularnego, a nie falowego. W zależności od długości (częstotliwości) fal zróżnicowana jest też ich propagacja, generowanie, detekcja, a co za tym idzie i zakres wykorzystywania w systemach informacyjno-sterujących. Różna też jest ich „wrażliwość” na wpływy środowiska i celowo stosowane zakłócenia. Tak samo zróżnicowane są warunki maskowania i ukrywania emisji elektromagnetycznych. Na przykład, ze względu na rodzaj możliwego do zastosowania elementu detekcyjnego, w paśmie od 0,5 pikometra do 3×10^4 metra wyróżnić można siedem charakterystycznych przedziałów³⁷:

- 1) Dla scyntylatorów³⁸ – pasmo od 0,5 do 10 pm (pasmo λ);
- 2) Dla scyntylatorów i materiałów światłoczułych – pasmo od 10 pm do 10 nm (X)³⁹;
- 3) Dla fotopowielaczy⁴⁰ i materiałów światłoczułych – pasmo od 10 do 380 nm (pasmo nadfioletowe „UV”)⁴¹;
- 4) Dla materiałów światłoczułych, fotopowielaczy i elementów fotoczułych z wybieraniem liniowym - pasmo od 380 do 760 nm (pasmo widzialne);
- 5) Dla materiałów fotograficznych i fotoelementów z wybieraniem liniowym – pasmo od 760 nm do 600 μ m (pasmo podczerwieni)⁴²;

³⁷ Opracowano na podstawie R. Kaczyński, S. Mroczek, J. Sanecki, „Rozpoznanie obrazowe”, MON, Warszawa 1982, s. 20-23.

³⁸ Scyntylator — organiczne lub nieorganiczne substancje krystaliczne, bądź ich roztwory lub tworzywa sztuczne, w których pod wpływem promieniowania jonizującego powstają błyski światła zwane *scyntylacjami*. Przyczyną scyntylacji jest wzbudzenie atomów lub cząstek scyntylacji kosztem energii oddawanej przez cząstkę promieniowania jonizującego, a następnie powrót wzbudzonych atomów lub cząstek do stanu podstawowego z jednoczesną emisją fotonu.

³⁹ Pasma X — pasmo promieniowania rentgenowskiego. Emitowane jest przez substancję poddaną bombardowaniu wiązką elektronów o energii około 1 – 500 keV.

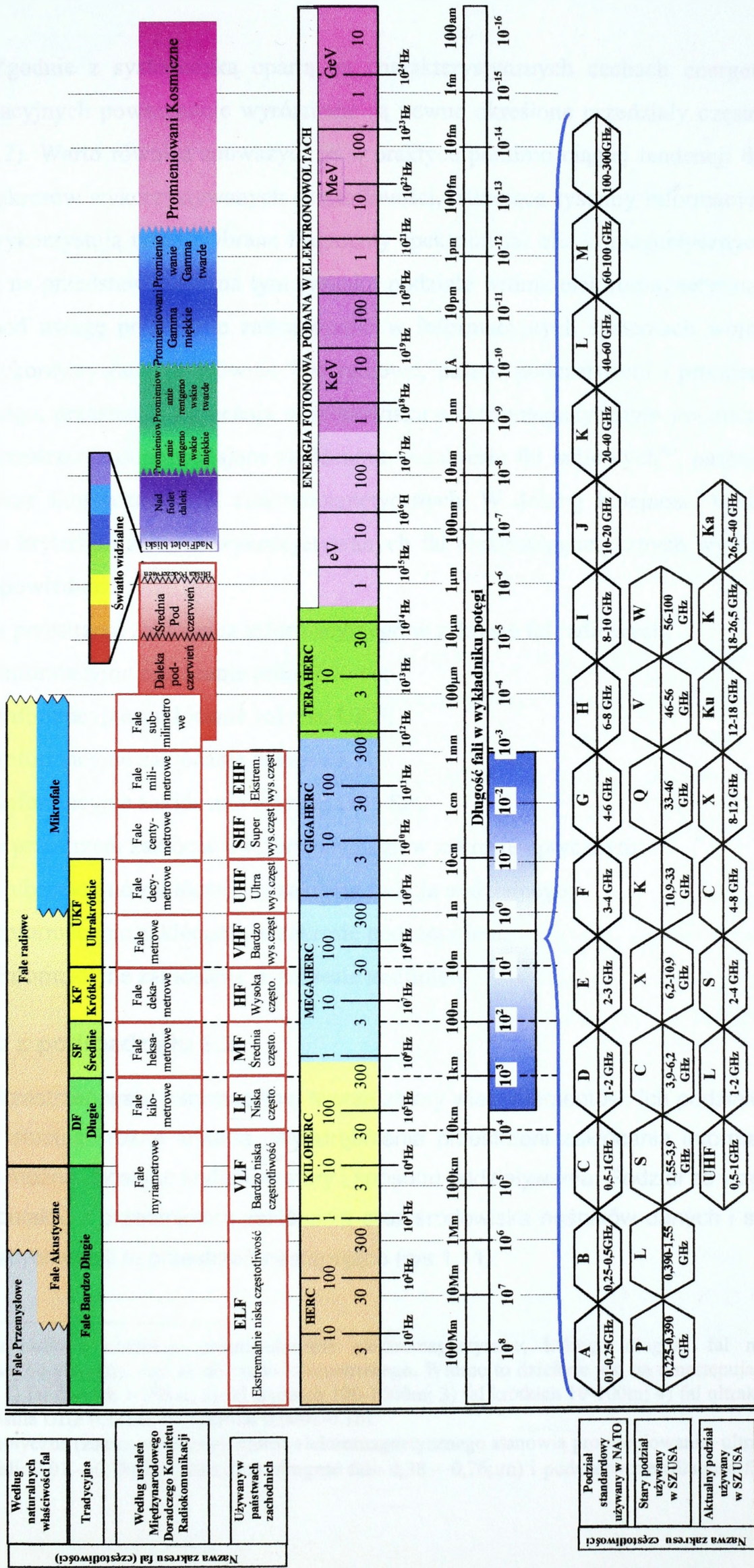
⁴⁰ Fotopowielacz — lampa elektronowa przeznaczona do rejestracji światła, działająca na zasadzie zjawiska fotoelektrycznego. Pod wpływem światła fotokatoda emituje elektrony, które uderzając w odpowiednio ustawione katody wtórne (dynody) powodują emisję wtórną elektronów. Używane są w fotometrii, fotoelektrycznych przyrządach pomiarowych, są również elementami liczników scyntylacyjnych i telewizyjnych lamp analizujących.

- 6) Dla anten radiolokacyjnych – pasmo od 600 μm do 50 cm (pasmo mikrofalowe);
- 7) Dla anten radiowych – pasmo od 50 cm do 1 km (pasmo radiowe).

Już powyższy podział nasuwa spostrzeżenie, że przestrzeń walki informacyjnej w środowisku elektromagnetycznym jest bardzo złożoną i zróżnicowaną przestrzenią. W konglomeracie występujących różnorodności trudno jest znaleźć, ze względu na dostosowanie, jednolite kryterium rozstrzygalności, które umożliwiłoby dokonanie dalszego podziału tej przestrzeni z pełnym zachowaniem nie tylko reguły przechodniości, ale również zupełności i rozłączności. Charakterystyczne jest również występowanie w różnych materiałach źródłowych rozbieżności w określaniu częstotliwości (długości fali) granicznych dla poszczególnych podzakresów widma elektromagnetycznego. Na przykład w przedstawionej powyżej systematyce mikrofałe stanowią oddzielną grupę obok fal radiowych, podczas gdy nie ulega wątpliwości, że są one falami radiowymi. Nie ulega jednak również wątpliwości, że z przyczyn praktycznych konieczny jest bardziej szczegółowy podział przestrzeni zakłócania informacyjnego w środowisku elektromagnetycznym, chociażby nawet podział ten nie spełniał w pełni warunków dobrego porządkowania zbiorów. W literaturze przedmiotu występują podziały według kryterium rodzaju przedmiotów zakłócania lub spełnianej przez nie funkcji w systemach informacyjno - sterujących. W przeszłości podziały te zasadniczo pokrywały się z podziałem według podzakresów widma elektromagnetycznego. Ze względu jednak na postęp technologiczny w dziedzinie środków telekomunikacyjnych i informacyjnych, powodujący widmową unifikację różnych rodzajów urządzeń, bardziej zasadne wydaje się zastosowanie kryterium częstotliwości nośnej fal elektromagnetycznych.

⁴¹ Promieniowanie nadfioletowe — promieniowanie niewidzialne. Jego źródłem jest słońce i ciała rozgrzane do temperatury około 3000° C. Mogą nimi być lampy rtęciowe, ksenonowe, kadmowe oraz lasery.

⁴² Pasma podczerwieni — promieniowanie podczerwone niewidzialne. Źródłami promieniowania podczerwonego są przede wszystkim rozgrzane ciała, lampy żarowe oraz lasery pracujące w tym zakresie fal, jak laser CO₂ i neodymowy. Promieniowanie to wykazuje działanie cieplne i fotochemiczne. Ma wiele zastosowań, w tym: w układach samonaprowadzających się na cele, w noktowizji, w kryminalistyce, w fotografii, telekomunikacji i badaniach spektroskopowych.



Rys. 1.12. Widmo fal elektromagnetycznych ze szczegółową klasyfikacją zakresu fal radiowych.

Zgodnie z systematyką opartą na charakterystycznych cechach energetycznych i propagacyjnych powszechnie wyróżniane są pewne określone przedziały częstotliwości (rys. 1.12). Warto również zauważyć, że w praktyce pomimo ciągłej tendencji do poszerzania zakresów wykorzystywanych częstotliwości, istniejące systemy informacyjno - sterujące wykorzystują tylko wybrane fragmenty spektrum fal elektromagnetycznych. Opierając się na przedstawionym na tym rysunku podziale widma elektromagnetycznego oraz biorąc pod uwagę praktyczne zastosowania w informacyjnych systemach wojskowych, gdzie wykorzystywane są głównie fale radiowe, pasmo podczerwieni i promieniowania widzialnego, przestrzeń zakłócania w środowisku elektromagnetycznym podzielić można na podprzestrzenie odpowiadające zakłócaniu w zakresie fal radiowych⁴³, pasma optycznego⁴⁴ oraz akustycznego fal elektromagnetycznych. W dalszej kolejności według tego ogólnego kryterium zakresu wykorzystywanych fal elektromagnetycznych wyróżnić możemy odpowiednio:

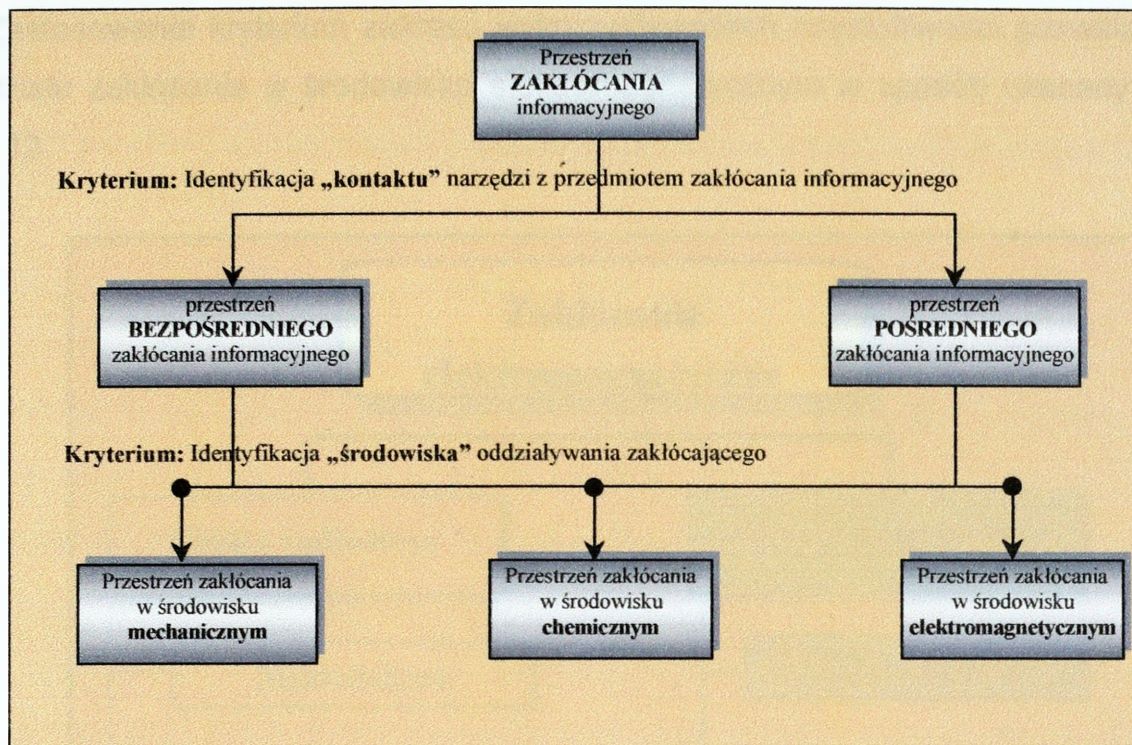
- a. w przestrzeni zakłócania informacyjnego w zakresie fal radiowych:
 - informacyjne zakłócanie mikrofalowe;
 - informacyjne zakłócanie zakresu UKF;
 - informacyjne zakłócanie zakresu KF;
 - informacyjne zakłócanie zakresu DF i SF.
- b. w przestrzeni zakłócania informacyjnego w zakresie optycznym:
 - informacyjne zakłócanie w zakresie światła widzialnego;
 - informacyjne zakłócanie w zakresie podczerwieni;
 - informacyjne zakłócanie w zakresie nadfioletu.

Wnioski z podrozdziału 1.3.

Przestrzeń walki informacyjnej tworzą zbiory wielu elementów. Ich podziału można dokonać stosując różne kryteria. Wyodrębnienia przestrzeni zakłócania informacyjnego dokonać można, stosując kryterium sfery i sposobu oddziaływania. Podział ze względu na rodzaj kontaktu z przedmiotem zakłócania oraz środowiska nośników danych i sygnałów zakłócających dzieli tę przestrzeń następująco (rys.1.11):

⁴³ Widmo radiowe obejmuje promieniowanie elektromagnetyczne, którego długość fal mieści się w przedziale od ułamków mm 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.

⁴⁴ Pasma optyczne (zakres optyczny) widma elektromagnetycznego stanowią promieniowania: ultrafioletowe (długość fali: 0,01 – 0,38 μ m), widzialne (długość fali: 0,38 – 0,76 μ m) i podczerwone (długość fali: 0,76 – 1000 μ m).



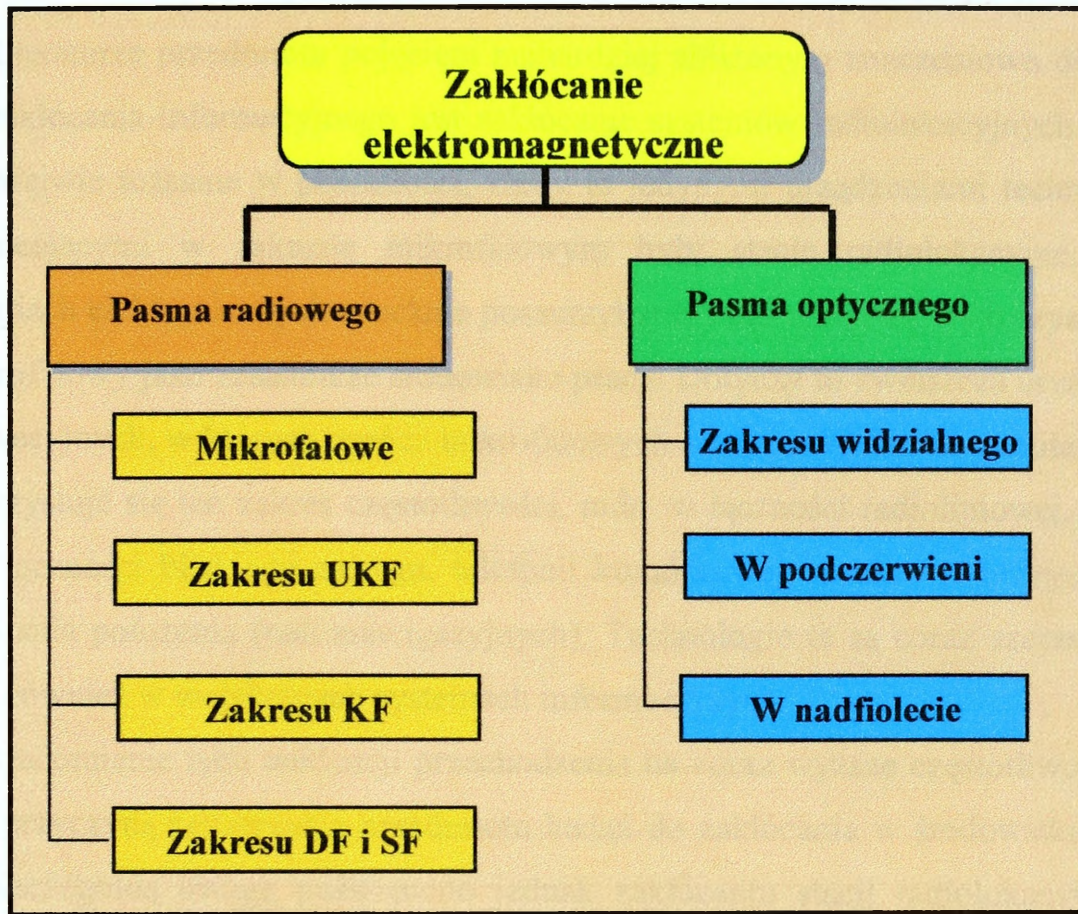
Rys. 1.11. Podział przestrzeni zakłócenia informacyjnego według kryterium kontaktu i środowiska

Przestrzeń osobowego (bezpośredniego) zakłócenia informacyjnego tworzy człowiek i wszelkie narzędzia, których użycie zespolone zostało z przedmiotem zakłócenia warunkiem działania postrzegalnego bezpośrednio zmysłami tego przedmiotu. Narzędziami tymi są wszelkie działania, których efekty mogą być postrzegane bezpośrednio ludzkimi zmysłami, co oznacza, że bezpośrednio ludzkie doznania zmysłowe są w tej działalności podstawowymi sygnałami informacyjnymi.

Przestrzeń pośredniego zakłócenia informacyjnego tworzą podmioty, przedmioty i narzędzia zakłócenia, których wzajemne relacje informacyjne oparte są na nośnikach nie stanowiących dla człowieka form bezpośrednio komunikatywnych, znajdują się poza jego możliwościami postrzegania zmysłowego. Mogą być to nośniki w środowisku elektromagnetycznym, chemicznym lub mechanicznym (akustycznym).

W każdym systemie informacyjno - sterującym wyróżnić można skończoną liczbę „elementarnych układów informacyjnych” przystosowanych do wybierania ze zbioru możliwych postaci danych jednej określonej ich postaci i przetwarzania ich na inną postać stanowiącą element zbioru możliwych postaci danych innych układów systemu informacyjno-sterującego lub też stanowiącą sygnał sterujący dla elementów wykonawczych. Zbiorem dostępnych danych w przypadku takiego układu informacyjnego nie jest obiektywna rzeczywistość, lecz jej obraz - zbiór wielowymiarowych wektorów na jego wejściu informacyjnym, w formie określonej przez percepcję źródła danych tego układu.

Zastosowanie kryterium zakresu wykorzystywanych częstotliwości pozwala dokonać podziału zakłócania w środowisku elektromagnetycznym w sposób ukazany na rysunku 1.12.



Rys.1.12. Miejsce mikrofalowego zakłócania informacyjnego w zakłócaniu w środowisku elektromagnetycznym

1.4. Interpretacja pojęcia systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego

W literaturze przedmiotu pojęciem najbardziej zbliżonym znaczeniowo do mikrofalowego zakłócania informacyjnego jest zakłócanie systemów radiolokacyjnych. Pojęcia te były właściwie tożsame w przeszłości, kiedy to jedynymi urządzeniami techniki wojskowej pracującymi w zakresie mikrofalowym były stacje radiolokacyjne. Postęp w technologiach elektronicznych znacznie poszerzył spektrum urządzeń wykorzystujących zakres mikrofalowy jako zasadnicze środowisko pracy. Dotyczy to zwłaszcza urządzeń radiokomunikacyjnych, w których oprócz mikrofalowych środków łączności satelitarnej szeroko wykorzystuje się ten zakres częstotliwości, m.in. w łączności radioliniowej, sieciach radiowych łączności bliskiego zasięgu, telefonii komórkowej, a także radiowych systemach określania położenia (radionawigacyjnych). Technologie te są coraz szerzej wykorzystywane również w wojskowych systemach informacyjnych.

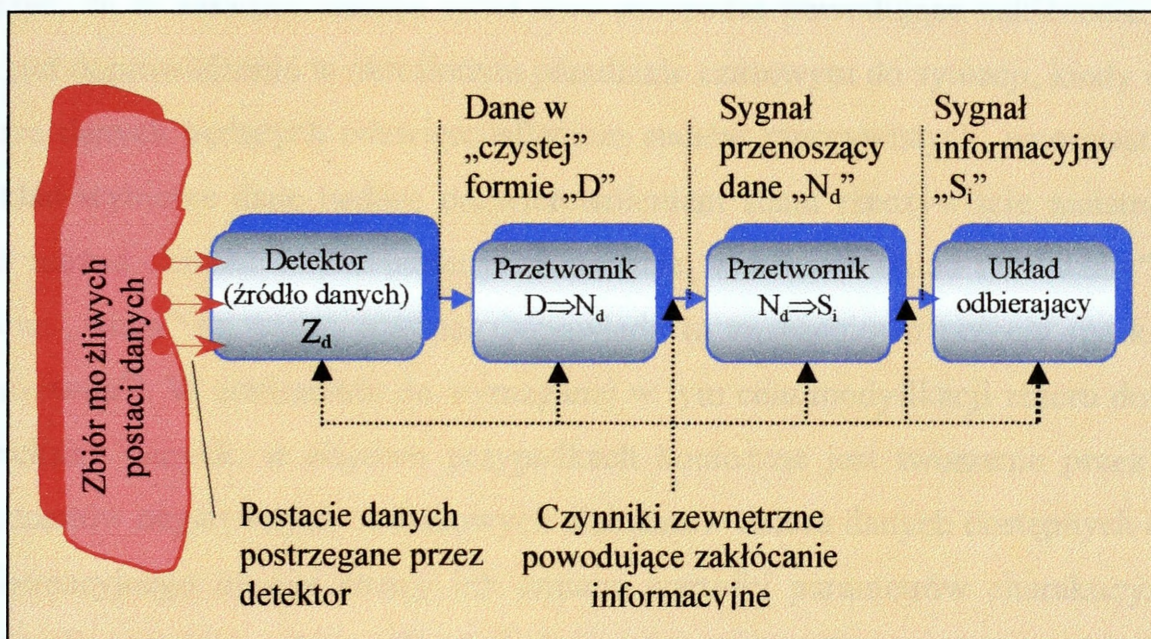
Uświadomienie tych tendencji przechodzenia na coraz wyższe częstotliwości było zasadniczą przyczyną poszerzenia przedmiotu badań do zakłócania w środowisku mikrofalowym. Szczególną uwagę poświęcono jednak zakłócaniu stacji radiolokacyjnych, z uwagi na największą reprezentatywność tych urządzeń jako źródeł danych, również i we współczesnych systemach informacyjno - sterujących. Za wyborem takiego podejścia przemawia także fakt, iż postęp technologiczny dotyczy również środków zakłócania, w znaczny sposób poszerzając zakres ich potencjalnego zastosowania. Z kolei fakt wykorzystywania na polu walki szerokiej gamy urządzeń mikrofalowych narzuca konieczność poszukiwania możliwości przeciwdziałania ich efektywnemu wykorzystaniu przez przeciwnika.

W celu właściwego zinterpretowania pojęcia systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego należy w pierwszej kolejności określić, na czym polega zakłócanie informacyjne w środowisku mikrofalowym oraz sprecyzować jego właściwości i ograniczenia, jakim podlega.

Jak już wspomniano w rozdziale 1.3., podstawowym determinantem kształtowania i przygotowywania narzędzi zakłócania informacyjnego (sił, środków i procedur) jest przedmiot zakłócania informacyjnego. Przedmiotem tym jest system informacyjno - sterujący kooperanta negatywnego, a po zawężeniu zakresu środowiskowego zakłócania do zakresu mikrofalowego fal elektromagnetycznych - te układy informacyjne, które wykorzy-

stują promieniowanie tego zakresu w swojej zasadniczej działalności. Zadaniem zakłócania informacyjnego jest zwiększanie w procesach informacyjno - sterujących entropii informacyjnej o rzeczywistych stanach otoczenia, które w danej chwili stanowią dla niego przedmiot zainteresowania.

Próby rozważenia teoretycznych możliwości oddziaływania zakłóceniami na system informacyjno - sterujący można dokonać, opierając się na uproszczonym modelu systemu informacyjnego (rys. 1.13.), na którym zaznaczono drogi oddziaływania zakłóceń zgodne z ogólnie przyjętymi poglądami występującymi w literaturze przedmiotu.



Rys. 1.13 Umiejscowienie zakłóceń oddziałujących na system informacyjno - sterujący na przykładzie uproszczonego modelu systemu informacyjnego

W nawiązaniu do przedstawionych w rozdziale 1.3 rozważań dotyczących kształtowania zbioru dostępnych postaci danych oraz możliwości rozkładu systemu informacyjno - sterującego na układy elementarne zastanowić się należy, jakimi drogami możliwe jest zakłócanie informacyjne w odniesieniu do wydzielonego środowiska mikrofalowego waliki informacyjnej. W wypadku elementarnego układu informacyjnego przystosowanego w jednej określonej przestrzeni środowiskowej (w tym wypadku mikrofalowej) oczywiste jest, że układ taki posiada tylko jedno wejście informacyjne⁴⁵ i jest nim źródło danych (detektor⁴⁶), przystosowane do „wybierania” ze zbioru możliwych postaci danych tylko tych, które są przez niego postrzegane. Entropię informacyjną w takim układzie zwiększać

⁴⁵ Rozumiane jako „droga” oddziaływania otoczenia na układ.

⁴⁶ Detekcja — wykrywanie, odkrywanie; dozymetria; demodulacja, wyodrębnianie z modulowanego prądu sygnału modulacyjnego za pomocą detektora (w radioodbiorniku). Pochodzi od łacińskiego *detectio* „wykrywanie” i *detector* „odkrywca” od *detegere* „odkrywać”, „ujawniać”. W. Kopaliński, Słownik wyrazów obcych i zwrotów obcojęzycznych, Wyd. Świat Książki, Warszawa 2000, s. 121.

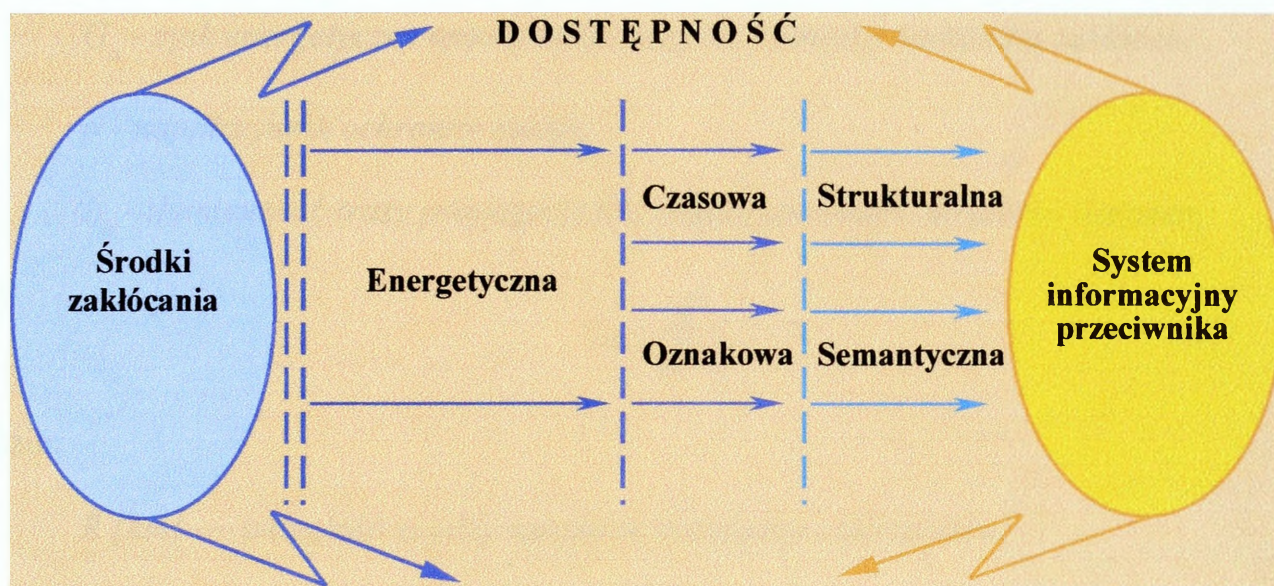
można zatem tylko przez modyfikację zbioru dostępnych dla niego danych. Należy zauważyć, że oddziaływanie niszczące, powodujące uszkodzenie lub całkowite zniszczenie elementów tego układu zwiększa entropię informacyjną przede wszystkim w układach wyższego rzędu (poprzez czasowe lub trwałe pozbawienie ich dopływu danych z uszkodzonych układów elementarnych).

Rozpatrując możliwość zakłócania „elementarnego układu informacyjnego” poprzez modyfikację zbioru dostępnych dla niego danych (przy założeniu, że dane te są odzwierciedleniem rzeczywistości w dostępnej dla układu informacyjnego formie), można zauważyć, że w zasadzie istnieją tylko dwa przypadki powodujące zakłócenie. Jednym z nich jest doprowadzenie w określonym przedziale czasowym do sytuacji, kiedy układ nie wybierze danych będących odzwierciedleniem stanów rzeczywistych, natomiast drugim, gdy układ wybierze dane będące odzwierciedleniem stanu rzeczywiście nieistniejącego. Inaczej można określić te przypadki jako sytuacje, w których układ nie „widzi” tego co jest, oraz „widzi” to, czego nie ma. Odpowiada to znaczeniowo pojęciu maskowania⁴⁷ i pozorowania⁴⁸. W odniesieniu do wymaganej w tym celu modyfikacji zbioru dostępnych dla detektora danych, w obydwu przypadkach konieczne jest tworzenie przez jednego z kooperantów negatywnych dodatkowych elementów zbioru danych dostępnych dla układu informacyjnego drugiej strony lub zmiana wartości parametrów charakteryzujących wybrane elementy tego zbioru. Te dodatkowe dane stanowią sygnały zakłócające, które mogą być rozumiane w przypadku analizowanego zakłócania mikrofalowego jako sygnały przenoszone za pomocą nośnika mikrofalowego, w sposób celowy zmieniające zawartość zbioru danych dostępnych dla elementów systemu informacyjnego przeciwnika. Ponieważ dostępne dla mikrofalowego układu informacyjnego dane charakteryzowane są przez zmienne w czasie i przestrzeni parametry widmowe i energetyczne, skuteczność przedsięwzięć zakłócania uwarunkowana jest znajomością i stopniem odtworzenia tych parametrów. Potwierdza to opisaną uprzednio prawidłowość, według której przedmiot zakłócania (w tym wypadku elementarny układ informacyjny działający w środowisku mikrofalowym) jest podstawowym determinantem kształtowania narzędzi zakłócania strony przeciwnej.

⁴⁷ Maskować - sprawiać, że coś staje się niewidoczne, kryć coś przed czyjś wzrokiem, tworzyć zasłonę uniemożliwiającą dostrzeżenie czegoś; zasłaniać, zakrywać. Słownik współczesnego języka polskiego, wyd. Wilga, Warszawa 1996, s. 500.

⁴⁸ Pozorować - sprawiać pozór czegoś; udawać, symulować coś. Pozorny - sprawiający jedynie wrażenie prawdziwego; złudny. Tamże, s. 836.

Jak podkreślono w poprzednim akapicie, możliwości zakłócania uzależnione są przede wszystkim od znajomości parametrów danych odbieranych (wybieranych) przez mikrofalowe układy systemu informacyjnego przeciwnika, zależą też od wzajemnego położenia w przestrzeni geometrycznej układów zakłócającego i zakłócanego oraz szeregu innych czynników nazywanych wspólnie z wyżej wymienionymi **dostępnością** do systemów informacyjnych przeciwnika. Owe czynniki, od których dostępność jest uzależniona, przedstawione są na rysunku 1.14.



Rys. 1.14. Dostępność systemu informacyjnego przeciwnika

Dostępność energetyczna uzależniona jest od stosunku poziomu sygnału zakłócającego (natężenia pola elektromagnetycznego, mocy) do poziomu sygnału stanowiącego wartość progową (czułość detektora) lub do poziomu sygnału użytecznego na wejściu układu informacyjnego, poziom sygnału zakłócającego zawsze powinien być wyższy od poziomu progowego, a w niektórych wypadkach od poziomu sygnału użytecznego. Z badań⁴⁹ wynika, że głębokość strefy dostępności energetycznej zależy od parametrów równania przepływu mocy w umownym łączu, utworzonym przez nadajnik wojsk własnych i odbiornik przeciwnika. Równanie to, uwzględniając najczęściej wykorzystywane rodzaje propagacji fal elektromagnetycznych w wojskach lądowych, można przedstawić w dwóch postaciach:

1. Przy propagacji fali przyziemnej typu ogólnego, wykorzystywanej głównie przy zakłócaniu urządzeń rozmieszczonych na powierzchni ziemi, poziom sygnału zakłócającego można określić wzorem:

⁴⁹ Patrz: Bezoń B., Janczak J., Scheffs W.; *Walka elektroniczna w działaniach taktycznych wojsk lądowych*, AON, Warszawa 1999; oraz *Walka radioelektroniczna*, Podręcznik, pr. zb., AON, Warszawa 1997.

$$P_o = \frac{P_n G_n G_o}{p L_b}$$

gdzie:

P_o - moc sygnału zakłócającego na wejściu odbiornika;

P_n - moc nadajnika zakłócającego przekazywana do anteny;

G_n - zysk energetyczny anteny nadawczej na kierunku obiektu zakłócania;

G_o - zysk energetyczny anteny odbiorczej na kierunku nadajnika zakłóceń;

p - współczynnik ochronny emisji;

L_b - tłumienność trasy propagacji fali między antenami określona ilorazem:

$$L_b = \frac{R^4}{h_1^2 h_2^2}$$

gdzie:

R [km] — odległość między antenami nadajnika i odbiornika;

h_1 [m] — wzniesienie anteny nadawczej wyrażone zależnością:

$$h_1 = \sqrt{h_n^2 + h_m^2}$$

h_2 [m] — wzniesienie anteny odbiorczej wyrażone zależnością:

$$h_2 = \sqrt{h_o^2 + h_m^2}$$

gdzie:

h_n, h_o [m] — wysokość wyniesienia anteny nadawczej (odbiorczej) nad ziemią,

$h_m(\epsilon, \partial, \lambda)$ [m] — wyniesienie pozorne anteny przy danej polaryzacji:

$$h_m = \frac{\lambda}{2\pi} \left[(\epsilon \pm 1)^2 + (60\lambda\partial)^2 \right]^{1/4} [m]$$

gdzie:

„+” — dla polaryzacji poziomej;

„-” — dla polaryzacji pionowej;

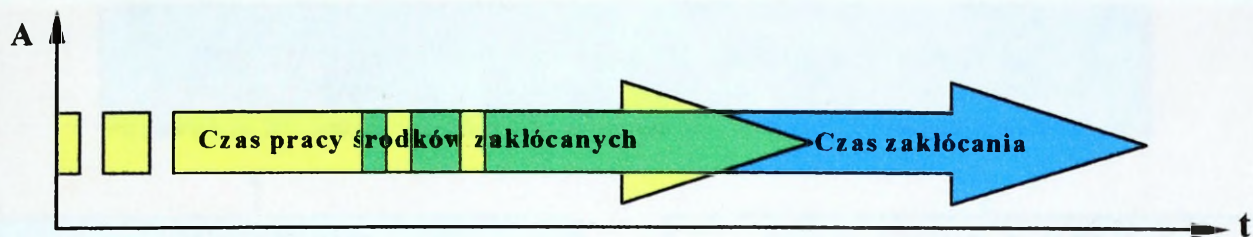
ϵ, ∂ — przenikliwość elektryczna i konduktywność gruntu na trasie radiowej.

2. Przy propagacji przestrzennej wykorzystywanej głównie do zakłócania środków powietrznych, w równaniu przepływu mocy parametr L_b określany jest zależnością:

$$L_b = \frac{R^4}{h_n^2 h_o^2}$$

Z powyższych równań wynika, że głębokość strefy dostępności energetycznej zależy zarówno od mocy nadajnika zakłócającego, wartości zakłócanego sygnału użytecznego, wysokości wyniesienia własnej anteny nadawczej i anteny urządzenia odbiorczego przeciwnika, jak również od częstotliwości pracy, polaryzacji fali, rodzaju modulacji, warunków propagacji oraz właściwości dielektrycznych gruntu pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem. Zależy również od przestrzennej korelacji charakterystyk zysku energetycznego urządzeń antenowych ze względu na powszechne stosowanie anten kierunkowych (bardzo często silnie kierunkowych) w urządzeniach mikrofalowych. Podstawianie w równaniu przepływu mocy wartości zysku energetycznego dążącej do zera (co odpowiada współczesnym dążeniom do redukcji listków bocznych charakterystyk) implikuje dążenie do wartości zerowej mocy sygnału zakłócającego na wejściu odbiornika, a więc nieskuteczność zakłócania. Porównanie wartości określonych tymi równaniami z wartością mocy progowej lub mocy sygnału użytecznego pozwala określać przestrzenne rozmiary stref dostępności energetycznej dla poszczególnych rodzajów zakłócania. Owe parametry (w granicach określonych poziomem wiedzy, szczególnie w odniesieniu do przeciwnika) powinny być uwzględniane w trakcie planowania i realizacji przedsięwzięć zakłócania systemów informacyjnych.

Dostępność czasowa jest drugim elementem wyróżnionym na schemacie dostępności (rysunek 1.14.), jest ona uzależniona od intensywności pracy urządzeń przeciwnika, czasu korzystnego wzajemnego położenia przestrzennego charakterystyk kierunkowych zysku energetycznego oraz od możliwości korelacji czasowej zakłócania z tymi przedziałami czasu. Warunkiem koniecznym i niezbędnym efektywnego zakłócania jest jednoczesność pracy urządzenia zakłócającego i zakłócanego, zatem dostępność czasowa jest wprost proporcjonalna do długości okresu zazębienia tych dwóch przedziałów czasowych (rys. 1.15.).

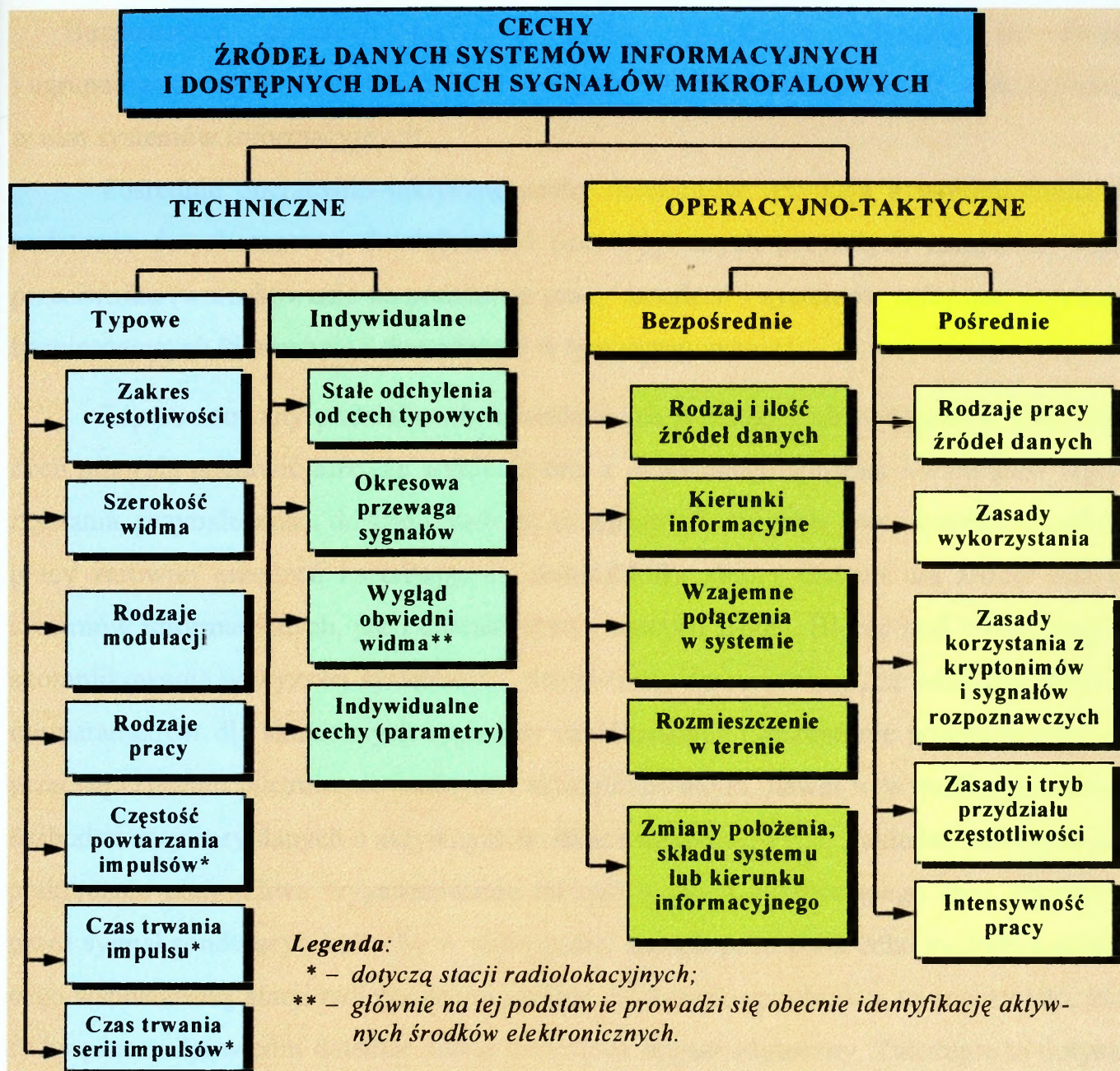


Rys. 1.15. Dostępność czasowa środków rozpoznania elektronicznego dla zakłócania

Dostępność oznakowa i strukturalna uwarunkowana jest znajomością cech (oznak, właściwości) detektorów systemów informacyjnych przeciwnika określających parametry dostępnych dla nich danych. Należy pamiętać, że detektory te konstruowane są pod kątem wybierania ze zbioru danych sygnałów wysyłanych przez mikrofalowe urządzenia nadawcze przeciwnika, ech sygnałów sondujących własnych nadajników mikrofalowych lub też sygnałów własnych nadajników telekomunikacyjnych. Wymogi eliminacji możliwości zakłóceń powodują dążenie do ograniczenia wybieranych danych tylko do grupy pożądanej (dążenie do konstrukcji odbiorników dopasowanych), co z kolei powoduje, że parametry sygnałów zakłócających determinowane są pośrednio przez charakterystyki sygnałowe nadajników mikrofalowych zarówno przeciwnika, jak i własnych. Możliwy podział tych cech z wyróżnieniem grup cech technicznych i operacyjno - taktycznych przedstawiono na rysunku 1.16.

Cechy techniczne dotyczą głównie tych urządzeń elektronicznych, które są elementami systemów aktywnych, zarówno własnych jak i przeciwnika, promieniujących energię elektromagnetyczną i tworzących przez to podzbiory zbioru danych dostępnych dla detektorów systemów informacyjnych. Wynikają ze sposobów i rodzajów pracy tych urządzeń, pozwalając na ich rozróżnianie nawet z dokładnością do egzemplarza. Cechy te można podzielić na grupowe (typowe) i indywidualne.

- Grupowe cechy techniczne to wielkości, które umożliwiają określenie charakterystyk źródeł danych i przyporządkowują je do określonej klasy lub grupy urządzeń.
- Indywidualne cechy techniczne to wielkości charakteryzujące konkretne egzemplarze źródeł danych, w zależności od ich przynależności do rodzaju sił zbrojnych, związku operacyjnego lub taktycznego oraz wyróżniające je spośród innych tego typu urządzeń.



Rys. 1.16 Podział cech demaskujących pracę środków rozpoznania elektronicznego

Cechy operacyjno-taktyczne to takie charakterystyki, według których określa się dostępność źródeł danych (detektorów) na podstawie zasad organizacji i wykorzystania ich w systemach informacyjnych przeciwnika. Cechy te określane są przez skład i ugrupowanie systemu, jego funkcje i sposoby użycia oraz wnioski odnośnie do jego działań i zamiarów⁵⁰. Można je podzielić na dwie grupy:

- Cechy bezpośrednie, określające sposób organizacji systemów;
- Cechy pośrednie, określające sposoby ich pracy.

⁵⁰ Organizacja i prowadzenie rozpoznania radioelektronicznego (pułk-batalion rozpoznania radioelektronicznego), Podręcznik, Szt. Gen. Warszawa 1979, ss. 61-62.; Poradnik oficera rozpoznania radioelektronicznego WOPK, OPK Warszawa 1990, ss. 102-103.

Bezpośrednie operacyjno-taktyczne cechy detektorów wynikają ze składu i ugrupowania wojsk przeciwnika oraz znanych wzorców doktrynalnych wykorzystania w nim systemów informacyjnych.

Pośrednie operacyjno-taktyczne cechy detektorów wynikają z wnioskowania na podstawie dotychczasowej działalności i przewidywanych przyszłych zamiarów wojsk przeciwnika (wnioskowanie na podstawie pracy urządzeń i systemów informacyjnych zabezpieczających kierowanie i dowodzenie w tym ugrupowaniu).

Zaprezentowany podział cech, określających wymogi wobec sygnałów zakłócających pozwala postawić tezę, że wynikają one z określonego sposobu i warunków wykorzystania, przynależności do kraju, rodzaju sił zbrojnych, szczebla dowodzenia i sposobów pracy zarówno urządzeń kształtujących mikrofalowe zbiory danych dla źródeł danych systemów informacyjnych, jak i charakterystyk samych źródeł. Biorąc pod uwagę stopień skomplikowania powyższej systematyki, dochodzimy do konstatacji, że właściwe określenie parametrów dla skutecznych sygnałów zakłócających (szczególnie pozorujących) jest przedsięwzięciem niezmiernie trudnym i skomplikowanym, nawet w wypadku posiadania rozbudowanej bazy danych o aktywnych środkach mikrofalowych. Zakładać należy, że jest praktycznie niemożliwe wygenerowanie takiego sygnału zakłócającego (bez stymulacji przez sygnał sondujący), który by w wiarygodny sposób pozorował echo sygnału sondującego współczesnej stacji radiolokacyjnej odbite od dowolnego obiektu, to znaczy taki, który by przez odpowiedni detektor został uznany za sygnał użyteczny. Założenie to dotyczy oczywiście również innych niż stacja radiolokacyjna mikrofalowych podsystemów informacyjnych wykorzystujących jako dane sygnały (lub ich pochodne) własnych urządzeń nadawczych.

Dostępność semantyczna dotyczy zakłócania za pośrednictwem systemów i środków radiokomunikacyjnych, w wypadku zakresu mikrofalowego posiada raczej niewielkie znaczenie z uwagi na charakter pracy urządzeń w tym zakresie częstotliwości, jest uwarunkowana stopniem utajnienia wiadomości przekazywanych w sieciach, systemach czy kierunkach mikrofalowych.

Wymienione powyżej warunki dostępności dotyczą nie tylko zakłócania przez modyfikację zbiorów dostępnych danych, ale również zakłócania destrukcyjnego. Procedura destrukcyjnego oddziaływania na elementy systemów informacyjno-sterujących przeciwnika realizowana jest z zamysłem uniemożliwiania przeciwnikowi wykorzystywania tych postaci danych, do których udało się mu zdobyć dostęp mimo stosowania obrony informa-

cyjnej. Wykorzystując różne techniki energetycznego oddziaływania, można niszczyć i czasowo uniemożliwić pracę źródłom zdobywania danych, przetwornikom danych i sygnałów oraz układom odbierającym. Można także zmieniać strukturę nośników danych i nośników sygnałów, niszcząc tym samym lub zniekształcając zawarty w nich potencjał informacyjny. Innymi słowy, tak jeden, jak i drugi sposób działania zwiększa w torze zdobywania danych stan nieuporządkowania wiedzy o negatywnym kooperancie, to znaczy zwiększa u niego entropię informacyjną. Ze względu na swoje wartości energetyczne i własności propagacyjne mikrofałe mogą stać się skutecznym środkiem oddziaływania tego rodzaju; urządzenia zakłócania niszczącego za pomocą wiązki mikrofal już obecnie są konstruowane w różnych krajach.

Ilość i różnorodność detektorów mikrofalowych wykorzystywanych w systemach informacyjno - sterujących działających na współczesnym polu walki oraz stopień komplikacji określania i generowania odpowiednich form sygnałów zakłócających powodują, że mikrofalowego zakłócania informacyjnego nie można rozpatrywać jako działalności pojedynczego urządzenia czy nawet grupy urządzeń. Nie ulega wątpliwości, że musi to być działalność systemowa prowadzona w warunkach bezpośredniej kooperacji z otoczeniem systemowym z obszaru przestrzeni mikrofalowej, a także innych przestrzeni walki informacyjnej. Jeżeli zatem będziemy rozpatrywać mikrofalowe zakłócanie informacyjne jako działalność systemową, należy na wstępie zdefiniować pojęcie systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego.

Określenie system, to np. „każdy złożony obiekt wyróżniony z danej rzeczywistości, stanowiący całość przez zbiór obiektów elementarnych i powiązań pomiędzy nimi”⁵¹. Urządzenia prowadzące zakłócanie mikrofalowych detektorów systemów informacyjnych przeciwnika nie będą zakłócały całych systemów jednocześnie, ale każdy detektor oddzielnie. Podobnie zresztą jest w innych rodzajach zakłócania, na przykład w zakłócaniu łączności radiowej. Nie zakłóca się bezpośrednio systemów łączności, tylko radiostacje, kierunki i sieci radiowe oraz relacje radiowe. Dopiero złożenie ukierunkowanych przez zespół specjalistów cząstkowych działań zakłócających daje w rezultacie efekt w postaci zakłócenia systemu.

Przez określenie „system zakłócania” należy rozumieć celowo zorganizowany zbiór elementów i sprzężeń między nimi, które wspólnie umożliwiają wykonanie określonych zadań zakłócających systemów informacyjnych określonego szczebla dowodzenia według

⁵¹ Zob. Sienkiewicz P., *Inżynieria systemów*, Warszawa 1983, s. 27.

jednolitego planu⁵². Wynika stąd, że zbiór elementów tego systemu tworzy jego skład zarówno pod względem jakości, jak i ilości. W systemie zakłócania danego szczebla dowodzenia jakość oznacza występowanie różnego rodzaju elementów, natomiast ilość, to możliwa liczba elementów zakłócających (części składowych, podsystemów) rodzajów zakłócania na danym szczeblu dowodzenia.

Uwzględniając potrzebę szerokiego spektrum rodzajów zakłócania, jaka występuje na poszczególnych szczeblach organizacyjnych w wojskach lądowych, można stwierdzić, że system mikrofalowego zakłócania informacyjnego jest jednym z tych, które mogą skutecznie zakłócać funkcjonowanie systemów informacyjno - sterujących przeciwnika. Dodać należy, iż m.in. ze względu na swoją funkcję system ten może być zaliczany do systemów działania. Charakterystyczną jego cechą jest układ, w którym system określonego szczebla, np. ZT, stanowiąc integralną całość i jedność, może być w tym samym czasie częścią systemu wyższego rzędu, a jeden (lub więcej) z jego elementów – samodzielnym systemem niższego rzędu. Oznacza to, że system mikrofalowego zakłócania ZT powinien być częścią składową systemu operacyjnego, oraz że powinny go tworzyć systemy niższego rzędu – podsystemy.

Z tego względu pojęcie „systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego” może być definiowane w ujęciu systemowym dotyczącym podsystemu, systemu lub nadsystemu. W tym ujęciu system mikrofalowego zakłócania informacyjnego, to – zdaniem autora – zbiór elementów powiązanych relacjami organizacyjnymi, funkcjonalnymi i informacyjnymi, których celem jest dezorganizowanie procesów informacyjnych przeciwnika funkcjonujących w przestrzeni fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego.

Rozpatrując tę definicję z punktu widzenia logiki identyfikacji definicji, można powiedzieć, że spełnia ona wszystkie kryteria i jest poprawna, ponieważ definiendum (system mikrofalowego zakłócania informacyjnego) zawiera się w definiens (zbiór elementów powiązanych relacjami organizacyjnymi, funkcjonalnymi i informacyjnymi) i zawiera kryteria wyróżniające (dezorganizowanie procesów informacyjnych przeciwnika funkcjonujących w przestrzeni fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego).

⁵² Zob. Słownik podstawowych terminów rozpoznawczych AGS WP, Warszawa 1986.

Wnioski z podrozdziału 1.4.

1. Mikrofalowe zakłócanie informacyjne jest pokrewne znaczeniowo z dotychczasowym pojęciem zakłócania systemów radiolokacyjnych z rozszerzeniem o nieradiolokacyjne detektory systemów informacyjnych, wykorzystujących ten zakres widma elektromagnetycznego. Duże zróżnicowanie technicznej przestrzeni walki informacyjnej w środowisku elektromagnetycznym powoduje coraz częstsze upodabnianie się sygnałów radiokomunikacyjnych i sygnałów radiolokacyjnych.
2. Zakłócanie systemu informacyjnego przeciwnika można realizować przez niszczenie jego elementów funkcjonalnych lub modyfikację zbioru danych dostępnych dla detektorów jego układów informacyjnych. Modyfikacja tego zbioru polega na „maskowaniu” wybranych danych lub tworzeniu danych odzwierciedlających sytuacje „pozorne”.
3. Możliwości zakłócania zdeterminowane są przez warunki dostępności energetycznej i czasowej, a sygnał zakłócający modyfikujący zbiory danych - również przez warunki dostępności oznakowej i strukturalnej, określane przez cechy sygnałów wybieranych ze zbioru danych przez detektory. Nie wszystkie spośród tych parametrów są wartościami mierzalnymi.

1.5. Rola, cel i zadania systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego w działaniach wojsk lądowych

Współcześni teoretycy wojskowi⁵³ zakładają, że obecny model walki zbrojnej obejmuje trzy zasadnicze czynniki: rażenie (ogień), manewr (ruch) i informację. Informację postrzega się jako czynnik kluczowy na współczesnym polu walki. Uważa się, że określenie właściwych zależności między czynnikami operacyjnymi⁵⁴ zdeterminowane jest posiadaniem informacji dotyczących przeciwnika i sił własnych, obszaru i czasu ich działania. Należy mieć na uwadze, że o wartości informacji decyduje jej treść, wiarygodność i aktualność. Chodzi jednak przede wszystkim o to, by wiedzieć więcej niż przeciwnik. Informacja lub jej brak jest czynnikiem decydującym o sukcesie lub porażce. Starcie dwóch stron jest obecnie przede wszystkim walką o informację. Jest zasadniczym warunkiem umożliwiającym prowadzenie działań, a w określonych sytuacjach staje się czynnikiem samodzielnie decydującym o ich powodzeniu. Aby zatem zwyciężyć, należy wygrać walkę w wymiarze informacyjnym (walkę informacyjną). Dążenie do uzyskania przewagi informacyjnej powoduje konieczność prowadzenia i doskonalenia możliwości zarówno monitorowania (rozpoznania), jak i zakłócania procesu informacyjno - sterującego kooperanta negatywnego⁵⁵.

Zakłócanie informacyjne prowadzi się w celu obniżenia efektywności funkcjonowania systemów dowodzenia i kierowania uzbrojeniem przeciwnika oraz ich zasobów i procesów informacyjno-sterujących. Powinno być skoncentrowane na działalności umożliwiającej racjonalne modelowanie procesu przygotowywania wojsk do realizacji zadań w okresie zaistnienia konfliktu zbrojnego oraz podczas prowadzenia operacji wojsk lądowych⁵⁶.

⁵³ S. Koziej, „Teoria sztuki wojennej”, wyd. AON, Warszawa 1993. Por. również: Grabau R.: *Sześć wymiarów wojny – walka o spektrum elektromagnetyczne*, [w:] WPZ nr 3(175)87.

⁵⁴ Do czynników operacyjnych, od których zależy rozmach i przebieg działań operacyjnych, zalicza się: siły, obszar, czas i informację. Por. „Regulamin działań wojsk lądowych”, DWLąd, Warszawa 1999, s. 57.

⁵⁵ Por. L. Ciborowski, B. Bezoń, A. Nowak, Korelacja przestrzeni rozpoznania, zakłócania i obrony informacyjnej, AON, Warszawa 2001, s. 191.

⁵⁶ Operacje wojsk (sił) lądowych - na szczeblu operacyjnym działania lądowe obejmują harmonizację możliwości wsparcia ze strony całości sił. Wsparcie powietrzne, lądowe, desantu morskiego oraz marynarki wojennej nie są przedstawiane jako odrębne operacje, ale jako jedna wspólna kompleksowa operacja zaplanowana w celu osiągnięcia zamiarów kampanii. Na obszarze lądowym operacji dowódca lądowy jest jednocześnie wyznaczony jako dowódca wsparcia i jest on odpowiedzialny za synchronizację manewrów, wsparcia ogniowego i ich wstrzymanie. Na szczeblu operacyjnym podstawowymi działaniami lądowymi są działania zaczepne i obronne. Zob.: Huzarski M.: „Zagadnienia taktyki wojsk lądowych”, Adam Marszałek, Toruń 1999, R. Bojarski „Operacja obronna”, wyd. AON, Warszawa 1999.

Procesy informacyjne we współczesnych operacjach wojsk lądowych w zdecydowanej większości są realizowane za pomocą środków elektronicznych, zatem spektrum elektromagnetyczne należy uznać za najważniejsze w procesie ich zakłócania. Wprowadzenie środków mikrofalowych do arsenałów wojskowych, m.in. do systemów rozpoznania, obrony przeciwlotniczej, kierowania, artylerii stało się przyczyną rozwinięcia systemów zakłócających, których zadaniem jest utrudnianie lub uniemożliwianie efektywnego wykorzystywania wspomnianych środków i systemów przez przeciwnika. Należy przypuszczać, że przyszłe działania (również taktyczne) charakteryzować się będą użyciem w szerokim zakresie broni precyzyjnej naprowadzanej radiolokacyjnie lub laserowo, wykorzystującej dane z rozpoznania radiolokacyjnego. Od jej efektywnego użycia będzie zależało wykonanie głównych zadań taktycznych czy operacyjnych. Równolegle lawinowo narasta ilość szeroko rozumianych środków łączności wykorzystujących mikrofalowy zakres fal elektromagnetycznych, co ogranicza możliwości zakłócania ich za pomocą dotychczasowych środków walki elektronicznej.

Uwzględniając powyższe konstatacje oraz biorąc pod uwagę zasady rozmieszczenia środków radiolokacyjnych w ugrupowaniu bojowym, można stwierdzić, że mikrofalowe zakłócanie informacyjne może stać się jednym z kluczowych środków decydujących o powodzeniu na polu walki. Jego skuteczne wykorzystanie może pozbawić przeciwnika możliwości zorganizowanego zastosowania broni i stworzy dogodne warunki do rozpoczęcia decydujących działań własnych jednostek wojskowych.

Analiza literatury przedmiotu, dotyczącej badanej problematyki, pozwala wnioskować, że cel i funkcje mikrofalowego zakłócania informacyjnego powinny wynikać głównie z celu, funkcji i zadań realizowanych przez ZT (ZO) w działaniach taktycznych lub operacyjnych.

Istotą mikrofalowego zakłócania informacyjnego jest maksymalne ograniczenie napływu danych prawdziwych do systemu informacyjnego przeciwnika z jednoczesną dystrybucją danych fałszywych. Będzie to powodować zniekształcenia postrzeganego przez przeciwnika obrazu pola walki, co negatywnie wpłynie na jakość podejmowanych decyzji oraz skuteczność działania środków ogniowych.

Celem zatem mikrofalowego zakłócania informacyjnego w działaniach wojsk lądowych powinno być takie oddziaływanie na proces informacyjno - sterujący przeciwnika, aby stopień jego dezorganizacji zapewnił wykonanie zadania przez wspieraną jednostkę organizacyjną (ZT, ZO).

Innymi słowy – celem tym jest: *poprzez pozorowanie, niszczenie lub uniemożliwienie pracy źródłom zdobywania danych, przetwornikom danych i sygnałów oraz układom odbierającym, udostępnienie przeciwnikowi takich postaci danych, które po przetworzeniu będą przedstawiać sytuację nierealną, nie mającą nic wspólnego z rzeczywistością, zwiększając przez to stan nieuporządkowania wiedzy o położeniu wojsk, a tym samym entropię informacyjną.*

Osiągnięcie tego celu umożliwi osiągnięcie przewagi informacyjnej i stworzy warunki do przygotowania przedsięwzięć udaremniających przeciwnikowi wykonania uderzenia, zapewnienia w odpowiednim czasie efektywnego przeciwuderzenia i zniszczenia najważniejszych obiektów przeciwnika oraz rozwinięcie w ślad za tym działań bojowych wojsk własnych. Aby osiągnąć ten cel, konieczne jest jednak wcześniejsze prowadzenie rozpoznania (także w czasie pokoju) w celu zebrania niezbędnych danych, a także posiadanie odpowiedniego potencjału narzędziowego w tym rodzaju zakłócania.

Proces zakłócania informacyjnego w działaniach wojsk lądowych powinien obejmować okres ich przygotowania oraz prowadzenia. Okres przygotowania⁵⁷ obejmuje zdobywanie, odpowiednio wcześniej, danych o potencjalnym przeciwniku, terenie i panujących tam warunkach. Przygotowanie to właściwie trwa już w czasie pokoju, wtedy to bowiem na potrzeby mikrofalowego zakłócania informacyjnego należy skompletować bazę danych niezbędnych w możliwych przyszłych działaniach. Równoległe z budowaniem bazy danych, stanowiącej punkt wyjściowy w zakresie identyfikacji zagrożenia ze strony środków wykorzystujących technikę mikrofalową, należy przygotowywać potencjał walki informacyjnej w celu ewentualnego przeciwdziałania tym zagrożeniom.

Potencjał mikrofalowego zakłócania informacyjnego oraz zasady jego prowadzenia muszą być kompatybilne z obezwładnianymi zakłóceniami środkami przeciwnika, powinny także uwzględniać jego zasady wykorzystania wojsk w działaniach taktycznych i operacyjnych. Najbardziej istotna jest tu technika i zasady prowadzenia mikrofalowego zakłócania informacyjnego. Z drugiej zaś strony, należy uwzględniać wymagania wynikające z założeń doktrynalnych. Potrzeba dostosowania procedur i technik zakłócania informacyjnego obecnie nie jest właściwie pojmowana. Najczęściej problematyka zakłócania w zakresie mikrofal identyfikowana jest tylko z zakłócaniem aktywnych środków radiolokacyjnych i z dość prostymi formami generowania fałszywych danych. Natomiast zakłócanie to można prowadzić w znacznie szerszym zakresie, ponieważ wszystko to, co związane jest ze zwiększaniem entropii informacyjnej, jest zakłócaniem informacyjnym. Przy

takim rozumieniu istoty zjawiska, do zakłócania informacyjnego należy również zaliczyć wszelkie formy maskowania i pozorowania. Wyjątkowo skuteczną i perspektywiczną techniką zakłócania informacyjnego jest destrukcyjne oddziaływanie na środki zbierania i przetwarzania danych, między innymi za pomocą mikrofal.

Patrząc na problem mikrofalowego zakłócania informacyjnego przez pryzmat stawianych przed nim zadań, podkreślić należy, że zadania te będą zróżnicowane w zależności od rozpatrywanego szczebla organizacyjnego wspieranych wojsk, aktualnej sytuacji ogólnej i specjalistycznej w zakresie walki elektronicznej oraz przyjętej koncepcji i etapu działań. Inne będą również zadania rozpatrywane pod kątem działania pojedynczego środka zakłócającego, autonomicznego systemu zakłócania mikrofalowego oraz tego systemu działającego jako podsystem mikrofalowy w systemie zakłócania. Niezależnie jednak od formy prowadzonych działań, ich zakłócająca funkcja zawsze ukierunkowana powinna być na jak największe dezinformowanie przeciwnika. Sposoby i narzędzia, które mogą być wykorzystywane w prowadzeniu mikrofalowego zakłócania informacyjnego, są bardzo złożone. Ich rodzajowa i ilościowa rozpiętość musi być tak dobierana, aby swoją strukturą i rolą funkcjonalną generowała do toru zdobywania danych przeciwnika takie ich postacie i w takiej liczbie, aby stwarzały symptomy rzeczywistych działań, sytuacji i zamiarów. Dlatego też na przykład działania pozorujące muszą być zsynchronizowane z innymi, w tym szczególnie z obroną informacyjną i zdemaskowaną już przez przeciwnika częścią działań i planów rzeczywistych. Oderwane od siebie elementy działań pozorujących nie tylko nie wprowadzają przeciwnika w błąd, ale wręcz demaskują fakt, że takie są prowadzone, co zamiast entropii zwiększa stan uporządkowania wiedzy o otoczeniu. Dlatego też podejmowane w tym zakresie przedsięwzięcia muszą być dostatecznie:

- scentralizowane;
- kompleksowe;
- spójne;
- wiarygodne;
- nieszablonowe;
- skryte;
- terminowe;
- ciągłe;
- elastyczne.

⁵⁷ Por. Nowacki G., Scheffs W.: Elektroniczne przygotowanie pola walki, AON, Warszawa 1998.

Scentralizowanie przedsięwzięć ex definitione oznacza działanie według jednolitej koncepcji, ściśle zsynchronizowanej z rzeczywistym działaniem wojsk własnych, przedsięwzięciami innych rodzajów zakłócania oraz obrony informacyjnej na określonym szczeblu dowodzenia. Ponieważ oderwane działania mikrofalowego zakłócania informacyjnego mogą być przyczyną znacznych negatywnych efektów w stosunku do ogólnych własnych zamiarów, wydaje się, że najlepszym rozwiązaniem byłoby, aby cały profesjonalny potencjał zakłócania informacyjnego określonego szczebla organizacyjnego podporządkowany był tylko jednemu kierownictwu.

Kompleksowość przedsięwzięć odnosi się do stosowania mikrofalowego zakłócania informacyjnego jako części składowej spektrum zakłócania informacyjnego (obejmującego środowiska: elektromagnetyczne, akustyczne, chemiczne) z uwzględnieniem wszystkich rodzajów sił zbrojnych i instytucji cywilnych oraz sił paramilitarnych w strefie prowadzonych działań bojowych. Warunek kompleksowości dyktowany jest związkami funkcjonalnymi istniejącymi pomiędzy poszczególnymi elementami walki informacyjnej. Wszelkie działania z nią związane zawsze w finale sprowadzają się do jednego wspólnego celu - stwarzania sytuacji utrudniających przeciwnikowi: podejmowanie trafnych decyzji, wykonywanie sprawnych ruchów wojskami i precyzyjnych uderzeń ogniowych.

Celowość polega na ścisłej zgodności przedsięwzięć zakłócania informacyjnego z prowadzonymi działaniami bojowymi według zasady logicznego ciągu zdarzeń. Innymi słowy, mikrofalowe zakłócanie informacyjne winno mieć cel tożsamy z celem prowadzonych działań bojowych.

Wiarygodność in praxi potencjalnie wyrażać się będzie w tym, by podmiot mikrofalowego zakłócania informacyjnego i realizowane przez niego przedsięwzięcia były odczytywane przez przedmiot jako prawdopodobne lub prawdziwe na tle ogólnej sytuacji.

Nieszablonowość realizacji przedsięwzięć wydaje się konieczna i celowa. Polegać ona może na niepowtarzaniu raz zastosowanych form zakłócania informacyjnego. Innymi słowy, podmiot powinien dążyć do sytuacji, w której podejmowane przez niego działania nie będą zawierały wcześniej stosowanych sposobów i będą miały charakter nowatorskich rozwiązań podporządkowanych jednakże dążeniu do efektu synergicznego w realizowanym całokształcie działań bojowych.

Ciągłość polega na realizowaniu zadań w sposób nieprzerwany, z intensywnością dostosowaną do potrzeb operacyjnych i bojowych. Zapewnia się ją przez właściwe zaplanowanie i ciągłe utrzymywanie sił i środków zakłócania mikrofalowego w pełnej gotowości bojowej oraz stałe współdziałanie z innymi rodzajami wojsk i służb.

Skrytość realizacji przedsięwzięć to warunek niezbędny do prowadzenia jakichkolwiek działań w walce zbrojnej. Wydaje się oczywiste, że przedsięwzięcia zakłócania informacyjnego muszą być planowane, organizowane i realizowane przez wyznaczone siły w ścisłej tajemnicy zarówno przed przeciwnikiem, a niektóre także i przed wojskami własnymi, z wyjątkiem osób z kręgu planującego całokształt działań bojowych.

Terminowość niesie za sobą wymóg dostarczenia przeciwnikowi spreparowanych danych w takim czasie, by mógł on zareagować właściwie i w odpowiednim czasie, z punktu widzenia osiągnięcia celu przez wojska własne w działaniach bojowych. Podjęcie przedsięwzięć zakłócania informacyjnego i wsparcie ich rzeczywistymi działaniami innych sił i środków, *ex ante* doprowadzi do pożądanych zachowań przeciwnika.

Elastyczność opiera się na zasadzie stosowania takich sposobów zakłócania informacyjnego, które są w danej chwili najbardziej skuteczne ze względu na zaistniałą sytuację militarną i polityczną. W tym celu konieczne wydaje się permanentne analizowanie przez wydzielone siły skuteczności oddziaływań na przeciwnika.

Zakłócanie informacyjne, mimo że może być realizowane w wielu punktach, powinno być postrzegane jako jeden obszar działania, jednolicie planowany pod kątem sposobu rozegrania operacji przez dowódcę, a wykonawcami zadań jest wielu jej uczestników. Zakłócanie informacyjne może być prowadzone przy stosowaniu odpowiedniej techniki i metod postępowania. Najbardziej skuteczne są środki niszczenia, jednak mając na uwadze realia obszaru pola walki, nie wszystko można niszczyć. Metody przygotowania działań w zakresie zakłócania informacyjnego oraz metody użycia sił i środków należy weryfikować stosownie do zmian zachodzących w sytuacji oraz procesach informacyjno-sterujących towarzyszących walce zbrojnej. Dlatego też należy kształtować właściwe proporcje działań w tym zakresie. Wojska lądowe powinny dysponować określonym potencjałem bojowym⁵⁸, charakteryzującym się jednoznacznymi wskaźnikami ilościowymi i jakościowymi. Z tego wynikają konkretne potrzeby w zakresie zakłócania, które konieczne należy uwzględnić w planowaniu działań, kierowaniu ruchem wojsk i kierowaniu uzbrojeniem. Pomędzy stanem posiadanego potencjału bojowego i potrzebami zakłócania zachodzi związek zależności, polegający na tym, że mniej doskonały potencjał bojowy wymaga bardziej doskonałego systemu zakłócania informacyjnego, który swoim działaniem zdoła

⁵⁸ Określenie "potencjał bojowy" rozumiane jest tu jako siły i środki przeznaczone do prowadzenia walki zbrojnej, której istotą jest rażenie przeciwnika.

zrekompensować problemy złożonej procedury przemieszczania środków walki na kolejne pozycje bojowe i związane z wykonywaniem przez nie skutecznego rażenia. Zakłócanie to ma również znaczący udział w uzyskiwaniu zaskoczenia w każdym obszarze i skali działania. Procesy informacyjne są nieodzowne w prowadzeniu walki zbrojnej, a zatem zakłócanie ich u przeciwnika prowadzi do obniżenia efektywności jego działań.

Wnioski z podrozdziału 1.5.

1. Procesy informacyjne we współczesnej walce zbrojnej w zdecydowanej większości są realizowane za pomocą środków elektronicznych, zatem spektrum elektromagnetyczne należy uznać za najważniejszy obszar w procesie zakłócania. Przyszłe działania zbrojne prowadzone będą z szerokim zastosowaniem środków precyzyjnego rażenia oraz uderzeń raketowo-lotniczych, co pociąga za sobą konieczność wykorzystywania środków radiolokacyjnych. Pociąga to za sobą konieczność konstruowania systemów uniemożliwiających lub utrudniających pracę tych urządzeń. Poprzez zakłócanie tych środków przeciwnika doprowadzić można do znacznego obniżenia efektywności jego działań.
2. Cel mikrofalowego zakłócania informacyjnego wynika z charakteru wspieranych działań. W działaniach wojsk lądowych powinno nim być takie oddziaływanie na proces informacyjno - sterujący przeciwnika, aby stopień jego dezorganizacji zapewnił wykonanie zadania przez wspieraną jednostkę organizacyjną (ZT, ZO).
3. Zadania systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego są zróżnicowane w zależności od szczebla organizacyjnego, aktualnej sytuacji, koncepcji i etapu działań oraz przede wszystkim posiadanego potencjału zakłócania, obejmującego siły, środki i wiedzę.
4. Stosowanie zakłóceń informacyjnych (w tym również mikrofalowych) może zrekompensować niedoskonałości potencjału bojowego oraz umożliwić uzyskanie zaskoczenia i powodzenia w działaniach.

1.6. Wnioski wynikające z rozwiązania problemów zawartych w rozdziale pierwszym

1. Na podstawie analizy literatury przedmiotu należy stwierdzić, że określenie mikrofalowego zakłócania informacyjnego występowało tylko w rozumieniu potocznym jako synonim zakłócania radiolokacyjnego. Tymczasem traktowanie mikrofalowego zakłócania informacyjnego na równi z zakłócaniem systemów radiolokacyjnych jest błędem. Powodem takiego stanu rzeczy jest fakt, że teoria dotycząca zakłócania informacyjnego stanowi dziedzinę nie zbadaną jeszcze dostatecznie dogłębnie, kryjącą w sobie wiele nieoczekiwanych właściwości. Podstawy teoretyczne w tym zakresie dotyczą najbardziej ogólnych zagadnień związanych z walką informacyjną lub walką elektroniczną, natomiast brak jest opracowań kompleksowo ujmujących problemy związane z zakłócaniem informacyjnym. Wielorakość proponowanych w literaturze podziałów zakłócania informacyjnego prowadzi do powstania dodatkowych, nieściśłych pojęć oraz powoduje niejednoznaczność w komunikowaniu się. Dlatego też w celu jednoznacznego określenia problemu należało zdefiniować takie pojęcia, jak: elektromagnetyczne zakłócanie informacyjne i mikrofalowe zakłócanie informacyjne.

„Elektromagnetyczne zakłócanie informacyjne” - to zespół skoordynowanych przedsięwzięć ukierunkowanych na dezorganizację procesów informacyjnych przeciwnika funkcjonujących w przestrzeni elektromagnetycznej.

„Mikrofalowe zakłócanie informacyjne” - to zespół wyspecjalizowanych sił i środków, sprzężonych ze sobą organizacyjnie i funkcjonalnie, których celem działania jest dezorganizowanie procesów informacyjnych przeciwnika funkcjonujących w przestrzeni fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego.

2. „Przestrzenią mikrofalowego zakłócania informacyjnego” przez analogię do „przestrzeni zakłócania informacyjnego” nazywać możemy zbiór skoordynowanych elementów powiązanych ze sobą funkcjonalnie i organizacyjnie, dostosowanych do dezorganizowania systemu informacyjnego przeciwnika przy wykorzystaniu energii elektromagnetycznej w zakresie mikrofalowym. Relacje pomiędzy tymi elementami należy rozumieć jako cechy wyróżnialności (kryteria rozstrzygalności), które pozwalają określać, czy dany element zbioru, ze względu na zachowanie warunku jednorodności, należy do tego zbioru czy też nie. Strukturę tej przestrzeni tworzą w ujęciu statycznym: podmioty, przedmioty i narzędzia mikrofalowego zakłócania informacyjnego. W rozumieniu dynamicznym tej przestrzeni dodatkowo wyróżnia się operacje podejmowane przez podmioty na przedmiotach walki za pomocą narzędzi. Ogólnie przedmiotem mi-

krofalowego zakłócania informacyjnego są procesy informacyjno - sterujące, w szczególności te elementy systemów informacyjno - sterujących , które funkcjonują w oparciu o wykorzystanie fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego. Natomiast narzędzia mikrofalowego zakłócania informacyjnego to jednorodny zbiór sił, środków i procedur zespolonych cechą wyróżnialności, określającą ich dostosowanie do prowadzenia mikrofalowego zakłócania informacyjnego.

3. Każdy system informacyjno - sterujący militarnej przestrzeni walki informacyjnej składa się ze skończonej liczby „elementarnych układów informacyjnych”. Ten zbiór „cząstkowych” podsystemów skorelowanych organizacyjnie i funkcjonalnie tworzy w sumie system informacyjno - sterujący strony biorącej udział w walce informacyjnej. W rozumieniu opisywanej walki informacyjnej jako wspomniany układ elementarny traktować należy układ informacyjny przystosowany do wybierania ze zbioru możliwych postaci danych jednej określonej ich postaci i przetwarzania ich na inną postać stanowiącą element zbioru możliwych postaci danych innych układów systemu informacyjno sterującego lub też stanowiącą sygnał sterujący dla elementów wykonawczych zarówno funkcjonujących wewnątrz systemu informacyjno – sterującego, jak i należących do systemu wspieranego. Entropię informacyjną w takim układzie zwiększać można tylko przez modyfikację zbioru dostępnych dla niego danych. Należy zauważyć, że oddziaływanie niszczące, powodujące uszkodzenie lub całkowite zniszczenie elementów tego układu zwiększa entropię informacyjną przede wszystkim w układach wyższego rzędu (przez czasowe lub trwałe pozbawienie ich dopływu danych z uszkodzonych układów elementarnych). Rozpatrując możliwość zakłócania „elementarnego układu informacyjnego” poprzez modyfikację zbioru dostępnych dla niego danych (przy założeniu, że dane te są odzwierciedleniem rzeczywistości w dostępnej dla układu informacyjnego formie), można zauważyć, że w zasadzie istnieją tylko dwa przypadki powodujące zakłócenie. Jednym z nich jest doprowadzenie w określonym przedziale czasowym do sytuacji, kiedy układ nie wybierze danych będących odzwierciedleniem stanów rzeczywistych, natomiast drugim, gdy układ wybierze dane będące odzwierciedleniem stanu rzeczywiście nieistniejącego. Wymienione powyżej warunki dostępności dotyczą nie tylko zakłócania przez modyfikację zbiorów dostępnych danych, ale również zakłócania destrukcyjnego. Procedura destrukcyjnego oddziaływania na elementy systemów informacyjno – sterujących przeciwnika realizowana jest z zamysłem uniemożliwiania przeciwnikowi wykorzystywania tych postaci danych, do których udało się mu zdobyć dostęp mimo stosowania obrony informacyjnej. Wykorzystując różne techniki energetycznego oddziaływania, można niszczyć i czasowo uniemożliwiać pracę źródłom zdobywania danych, przetwornikom da-

nych i sygnałów oraz układom odbierającym. Można także zmieniać strukturę nośników danych i nośników sygnałów, niszcząc tym samym lub zniekształcając zawarty w nich potencjał informacyjny. W tym ujęciu system mikrofalowego zakłócania informacyjnego, to – zdaniem autora – zbiór elementów powiązanych relacjami organizacyjnymi, funkcjonalnymi i informacyjnymi, których celem jest dezorganizowanie procesów informacyjnych przeciwnika funkcjonujących w przestrzeni fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego.

4. Skuteczność zakłócania jest uwarunkowana wieloma czynnikami, do których, między innymi, należy zaliczyć:
 - posiadanie wiedzy o stanie i funkcjonowaniu procesów informacyjnych przeciwnika, o wykorzystywanej przez niego technice, metodach zdobywania i gromadzenia informacji, o dowodzeniu itp. Wiedza ta jest niezbędna głównie po to, aby móc przygotować się pod względem technicznym, metodologicznym i organizacyjnym do realizacji procesu zakłócania;
 - dysponowanie środkami rozpoznania w zakresie mikrofalowym, które będą zdobywały dane o funkcjonowaniu systemów informacyjnych przeciwnika w czasie niezbędnym na uruchomienie procesów zakłócających. Bez odpowiedniego poziomu wiedzy o pracy tych systemów i środków nie można podejmować przemyślanych i skutecznych zadań zakłócających, chociaż pewne działania profilaktyczne można podejmować na podstawie wiedzy zgromadzonej w bankach danych;
 - wyznaczenie i przygotowanie określonych organów odpowiedzialnych za przygotowanie i prowadzenie procesu zakłócania. Związana jest z tym cała procedura przygotowania sztabów i wojsk do prowadzenia mikrofalowego zakłócania informacyjnego w ramach walki informacyjnej;
 - dysponowanie siłami i środkami technicznymi oraz materiałowymi, stosownie do zadań stawianych przed zakłócaniem mikrofalowym. Możliwości techniczne tych środków powinny umożliwić wykonanie zadań, a zatem nie powinny odbiegać jakością od środków przeciwnika.
5. Mimo że mikrofalowe zakłócanie informacyjne może być realizowane w wielu punktach, powinno być postrzegane jako jeden obszar działania, jednolicie planowany pod kątem sposobu rozegrania walki przez dowódcę. Realizatorami zadań są wszyscy uczestnicy walki zbrojnej.

2. DIAGNOZA INFORMACYJNEGO ZAKŁÓCANIA MIKROFALOWEGO W WOJSKACH LĄDOWYCH SIŁ ZBROJNYCH RZECZPOSPOLITEJ POLSKIEJ

CEL

Ustalenie obecnego zakresu wykorzystania mikrofalowych zakłóceń informacyjnych na potrzeby wojsk lądowych.

PROBLEMY

1. Jakie są obecnie stosowane sposoby zakłócania informacyjnego w zakresie mikrofal?
2. Jakie ograniczenia wynikają ze struktury organizacyjnej, wyposażenia technicznego i zasad wykorzystania istniejącego systemu zakłócania radiolokacyjnego w siłach zbrojnych RP?
3. Jakie są możliwości systemów zakłócania mikrofalowego w armiach innych państw?

HIPOTEZA

Równoległe z rozwojem technologicznym mikrofalowych elementów systemów informacyjno - sterujących następuje rozwój metod i środków uniemożliwiających ich efektywne wykorzystanie przez przeciwnika. Na przykładzie środków zakłócania stacji radiolokacyjnych scharakteryzować można zasadnicze sposoby zakłócania przy wykorzystaniu własnych elementów generujących fale elektromagnetyczne lub odbijających fale promieniowane przez urządzenia przeciwnika. Zakłócanie informacyjne, chociaż jest częścią składową walki informacyjnej (niezbrojnej) zawiera w sobie elementy destrukcyjne, wykorzystywane obecnie na

równi z elementami maskowania i pozorowania, a będące przyszłościową formą zakłócania.

Skuteczność zakłóceń aktywnych można ocenić stosując dwie klasy kryteriów: informacyjne i operacyjno – taktyczne. Kryteria informacyjne, w których najbardziej reprezentatywnym miernikiem wydaje się być entropia sygnału zakłócającego pozwalają ocenić jakość konkretnych sygnałów zakłócających i przedsięwzięć skierowanych na pozabawienie przeciwnika użytecznych danych. Kryteria operacyjno – taktyczne są stosowane w konkretnych warunkach bojowych, a miernikiem efektywności może być w przypadku wojsk lądowych średnia wartość możliwych strat, do których nie dopuszczono dzięki zastosowaniu zakłóceń informacyjnych. W zakresie kryteriów operacyjno – taktycznych wydaje się, że jednym z kluczowych czynników bezpośrednio wpływających na efektywność zakłócania jest moment czasowy włączania zakłóceń.

Obecny potencjał zakłócania informacyjnego w paśmie mikrofalowym w Wojsku Polskim stanowią oddziały i pododdziały aktywnych zakłóceń radiolokacyjnych podporządkowane WLiOP oraz środki zakłóceń pasywnych. Środki zakłócania aktywnego w SZ RP obejmują kilkadziesiąt naziemnych stacji zakłóceń radiolokacyjnych pracujących w paśmie 2 i 3 cm, niewielką ilość stacji pokładowych samolotów i okrętów. Wojska lądowe nie dysponują organicznymi środkami zakłóceń aktywnych. Brak jest również w wyposażeniu wojsk lądowych aktywnych i pasywnych środków walki elektronicznej do indywidualnej osłony przeciwradiolokacyjnej ruchomych obiektów pola walki.

W armiach współczesnych państw zachodnich jest bardzo niewiele lądowych stacji zakłócających. Armie te wyposażone są głównie w urządzenia zakłócające montowane na samolotach i urządzenia ochrony indywidualnej środków walki. Stacje naziemne są jednak szeroko wykorzystywane w państwach powstałych z byłego Związku Radzieckiego. Skutecznym i szeroko stosowanym środkiem zakłóceń są również NZJU, zrzucone bezpośrednio w sąsiedztwie zakłócaniej stacji, oraz środki bezpilotowe służące jako pułapki radiolokacyjne, platformy przenoszące nadajniki zakłóceń aktywnych oraz środki niszczenia.

2.1. Współczesne metody realizacji zakłócania mikrofalowego

W poprzednim rozdziale określono, że mikrofalowe zakłócanie informacyjne to zespół skoordynowanych przedsięwzięć ukierunkowanych na dezorganizację procesów informacyjnych przeciwnika przebiegających w przestrzeni fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego. Zakłócanie to realizować można przez niszczenie elementów funkcjonalnych systemów informacyjno - sterujących przeciwnika lub modyfikację zbioru danych dostępnych dla detektorów jego układów informacyjnych. Modyfikacja tego zbioru polega na „maskowaniu” wybranych danych lub tworzeniu danych odzwierciedlających sytuacje „pozorne”. Ponieważ zbiór dostępnych postaci danych dla detektorów mikrofalowych układów informacyjnych tworzą dane, dla których nośnikiem są fale elektromagnetyczne o określonych parametrach przestrzennych, czasowych i energetycznych (sygnały elektromagnetyczne), należy przyjąć, że modyfikacji tego zbioru dokonać można jedynie⁵⁹ za pomocą sygnałów elektromagnetycznych, które nazywać można sygnałami zakłócającymi. Analogicznie do tworzenia danych odzwierciedlających rzeczywistość, dane zakłócające również tworzone być mogą przez aktywne (generujące energię elektromagnetyczną) środki zarówno przeciwnika, jak i własne. Przy określaniu warunków dostępności do zakłócania opisano szereg warunków jakie powinny spełniać sygnały zakłócające aby ich zastosowanie przyniosło spodziewany efekt. Istnieje równie duża ilość sposobów spełnienia tych warunków, jak też kryteriów, według których dokonuje się klasyfikacji sygnałów zakłócających i wyodrębnia rodzaje zakłócania, wydaje się jednak, że problem ten nie jest dotychczas jednoznacznie rozwiązany.

W literaturze przedmiotu badań⁶⁰ zakłócenia elektroniczne z uwagi na charakter ich powstawania ogólnie dzieli się na zakłócenia przypadkowe⁶¹ oraz celowe. Zakłócenia celowe są wytwarzane przez specjalne stacje (nadajniki) zakłócające lub pasywne retransla-

⁵⁹ Należy zwrócić uwagę na istotne kryterium różnicujące w tym aspekcie zakłócanie informacyjne i obronę informacyjną. Otóż w wypadku zakłócania modyfikacji podlega już istniejący zbiór danych (sygnałów elektromagnetycznych), natomiast przedmiotem obrony informacyjnej jest ograniczanie możliwości „powstawania” takich elementów tego zbioru, które mogą być użyteczne dla przeciwnika. Należy pamiętać, że zbiory te są tworzone przez aktywne urządzenia mikrofalowe - zarówno własne, jak i przeciwnika.

⁶⁰ Historyczny aspekt stosowania środków walki elektronicznej w różnych konfliktach zawiera np.: Arcangelis M. "Electronic Warfare", Blandford Press, Dorset 1985.

⁶¹ Zakłócenia przypadkowe powstają w wyniku oddziaływania zjawisk przyrodniczych (naturalne) oraz urządzeń technicznych na urządzenia elektroniczne, najczęściej podczas wyładowań atmosferycznych, oddziaływania zorzy polarnej lub wybuchów słonecznych, opadów atmosferycznych, pracy urządzeń przemysłowych np. urządzeń spawalniczych, źle zabezpieczonych silników elektrycznych. Powstają również w rezultacie oddziaływania na środki elektroniczne polowych urządzeń elektrycznych, lub w wyniku nieumiejętnego rozmieszczenia środków elektronicznych na stanowiskach dowodzenia. Zakłócenia przypadkowe mogą być również pochodzenia kosmicznego oraz mogą to być naturalne wewnętrzne szумы, powstające podczas pracy odbiorczych urządzeń elektronicznych. Zakłócenia przypadkowe mogą powstawać także wewnątrz aparatury.

tory energii elektromagnetycznej, dlatego też w teorii zakłóceń często wyróżnia się zakłócenia celowe: aktywne, pasywne i kombinowane (w wypadku jednoczesnego stosowania zakłóceń aktywnych i pasywnych). Ponieważ mikrofalowe zakłócanie informacyjne jest z definicji działalnością celową, obszar badań zawężono do zakłóceń celowych traktowanych jako **intencjonalne sygnały mikrofalowe, których oddziaływanie na układ (układy) informacyjny przeciwnika utrudnia właściwy przebieg jego procesu informacyjno - sterującego**. Dwojaki charakter zakłócania informacyjnego (niszczenie elementów funkcjonalnych lub modyfikacja zbioru danych dostępnych dla detektorów systemów informacyjno - sterujących przeciwnika) implikuje konieczność wyróżnienia dwu rodzajów zakłócania systemu informacyjno - sterującego przeciwnika:

- zakłócanie przez modyfikację zbiorów danych dostępnych dla jego detektorów;
- neutralizację⁶² jego elementów funkcjonalnych.

2.1.1. Zakłócanie poprzez modyfikację zbiorów danych dostępnych dla detektorów mikrofalowych układów informacyjnych

Ten rodzaj zakłócania sprowadza się do zwiększania entropii informacyjnej w systemie informacyjno - sterującym przeciwnika przez „maskowanie”⁶³ wybranych danych, które w danym czasie są lub mogą być w jego rozpoznawczym zainteresowaniu oraz „pozorowanie”⁶⁴ czyli tworzenie danych odzwierciedlających sytuacje nieistniejące w rzeczywistości. Jest to jeden z ważnych elementów składowych walki elektronicznej. Zakłócanie to powinno być ukierunkowane na dezorganizację tej części procesów informacyjnych przeciwnika, która oparta jest na wykorzystaniu przestrzeni elektromagnetycznej zakresu mikrofalowego.

Odnosząc się do uprzednio wspomnianego podziału zakłóceń na aktywne i pasywne, należy jednoznacznie stwierdzić, że ponieważ zakłócenia są sygnałami elektromagnetycznymi jako takie nie mogą być klasyfikowane według kryterium aktywności.

⁶² Neutralizacja wydaje się odpowiedniejszym określeniem niż często używane w literaturze „niszczenie”, ponieważ warunkiem koniecznym efektywności tego rodzaju zakłócania jest uniemożliwienie prawidłowego funkcjonowania a nie fizyczna destrukcja elementów systemu informacyjno - sterującego.

⁶³ Pojęcie „maskowanie” zostało użyte w takim rozumieniu, że jego istota sprowadza się do takiej zmiany rzeczywistych obrazów rzeczy istniejących w danym otoczeniu, które dla monitorującego systemu kooperanta negatywnego (przeciwnika) będą nierozpoznawalne lub trudno rozpoznawalne i tym samym zdobyte o nich treści nie będą w pożądanym zakresie porządkować u niego stanu wiedzy o tym otoczeniu i tym samym zwiększać o nim entropie informacyjną.

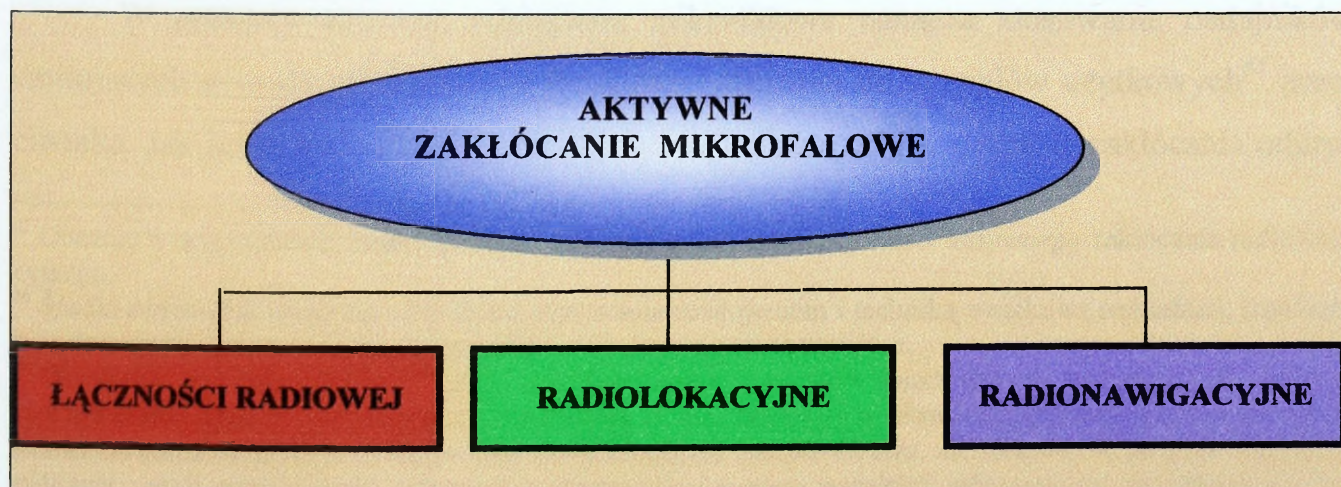
⁶⁴ Pojęcie „pozorowanie” zostało użyte w takim rozumieniu, że jego istota sprowadza się do tworzenia obrazów rzeczy które w rzeczywistości nie znajdują potwierdzenia ale dla monitorującego systemu kooperanta negatywnego (przeciwnika) będą stanowić realne obrazy stanu otoczenia i tym samym będzie to powodować zwiększanie entropii informacyjnej w jego stanie wiedzy.

Wyróżnianie takich rodzajów zakłóceń (powszechnie stosowane w literaturze i przyjęte w gronie specjalistów z dziedziny walki elektronicznej) rozpatrywać można jedynie w kategoriach skrótu myślowego odnoszącego się do ich genezy. Sygnały zakłócające mogą być bowiem generowane przez specjalnie w tym celu konstruowane i wykorzystywane nadajniki zakłóceń, mogą też powstawać w wyniku odbijania (od specjalnie spreparowanych elementów odbijających) energii elektromagnetycznej generowanej przez urządzenia przeciwnika. Z punktu widzenia podmiotu zakłócania wytwarzanie sygnałów zakłóceń tylko w pierwszym wypadku wiąże się z bezpośrednimi nakładami energetycznymi implikując desygnat - zakłócanie aktywne.

2.1.1.1. Modyfikowanie zbioru mikrofalowych danych dostępnych dla detektorów przeciwnika za pomocą zakłócania aktywnego

Aktywne zakłócanie mikrofalowe polega na modyfikacji dostępnych dla detektorów przeciwnika zbiorów danych przez wysyłanie przez własne urządzenia nadawcze (aktywne) sygnałów zakłócających w postaci energii elektromagnetycznej na częstotliwościach lub w paśmie pracy zakłócanych urządzeń odbiorczych.

Sygnały te charakteryzują się specyficznymi parametrami czasowymi i energetycznymi, dostosowanymi do konkretnych środków i systemów, przeciw którym mają działać. Wytwarzane one są na częstotliwościach roboczych, na których dokonywana jest transmisja lub zbieranie danych określonych parametrami detektorów układów informacyjnych. Ze względu na fakt, że zakres mikrofalowy fal elektromagnetycznych wykorzystywany jest przez urządzenia o różnym przeznaczeniu, można wyróżnić zakłócanie (rysunek 2.1.1.): radiowe, radiolokacyjne i radionawigacyjne.



Rys. 2.1.1. Podział aktywnego zakłócania mikrofalowego

Zakłócenia łączności radiowej polega na celowym promieniowaniu zakłócającej energii elektromagnetycznej powodującej utrudnienie pracy środków radiowych przeciwnika. Zakłócanie radiowe może całkowicie zdeorganizować funkcjonowanie *systemów (sieci) łączności radiowej*. Może bowiem uniemożliwić odbiór sygnałów, pogorszyć słyszalność, spowodować nieprawidłowe działanie urządzeń końcowych, wprowadzić w błąd operatorów lub zwiększyć błędy urządzeń automatycznych. Za pomocą zakłócania radiowego można utrudnić lub uniemożliwić pracę jednego, kilku lub kilkunastu urządzeń, a nawet całych sieci łączności określonego szczebla.

*Zakłócanie radiolokacyjne*⁶⁵ to generowanie sygnałów zniekształcających lub tworzących pozorne sygnały użytkowe na wejściu urządzeń odbiorczych, stanowiących źródła danych w systemach radiolokacyjnych. Może być prowadzone przeciwko wszystkim rodzajom radiolokacyjnych urządzeń rozpoznawczych oraz przeciwko środkom sterowania⁶⁶. Zakłócanie radiolokacyjne powinno się szeroko wykorzystywać również w działaniach wojsk lądowych z uwagi na pracę różnych stacji radiolokacyjnych przeciwnika zarówno w strefie operacyjnej, jak i taktycznej.

Zakłócanie radionawigacyjne obejmuje środki i systemy radionawigacyjne (w tym bliskiej radionawigacji oraz systemy globalne) i ma na celu uniemożliwienie lub utrudnienie obiektom ruchomym przeciwnika określenie swojego miejsca położenia w przestrzeni. Zakłócanie radionawigacyjne w zakresie mikrofalowym dotyczy w zasadzie systemów nawigacji bliskiej i satelitarnej. Szczególnie środki nawigacji satelitarnej są coraz powszechniej stosowane nie tylko w nawigacji lotniczej i morskiej, ale także w działaniu komponentów lądowych sił zbrojnych wielu państw.

W praktyce aktywne zakłócanie mikrofalowe oznacza stosowanie nadajników emitujących sygnały zakłócające o strukturze zbliżonej do sygnałów użytkowych⁶⁷ przeciwnika. Jak już wspomniano wcześniej, bardzo ważną rolę w procesie zakłócania odgry-

⁶⁵ Obecnie w wyposażeniu wojsk lądowych nie ma etatowych sił i środków aktywnego zakłócania radiolokacyjnego.

⁶⁶ Środki sterowania obejmują urządzenia sterowania uzbrojeniem i techniką wojskową (raketami, środkami bezpilotowymi, systemami rozpoznania itp.) oraz systemy samosterujące.

⁶⁷ Określenia „sygnały użytkowe” użyto tu w rozumieniu elementów zbioru danych dostępnych dla detektorów systemów informacyjnych przeciwnika, które są lub mogą być w określonej sytuacji przedmiotem jego zainteresowania. Obejmuje to oczywiście nie tylko aspekt monitorowania, ale również na przykład łączności radiowej, jeżeli potraktujemy odbiornik radiowy jako swoisty podukład informacyjny przystosowany do wybierania ze zbioru dostępnych danych (sygnałów elektromagnetycznych) tylko tych, których parametry odpowiadają określonym determinantom. Podobna sytuacja występuje w wypadku układów sterowania, gdzie detektor układu sterowanego wybiera ze zbioru dostępnych danych sygnały wysyłane przez układ sterujący.

wa *dobór charakterystyki sygnału zakłócającego*. Poza wymaganiami określonymi przez kryteria dostępności do zakłócania istnieje również szereg kryteriów umożliwiających klasyfikację zakłócania z punktu widzenia parametrów zastosowanych sygnałów zakłócających, a nie będących bezpośrednio zdeterminowanymi parametrami sygnałów zakłócających. Podkreślić należy, że w praktycznym działaniu znajomość *a priori* charakterystyk sygnałów będących przedmiotem zainteresowania układów informacyjnych przeciwnika jest zwykle stosunkowo niska i określane one być mogą jedynie jako wielowymiarowa zmienna losowa. Próby dokonania zestawienia możliwych do zinterpretowania kryteriów w tym zakresie dokonano na rysunku 2.1.2. Zaznaczyć należy, że zobrazony zbiór kryteriów nie jest zbiorem pełnym, przedstawione klasy wyróżnione według poszczególnych kryteriów nie stanowią zbiorów rozłącznych ani też nie wyczerpują możliwości klasyfikacyjnych, stanowią jedynie pewną ogólnie przyjmowaną grupę reprezentatywną.

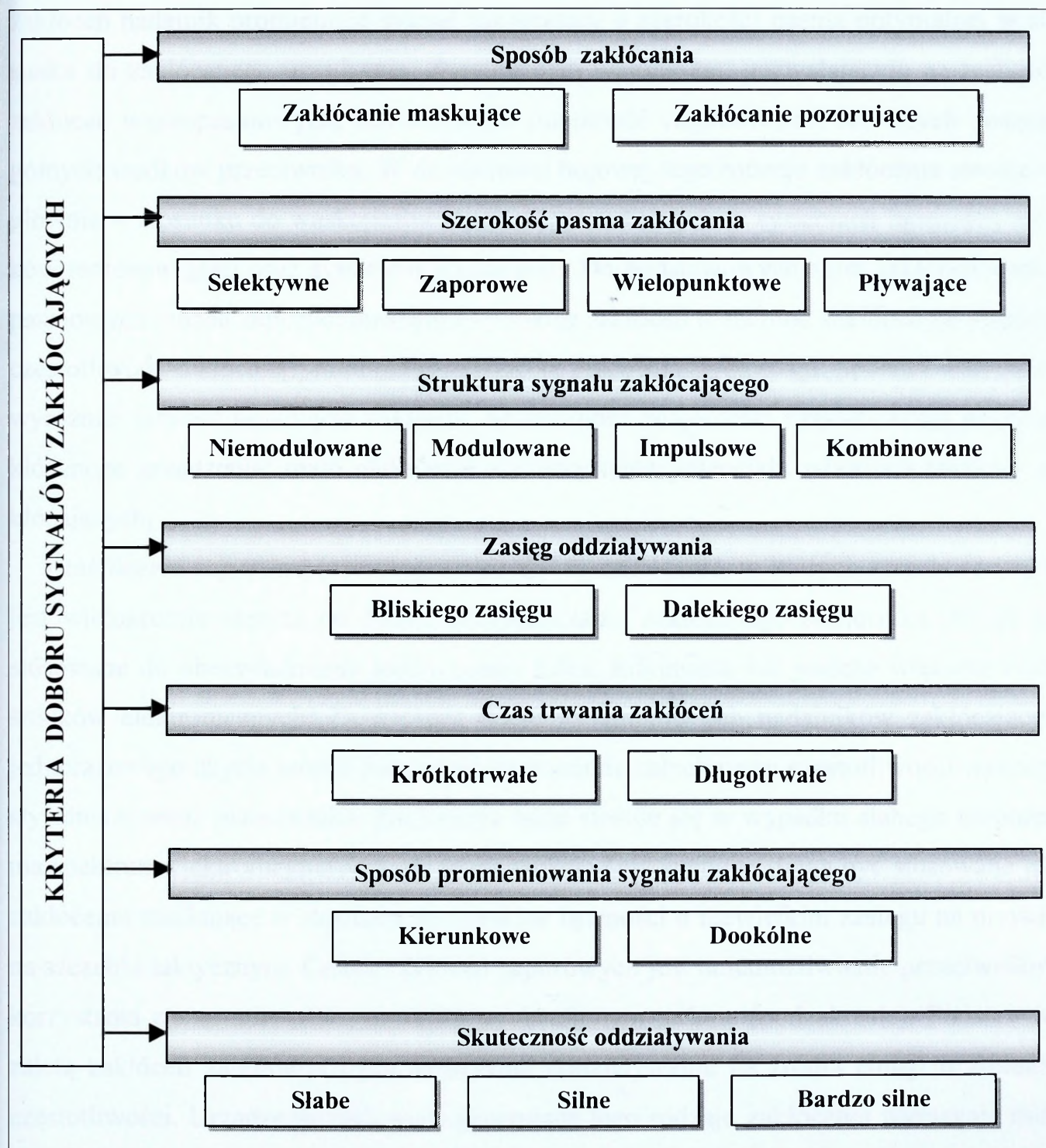
Zgodnie z zaprezentowaną na rysunku próbą klasyfikacji sygnałów zakłócających, według kryterium sposobu zakłócania wyróżnić można:

- *sygnały zakłócające maskujące (zakłócenia maskujące)* - stosowane w celu uniemożliwienia lub utrudnienia wybierania przez detektory układów informacyjnych przeciwnika danych (sygnałów) użytecznych ze zbioru dostępnych danych. Zakłócanie przy użyciu tego typu sygnałów polega na wnoszeniu do układów odbiorczych urządzeń przeciwnika dodatkowych wartości energetycznych, powodujących przesterowanie ich układów wejściowych, podwyższenie poziomu szumów, zaniki i niejednoznaczności w odczycie danych, czyli utrudniających odebranie sygnałów użytecznych;

- *sygnały zakłócające pozorujące (zakłócenia pozorujące)* - to takie postacie sygnałów wnoszone do zbiorów danych dostępnych dla detektorów przeciwnika, które mogą zostać przez niego uznane za sygnały użyteczne. Zakłócanie pozorujące polega na dostarczeniu energii elektromagnetycznej wraz z zawartością informacyjną w taki sposób, aby odbierający nie zorientował się, że pochodzi ona ze stacji przeciwnika, zaś przekazaną treść przyjął jako prawdziwą⁶⁸. Zakłócenia pozorujące wnoszą do systemu dowodzenia przeciwnika dane nie będące odzwierciedleniem rzeczywistości. Dane te mogą być przez niego przyjmowane i wykorzystywane podczas podejmowania różnorodnych decyzji. Zakres znaczeniowy zakłóceń pozorujących obejmuje zarówno wytwarzane imitacje sygnałów odbitych od obiektów w radiolokacji, mylące sygnały radionawigacyjne, jak

⁶⁸ Porównaj: J. Janczak, „Walka radioelektroniczna w działaniach operacyjnych wojsk lądowych”, AON, Warszawa 1998, s. 77.

i symulację pracy środków łączności przez specjalnie do tego przygotowane zespoły obsługujące. Praktyczne stosowanie pozoracji w zakłócaniu wymaga doskonałej znajomości zasad organizacji systemu informacyjnego przeciwnika, jego wyposażenia, sposobów przekazywania danych i stosowanych zabezpieczeń⁶⁹. Wymaga także posiadania odpowiedniego sprzętu oraz ciągłego śledzenia pracy środków – elementów systemów informacyjnych przeciwnika.



Rys 2.1.2. Zestawienie kryteriów, według których dobierane są parametry sygnałów zakłócających

⁶⁹ Zabezpieczenia dotyczą nie tylko technicznych urządzeń przeciwwzakłóceńowych ale również algorytmów obróbki sygnałów. Por. Paradowski L.: "Estymacja miejsca położenia na podstawie danych z wielopozycyjnych systemów radiotechnicznych", WAT, Warszawa 1990.

Ze względu na szerokość zakłócanego pasma można wyróżnić:

– *zakłócenia selektywne (wąskopasmowe, punktowe)* - to zakłócenia, w których szerokość widma jest współmierna lub mniejsza od pasma przepuszczania zakłócanego odbiornika. Zakłócenia te odznaczają się dużą dokładnością dostrojenia urządzeń stacji zakłócającej do częstotliwości roboczej zakłócanego środka elektronicznego. Przy stosowaniu tych zakłóceń nadajnik promieniuje sygnał zakłócający o szerokości pasma optymalnej w stosunku do zakłócanego urządzenia. Zasadniczym warunkiem, pozwalającym na realizację zakłóceń wąskopasmowych, jest dokładna znajomość częstotliwości roboczych poszczególnych środków przeciwnika. W działalności bojowej tego rodzaju zakłócenia stosuje się głównie w stosunku do wąskopasmowych emisji radiowych w systemach łączności, środków radionawigacji oraz systemów sterowania. Do podstawowych zalet zakłóceń wąskopasmowych można zaliczyć: maksymalny zasięg zakłóceń (cała moc zakłóceń przypada na częstotliwość zakłócaną); minimalny wpływ na pracę własnych stacji. Spośród wad można wyróżnić: łatwość uniknięcia zakłóceń, konieczność znajomości częstotliwości pracy zakłócanego urządzenia; mało efektywne wykorzystanie potencjału własnych środków zakłócających;

- *zakłócenia zaporowe (szerokopasmowe)* - to zakłócenia, w których szerokość widma jest wielokrotnie szersza od pasma przepuszczania zakłócanego odbiornika. Mogą być stosowane do obezwładniania jednocześnie kilku, kilkunastu lub jeszcze większej liczby środków elektronicznych. Za pomocą wielu nadajników lub nadajników zakłócających jednorazowego użycia można prowadzić zagłuszanie całych pasm częstotliwości wykorzystywanych przez przeciwnika. Zakłócenia takie stosuje się w wypadku słabego rozpoznania spektrum elektromagnetycznego przeciwnika. Zakłócenia te mogą być stosowane jako zakłócenia maskujące w stosunku do środków łączności o niewielkim zasięgu na przykład na szczeblu taktycznym. Celem zakłóceń zaporowych jest uniemożliwienie przeciwnikowi korzystania z częstotliwości roboczych w określonym paśmie (podzakresie). Podstawową zaletą zakłóceń zaporowych jest efektywne oddziaływanie na źródła emisji o zmiennej częstotliwości. Urządzenia nadawcze generujące tego rodzaju zakłócenia wymagają minimalnego sterowania i mogą być wykorzystane do zakłócania wielu sygnałów. Spośród wad można wyróżnić niską efektywność wykorzystania mocy nadajników, która rozkłada się proporcjonalnie na wszystkie częstotliwości zakłócanego pasma, i duże prawdopodobieństwo zakłócenia pracy własnych środków;

– *zakłócenia wielopunktowe* polegają na zakłócaniu określonego zbioru pojedynczych częstotliwości. Ich główną zaletą jest zwiększona efektywność zakłócania zarówno w porównaniu z zakłócaniem selektywnym, jak i szerokopasmowym;

– *zakłócenia pływające* polegają na sekwencyjnym przemieszczaniu się (przemiataniu) sygnału zakłóceń punktowo – zaporowych (selektywnych) w określonym przedziale częstotliwości według przyjętego algorytmu. Ten sposób zakłócania łączy zalety zakłócania wąsko- i szerokopasmowego. Wadą z kolei jest konieczność stosowania skomplikowanych technicznie urządzeń.

Ze względu na strukturę sygnału zakłócającego wyróżnia się:

– *zakłócenia niemodulowane* - stanowiące najprostszy typ zakłóceń wąskopasmowych w postaci niezmodulowanej fali nośnej o częstotliwości zbliżonej do częstotliwości pracy zakłócanego urządzenia;

– *zakłócenia modulowane* - to drgania wielkiej częstotliwości modulowane amplitudowo, częstotliwościowo lub fazowo. Najbardziej rozpowszechnionym rodzajem zakłóceń modulowanych są zakłócenia szumowe, charakteryzujące się przypadkowymi zmianami napięcia modulującego. Zakłócenia te są otrzymywane przez modulację drgań wielkiej częstotliwości sygnałem szumowym⁷⁰. Pasma tych zakłóceń składa się z fali nośnej i intensywnych szumowych wstęg bocznych. Zakłócenia szumowe podane do odbiornika na przykład stacji radiolokacyjnej sumują się z jego szumami własnymi, powodując efekt analogiczny do wzrostu współczynnika szumów odbiornika, czyli zmniejszenia jego czułości i w efekcie zmniejszenia zasięgu wykrywania obiektów przez stację radiolokacyjną. Na ekranie panoramicznym wskaźników tej stacji zakłócenia szumowe widoczne są w formie rozjaśnionych sektorów na kierunkach głównej charakterystyki promieniowania stacji oraz ewentualnie jej listków bocznych. Stosowane obecnie nadajniki zakłóceń czynnych mogą wytwarzać zakłócenia szumowe o tak dużej mocy, że sygnały zakłócające odbierane przez stację radiolokacyjną z głównego listka charakterystyki promieniowania anten tych stacji posiadają moc znacznie większą niż sygnały użyteczne. Stąd sygnały użyteczne w obszarze listka głównego są całkowicie tłumione, natomiast w pozostałej części obszaru tej strefy następuje zmniejszenie zasięgu wykrywania. Zakłócenia szumowe mogą być stosowane jako zakłócenia maskujące w stosunku do praktycznie każdego typu urządzeń;

– *zakłócenia impulsowe* mogą mieć charakter pojedynczych impulsów lub ciągów krótkotrwałych impulsów modulowanych w zakresie czasu trwania, amplitudy, częstotli-

⁷⁰ W praktyce są to najczęściej wzmocnione szumy termiczne.

wości, fazą lub kilku parametrów jednocześnie. Zakłócenia te charakteryzują się bardzo krótkim czasem promieniowania energii (rzędu mikrosekund). Są ciągami impulsów wielkiej częstotliwości, wytworzonymi przez nadajnik zakłócający na częstotliwościach zakłócanych środków radioelektronicznych. Jeśli częstotliwość powtarzania zakłóceń jest równa lub stanowi wielokrotność częstotliwości powtarzania impulsów zakłócającej stacji radiolokacyjnej, mamy do czynienia z zakłóceniami synchronicznymi. Jeżeli natomiast te częstotliwości się nie pokrywają, mówimy o zakłóceniach impulsowych niesynchronicznych. Zakłócenia te mogą być odzewowe (jednokrotne lub wielokrotne) albo niezależne (nieodzewowe). Zakłócenia impulsowe są wykorzystywane do zakłócania środków pracujących impulsowo, np. stacji radiolokacyjnych, stacji radioliniowych, urządzeń sterowania raketami itp.;

– *zakłócenia kombinowane* to drgania wielkiej częstotliwości, modulowane i manipulowane równocześnie kilkoma sposobami, na przykład zakłócenia impulsowe w połączeniu z modulacją szumami. Tego rodzaju zakłócenia mogą być stosowane do naruszania pracy środków radioliniowych oraz radiotelegrafii z przesuwem częstotliwości.

Ze względu na zasięg działania wyróżnia się:

– *zakłócenia bliskiego zasięgu*, zapewniające skuteczne zakłócanie i dezorganizację pracy środków przeciwnika na niewielką odległość (np. do 10 km) od miejsca pracy nadajnika lub stacji zakłócającej. Występują one podczas użycia nadajników zakłócających jednorazowego użytku, autonomicznych środków zakłócających oraz niektórych środków wykorzystywanych na szczeblach taktycznych;

– *zakłócenia dalekiego zasięgu* zapewniające skuteczne zakłócanie i dezorganizację pracy środków elektronicznych przeciwnika na duże odległości (rzędu setek kilometrów). Taki zasięg zakłóceń uzyskuje się wykorzystując naziemne i powietrzne stacje dużej mocy, zwykle w stosunku do obiektów latających (urządzeń pokładowych).

Biorąc pod uwagę czas trwania zakłócenia, można je podzielić na:

– *zakłócenia krótkotrwałe* - prowadzone w czasie równym lub krótszym od czasu nadawania jednego lub kilku sygnałów przeciwnika;

– *zakłócenia długotrwałe* - polegające na zakłócaniu pracy środków elektronicznych w czasie od kilkunastu minut do kilku godzin. Stosowane są zwykle przy wykorzystaniu nadajników jednorazowego użytku.

($E_z > E_s$ o 15-50%). Tego typu zakłócenia powodują utratę lub obniżenie wiarygodności danych od 15 do 50 %. Oznacza to, że w relacjach łączności będzie poważnie utrudniony odbiór, a nawet nastąpi utrata znacznej części danych. W najnowszych systemach może dojść do zerwania synchronizacji ich pracy. W systemach radiolokacyjnych na ekranach wskaźników w znacznym stopniu będzie ograniczona widzialność i rozróżnialność celów. Zamiast celów rzeczywistych mogą pojawiać się cele pozorne, nieczytelne sektory i pasy, obejmujące do 50% ekranu;

– *zakłócenia bardzo silne (tłumiące)* - to takie zakłócenia, przy których natężenie pola elektrycznego sygnału zakłócającego w punkcie odbioru po stronie przeciwnika jest znacznie większe, ponad 50% wyższe od natężenia pola elektrycznego sygnału użytecznego ($E_z > E_s$ ponad 50%). Przy tego rodzaju zakłóceniach poziom zakłóceń w punkcie odbioru jest tak wysoki, że powoduje całkowitą utratę danych.

Praktyczne realizacje urządzeń zakłócających w zakresie mikrofalowym są obecnie ograniczone do stacji zakłócania urządzeń radiolokacyjnych. Ponieważ, jak już stwierdzono uprzednio, jest to grupa obecnie najbardziej reprezentatywna dla urządzeń wykorzystujących zakres mikrofalowy promieniowania elektromagnetycznego jako dziedzinę swojej zasadniczej działalności, można przyjąć, że wprowadzenie urządzeń mikrofalowego zakłócania detektorów nie będących elementami systemów radiolokacyjnych będzie tylko poszerzeniem zaprezentowanej poniżej charakterystyki typologicznej.

Zasada działania stacji radiolokacyjnej polega generalnie na tym, że wysyła ona sygnał elektromagnetyczny w celu późniejszego wykorzystania jako elementy zbioru danych sygnału odbitego od obiektów. W tym kontekście podstawową funkcją urządzenia zakłócającego jest wysłanie w odpowiednim czasie sygnału (sygnałów) elektromagnetycznego w takiej formie i w taki sposób, aby udaremnić ostateczne wykorzystanie przez stację radiolokacyjną przeciwnika odbitego sygnału. W celu umożliwienia spełnienia tej zasadniczej funkcji urządzenie zakłócające musi posiadać cztery podstawowe współdziałające układy:

- zespół antenowy;
- odbiornik określający parametry sygnałów przeciwnika;
- układ sterowania własny i (lub) zewnętrzny;
- układy modulacji i (lub) generacji sygnału zakłócającego.

⁷¹ Dane przytoczono na podstawie: J. Janczak, B. Bezoń, „Zakłócanie informacyjne w operacjach wojsk lądowych”, AON, Warszawa 2001.

Z punktu widzenia procesu zakłócania układ antenowy i odbiornik należy traktować jako elementy określające charakterystyki potencjalnych sygnałów użytecznych (danych dostępnych dla detektora przeciwnika) na podstawie odbieranego sygnału sondującego. Układ antenowy określa jego parametry geometryczne, czyli kierunek, z którego został odebrany, natomiast odbiornik - parametry energetyczne i czasowe. Układ sterowania i układy modulacji (generacji) traktować należy jako kształtujące sygnał zakłócający i decydujące o sposobie jego wysłania w określony kąt bryłowy przestrzeni geometrycznej. Należy zauważyć, że zakłócanie jako czynność jest ściśle powiązane czasowo z zakłócaną działalnością urządzeń przeciwnika, jest niejako w stosunku do niej czynnością wtórną, a charakterystyki czasowe i energetyczne sygnału zakłócającego w znacznym stopniu (w niektórych wypadkach w pełni) determinowane są charakterystykami „zakłócanych” sygnałów.

Zgodnie z kryterium sposobu zakłócania przedstawionym na rysunku 2.1.2. wyróżniono zakłócanie maskujące i zakłócanie pozorujące jako zasadniczy podział zakłócania informacyjnego. W literaturze przedmiotu brak jest jednoznacznej klasyfikacji tego zakłócania⁷² i chociaż podejmowane są próby jego klasyfikowania⁷³, to są one metodologicznie obciążone przyporządkowaniem do praktycznie wykorzystywanych urządzeń i brakiem jednoznacznie określonych kryteriów.

Z uwagi na rodzaj generowanych sygnałów zakłócających pracę stacji radiolokacyjnych przeszukujących przestrzeń urządzenia służące do ich wytwarzania (nadajniki zakłóceń) dzielone są zwykle na generujące zakłócenia szumowe i impulsowe, czasem z wyszczególnieniem podklasy nadajników odzewowych.

Nadajniki zakłóceń szumowych są typowym przypadkiem realizacji zakłócania maskującego sygnały użyteczne w pewnym⁷⁴ kącie bryłowym⁷⁵ i odpowiednim przedziale odległości, powodując pogorszenie się rozróżnialności i dokładności określenia kierunku, w jakim znajduje się cel, oraz praktycznie uniemożliwiając określenie odległości do niego. Zakłócenia szumowe są odmianą najprostszego sposobu zakłócania maskującego, czyli

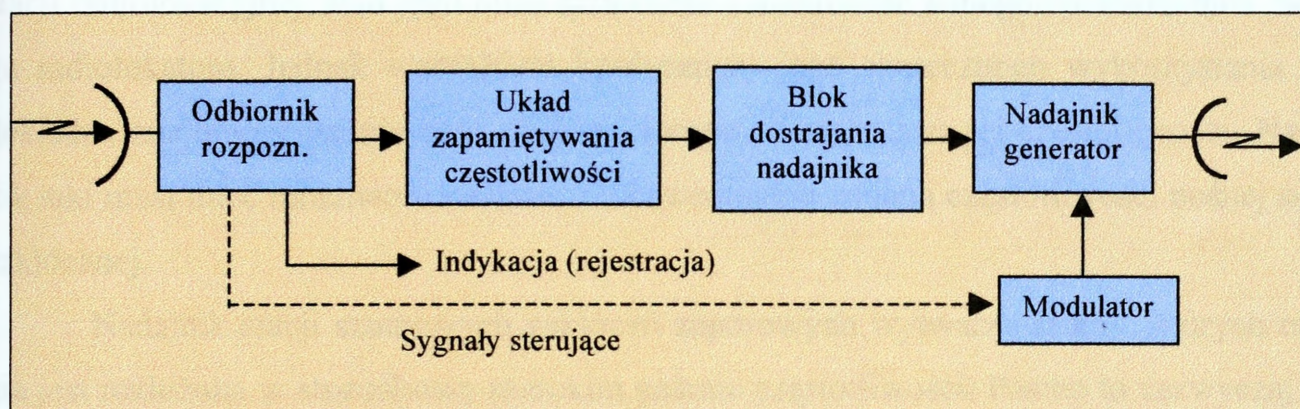
⁷² Por. : S. Antczak, A. Adamczyk, „System radiolokacyjny obrony powietrznej jako obiekt zakłóceń radioelektrycznych”, AON, Warszawa 1992, s. 13.

⁷³ Tamże oraz Z. Groszek, „Rozpoznanie w systemie obrony powietrznej RP”, AON, Warszawa 1995, a także Paradowski L., Szutkowski F., „Problemy rozpoznania i przeciwdziałania radioelektrycznego”, WAT, Warszawa 1986.

⁷⁴ Wielkość tego kąta jest dla określonej stacji radiolokacyjnej warunkowana przede wszystkim mocą sygnału zakłócającego.

zakłócania napięciem sinusoidalnym⁷⁶ o częstotliwości zbliżonej do częstotliwości pracy zakłócanego radiolokatora. Zakłócenia szumowe są najbardziej uniwersalne ze wszystkich obecnie znanych i stosowanych w zakłócaniu radiolokacyjnym. Umożliwiają maskowanie sygnałów użytecznych o dowolnej postaci. Jeżeli sygnał zakłócający ma postać białego szumu gaussowskiego⁷⁷, to prawdopodobieństwo wykrycia użytecznego sygnału w szumach na wyjściu optymalnego odbiornika⁷⁸ jest określone jedynie stosunkiem energii sygnału użytecznego do gęstości widmowej szumu i nie zależy od postaci sygnału.

Uproszczony schemat stacji⁷⁹ zakłóceń szumowych przedstawiono na rys.2.1.3.



Rys. 2.1.3. Uproszczony schemat blokowy stacji zakłóceń szumowych

Przedstawiony na rysunku odbiornik rozpoznawczy reprezentuje sobą źródło danych układu informacyjno – sterującego, jakim niewątpliwie jest stacja zakłócająca. Odbiornik ten ma za zadanie wybieranie ze zbioru dostępnych danych tych, które określają parametry elementów zbioru danych dostępnych dla potencjalnie możliwego do zakłócenia urządzenia przeciwnika. Układ zapamiętywania częstotliwości służy do podtrzymywania danych o częstotliwości wybranego przez odbiornik sygnału w określonym okresie następującym po jego zaniku (są to zwykle krótkotrwałe impulsowe sygnały sondujące stacji radiolokacyjnych). Blok dostrajania nadajnika określa dokładność i czas dostrojenia nadaj-

⁷⁵ Kąt bryłowy - część przestrzeni ograniczona powierzchnią stożkową. Powierzchnia stożkowa odcina na powierzchni kuli o środku w wierzchołku stożka pewną powierzchnię, której wielkość odniesiona do kwadratu promienia tej kuli stanowi miarę kąta bryłowego.

⁷⁶ Napięcie to może być niemodulowane, w praktyce jednak zwykle dokonuje się jego modulacji, na przykład przebiegiem szumowym.

⁷⁷ Sygnał o równomiernym rozkładzie w dziedzinie częstotliwości i rozkładzie Gaussa (normalnym) gęstości prawdopodobieństwa w dziedzinie amplitudy. Charakteryzuje się najlepszymi spośród innych przypadkowych sygnałów danej mocy własnościami maskującymi. Rzeczywiste zakłócenia szumowe, wytwarzane za pomocą nadajników zakłóceń różnią się charakterystykami statystycznymi i widmowymi od białego szumu gaussowskiego, w związku z czym mają gorsze własności maskujące.

⁷⁸ Odbiornik optymalny to taki, który umożliwia najlepszą wykrywalność na tle zakłóceń, przy założeniu przypadkowej zmienności ech (sygnałów użytecznych), konstruowany zwykle do odtwarzania określonego przebiegu wynikającego z charakterystyki sygnału sondującego.

⁷⁹ Stacją zakłóceń zwykle nazywa się zespół urządzeń składający się z odbiornika rozpoznawczego, nadajnika zakłóceń i układów sterowania.

Generatory te budowane były tradycyjnie na lampach elektronowych, magnetronach, lampach z falą bieżącą lub wsteczną, a współcześnie wykorzystuje się również technologie półprzewodnikowe.

Modulator jest zwykle źródłem napięcia szumowego oraz jednocześnie układem wzmacniającym i kształtującym jego pożądane charakterystyki. Stosowane są trzy rodzaje modulacji: amplitudowa, fazowa i częstotliwościowa. W praktyce w większości wypadków spotyka się kombinowane rodzaje modulacji: amplitudowo - fazową i amplitudowo - częstotliwościową.

Stosowane konstrukcje nadajników zakłóceń pozwalają na stosunkowo dużą możliwość zmian sygnałów zakłócających: od cyklicznego przestrajania generatora wielkiej częstotliwości ze stałą lub zmienną szybkością przestrajania, poprzez modulację szumami ciągłymi do wytwarzania sygnałów będących mieszaniną przestrajania w sposób przypadkowy – losowy i modulacji szumami.

Rozszerzenie pasma roboczych częstotliwości nośnych nadajników zakłóceń jest możliwe poprzez zastosowanie kilku generatorów wielkiej częstotliwości w jednym nadajniku zakłóceń (urządzeniu zakłócającym). Wzmacniacze małej częstotliwości oraz wzmacniacze mocy muszą wówczas mieć pasmo częstotliwości obejmujące pasma poszczególnych generatorów. Mogą to być układy wzmacniaczy połączonych z generatorami wielkiej częstotliwości w układy pracujące równolegle na wspólną antenę lub – w wypadku układów wieloantennowych - poszczególne zestawy współpracują z niezależnymi antenami.

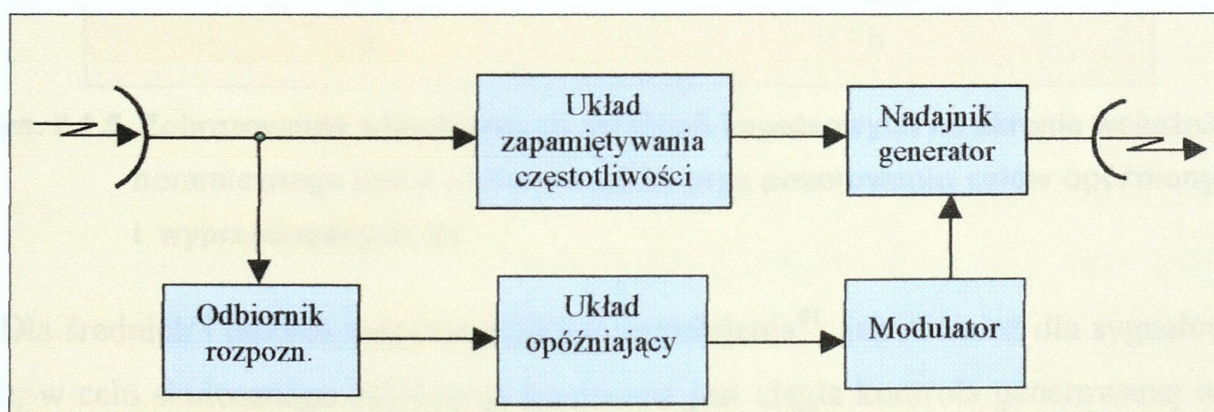
Zastosowanie odbiornika współpracującego z nadajnikiem zakłóceń umożliwia zwiększenie gęstości mocy nadajnika. Sygnał odebrany od zakłócającej stacji radiolokacyjnej przeciwnika jest bezpośrednio wzmacniany i modulowany szumami, a następnie emitowany przez nadajnik zakłóceń z powrotem w kierunku stacji radiolokacyjnej. W innym możliwym rozwiązaniu – odebrany sygnał o częstotliwości zakłócającej stacji radiolokacyjnej wymusza pracę generatora nadajnika zakłóceń na tej samej częstotliwości. Wygenerowany w ten sposób sygnał jest następnie odpowiednio zmodulowany i po wzmocnieniu wysyłany przez antenę nadajnika zakłóceń.

Nadajniki zakłóceń impulsowych w odróżnieniu od opisywanych poprzednio nadajników wysyłają w kierunku zakłócających stacji radiolokacyjnych sygnały impulsowe (zmodulowane impulsowo) o parametrach zbliżonych do sygnałów zakłócających stacji. Sygnały takie są podstawowym rodzajem pracy większości współczesnych stacji radiolo-

kacyjnych. Emitowanie impulsowych sygnałów zakłócających (zwanymi często fałszywym echem) można realizować w postaci:

- wielokrotnych impulsów synchronicznych;
- pojedynczych impulsów odczytywanych na wskaźniku jako cel;
- impulsów rozmieszczonych chaotycznie w czasie.

W pierwszym wypadku (wielokrotne zakłócenia synchroniczne) urządzenie zakłócające odbiera impulsy wielkiej częstotliwości stacji radiolokacyjnej przewidzianej do zakłócenia i w odpowiedzi wysyła ciąg impulsów zbliżonych pod względem parametrów do prawdopodobnych impulsów odbitych przez rzeczywisty cel. W efekcie tego na wskaźniku stacji radiolokacyjnej pojawia się kilka (kilkanaście) znaczników oznaczających wykryte obiekty, z których tylko jeden jest odpowiednikiem rzeczywistego obiektu. Metoda ta zawiera więc w sobie jednocześnie efekty pozorowania (tworzenie sygnałów od nieistniejących obiektów), jak również maskowania, ponieważ utrudnia określenie położenia rzeczywistego obiektu (trzeba wybrać jeden z wielu, nawet jeżeli jest się świadomym faktu zakłócenia). W urządzeniu realizującym ten rodzaj zakłócenia (rys. 2.1.4.) odebrany za pomocą urządzeń antenowych sygnał stacji radiolokacyjnej doprowadza się do układu pamięci częstotliwości (generator drgań o częstotliwości pracy wymuszonej przez częstotliwość nośną sygnału stacji radiolokacyjnej) i równoległe do odbiornika.

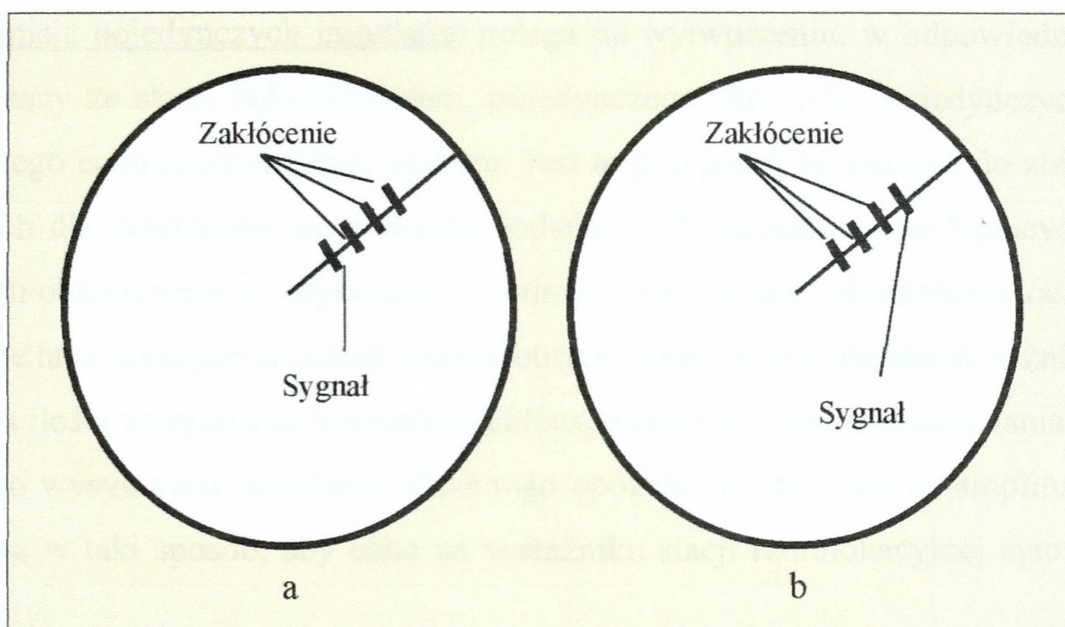


Rys. 2.1.4. Uproszczony schemat blokowy stacji odzewowych zakłóceń impulsowych

Z odbiornika sygnał przekazany jest do układu opóźniającego a następnie do generatora impulsów. Generator ten wytwarza ciąg impulsów modulujących sygnał ciągły odtwarzany przez układ zapamiętywania częstotliwości. W efekcie po wzmocnieniu w kierunku zakłócającej stacji radiolokacyjnej wysłana zostaje paczka impulsów, które na jej wskaźniku układają się na kierunku echa odbieranego od celu rzeczywistego, w postaci ciągu celów. W modulatorze sygnał może być poddany modulacji amplitudy, częstotliwo-

ści lub fazy. Szybka modulacja amplitudy może być również realizowana na przełączniku mikrofalowym.

Najprostszą odmianą tego rodzaju zakłócania jest tak zwane „zakłócanie za sobą”, odpowiadające przypadkowi, kiedy pozorne obiekty na ekranie wskaźnika radiolokacyjnego układają się w linii za rzeczywistym obiektem (rys. 2.4.). Jeżeli częstotliwość nośna i powtarzania impulsów zakłócanej stacji radiolokacyjnej są stałe, lub ze stałą sekwencją zmian, a czas zapamiętywania częstotliwości nośnej jest większy od okresu powtarzania impulsów, to istnieje możliwość wytworzenia na ekranie wskaźnika stacji radiolokacyjnej zobrazowań pozornych celów zarówno opóźnionych wobec zobrazowania celu, jak i wyprzedzających go.



Rys. 2.1.5. Zobrazowanie wielokrotnych zakłóceń impulsowych na ekranie wskaźnika panoramicznego stacji radiolokacyjnej przy pozorowaniu celów opóźnionych (a) i wyprzedzających (b)

Dla średnich i dużych współczynników wypełnienia⁸¹, jak również dla sygnałów ciągłych, w celu skutecznego zakłócania konieczna jest ciągła kontrola generowanej mocy i położenia anten. Dotyczy to zwłaszcza pracy przy małych odległościach zakłócania. Zbyt duża moc wejściowa jak i duży współczynnik wypełnienia mogą zakłócić pracę lamp⁸² i nie uzyska się potrzebnych mocy na wyjściu nadajnika zakłóceń. W celu wyeliminowania tych niedogodności zwykle stosuje się rozwiązanie polegające na wykorzystaniu odbiornika urządzenia zakłócającego do pomiaru mocy wejściowej i odpowiednio zaprogramowa-

⁸¹ Współczynnik wypełnienia w tym wypadku to stosunek czasu trwania impulsu (paczki impulsów) do okresu jego powtarzania.

⁸² Wzmacniacze te zwykle budowane są na lampach z falą bieżącą - LFB.

nika zakłóceń do określonej przez układ zapamiętywania wartości częstotliwości nośnej. W zależności od szerokości widma sygnałów zakłócających rozróżnia się trzy typy stacji zakłóceń szumowych⁸⁰:

- stacje szumowych zakłóceń selektywnych;
- stacje szumowych zakłóceń pasmowych;
- stacje szumowych zakłóceń zaporowych.

Nadajnik stacji pierwszego rodzaju pracuje w wąskim paśmie częstotliwości, zwykle zbliżonym do szerokości pasma przepuszczania liniowej części odbiornika zakłócanej stacji radiolokacyjnej, stąd jego duża sprawność i możliwość silnego zredukowania zasięgu radiolokatora. Jednak warunkiem koniecznym jego skutecznego wykorzystania jest dokładna znajomość parametrów stacji zakłócanej, a zwłaszcza jej częstotliwości. Nadajnik taki musi mieć możliwość nadażania za ewentualną zmianą częstotliwości nośnej stacji zakłócanej.

Nadajnik stacji szumowych zakłóceń zaporowych wytwarza szумы, których energia jest rozłożona w stosunkowo szerokim paśmie częstotliwości. Pasma to zazwyczaj dobiera się tak, aby obejmowało cały możliwy zakres przestrajania określonej klasy zakłócających radiolokatorów. Ze względu na ograniczenie dostępnej mocy nadajnika energia zakłóceń przypadająca na pasmo zakłócanego odbiornika jest mniejsza niż w wypadku zakłócania wąskopasmowego o tej samej mocy.

Nadajnik stacji zakłóceń pasmowych jest swoistym kompromisem pomiędzy opisanymi powyżej. Emituje sygnały w granicach częstotliwości szerszych niż w wypadku zakłóceń selektywnych, ale jednocześnie znacznie węższych niż przy zakłóceniach zaporowych. Umożliwia połączenie zalet obu sposobów zakłócania szumowego przy jednoczesnej redukcji ich wad.

Przedstawiony na rysunku 2.1.3. modulator i generator (nadajnik) zakłóceń są właściwymi elementami wykonawczymi, które wytwarzają sygnały zakłóceń. Generator zakłóceń, poza wysokimi wskaźnikami energetycznymi, powinien charakteryzować się możliwością:

- pracy w szerokim zakresie częstotliwości bez istotnej zmiany mocy i sprawności;
- szybkiego przestrajania w zakresie częstotliwości pracy zakłócanych urządzeń.

⁸⁰ Patrz: S. Wakin, L. Szustow, „Zasady przeciwdziałania radioelektronicznego”, wyd. MON, Warszawa 1972.

nych układów logicznych do sterowania poziomem mocy na wejściu wzmacniacza końcowego oraz czasem trwania generowanych impulsów.

Dużym problemem dla tego rodzaju nadajników zakłóceń jest praca z sygnałem ciągłym. W takich warunkach własny nadajnik może zakłócać odbiornik, przez co praca całego urządzenia staje się nieskuteczna. Konieczne staje się wówczas stosowanie odpowiednich zabezpieczeń i elementów elektronicznych odpornych na przeciążenia. Urządzenia przystosowane do tego rodzaju zakłócania charakteryzują się prostotą konstrukcji, nie zawsze jednak są wystarczająco skuteczne w praktycznym działaniu. Dlatego też w praktyce znacznie częściej wykorzystywane są bardziej skomplikowane konstrukcyjnie nadajniki zakłóceń z możliwością imitującego rodzaju pracy.

Emisja pojedynczych impulsów polega na wytworzeniu, w odpowiedzi na sygnał przychodzący ze stacji radiolokacyjnej, pojedynczego (lub kilku pojedynczych) impulsu pozorującego echo rzeczywistego obiektu. Jest to przypadek wnoszenia do zbioru danych dostępnych dla detektorów przeciwnika dodatkowych elementów nie będących odzwierciedleniem obiektywnej rzeczywistości. Budowa tego rodzaju urządzeń zakłócających jest w zasadzie taka sama jak urządzeń wielokrotnych zakłóceń impulsowych, różnice polegają jedynie na ilości wysyłanych impulsów zakłócających oraz sposobie określania opóźnienia czasowego wysyłanych impulsów. Czas tego opóźnienia, jak również amplituda impulsu ustalane są w taki sposób, aby echo na wskaźniku stacji radiolokacyjnej symulowało cel rzeczywisty.

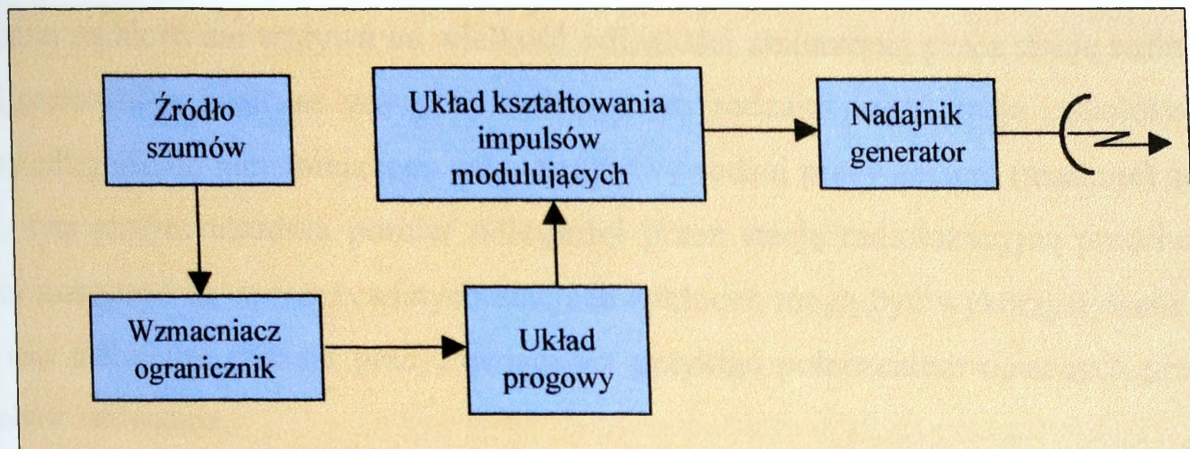
Sygnał stacji radiolokacyjnej przeciwnika odbierany jest przez antenę odbiorczą, po wstępnym wzmocnieniu ulega podziałowi i część mocy przez sprzęgacz kierowana jest do podsystemu pamięci. Tor odzewowy w tym czasie jest zablokowany programowo przez przełącznik mikrofalowy. Pamięć sygnałowa podtrzymuje sygnał tak długo, jak jest to wymagane dla przyjętego sposobu zakłócania. Sygnał pozorny (nazywany również często sygnałem imitującym) wysyłany jest w czasie określonym przez urządzenia sterujące. W modulatorze na sygnał ten nałożona zostaje dodatkowa dezinformująca charakterystyka w celu upodobnienia go do sygnału echa od celu rzeczywistego. Sygnał wyjściowy posiada taką samą szerokość impulsu i częstotliwość nośną jak sygnał zakłócanej stacji radiolokacyjnej. Bardzo ważne w tym rodzaju zakłócania jest utrzymanie stałego czasu opóźnienia sygnału pozornego w stosunku do sygnału pierwotnego stacji w dłuższym okresie. Nadajnik może wysyłać nie jeden, a kilka sygnałów pozornych o różnym czasie opóźnienia. Odpowiada to tworzeniu więcej niż jednego pozornego celu na wskaźniku stacji radiolokacyjnej przeciwnika.

Modulator w tego rodzaju urządzeniach może być dużo prostszy niż w wypadku urządzeń pracujących w systemie zakłóceń wielokrotnych. Sygnał generowany zgodnie z przechowywanym w podsystemie pamięci ma parametry sygnału zakłócającej stacji radiolokacyjnej, a zatem modulator nie musi odtwarzać struktury odbieranego sygnału. Tak tworzony sygnał pozwala lepiej wykorzystać możliwości energetyczne nadajnika urządzenia zakłócającego, a zwłaszcza wzmacniacza mocy do pracy z dużym czasem wypełnienia, bez obawy o uszkodzenie lub pogorszenie parametrów sygnału lub uszkodzenie nadajnika.

Zarówno w stacjach zakłóceń wielokrotnych, jak i emitujących pojedyncze impulsy część sygnału wejściowego trafia do odbiorników, w których realizuje się pomiary parametrów impulsów. Najważniejsze z nich to: czas przyjscia, częstotliwość i szerokość impulsu. Na podstawie tych parametrów przekazywanych do układu sterowania możliwa jest identyfikacja rodzaju (czasem nawet egzemplarza) stacji radiolokacyjnej, a przez to również określenie zagrożenia. Na tej podstawie określana jest „strategia przeciwdziałania”, czyli określenie czasu i formy zastosowanych zakłóceń. Po ustaleniu decyzji układy sterowania wybierają z pamięci odpowiednie impulsy, jak również określają sposób ich modulacji oraz poziom mocy. Czasy opóźnienia muszą być synchronicznie dobierane w taki sposób, aby na wskaźniku zakłócającej stacji radiolokacyjnej położenie znaczników pochodzących od sygnałów zakłócających było stałe względem znacznika pochodzącego od impulsu maskowanego w stacji zakłóceń wielokrotnych, lub pozorowało zmiany położenia obiektu w wypadku zakłóceń pozorujących. Parametry sygnału generowanego przez nadajnik zakłóceń muszą z dużą dokładnością odtwarzać parametry hipotetycznych⁸³ sygnałów użytecznych stacji radiolokacyjnej, tak aby sygnał zakłócający był odebrany przez urządzenie odbiorcze przewidziane do zakłócania.

Chaotyczne zakłócenia impulsowe polegają na wytworzeniu i wyemitowaniu przez nadajnik zakłóceń ciągu impulsów wielkiej częstotliwości, których podstawowe parametry zmieniają się w sposób przypadkowy. Sposób wytwarzania takich impulsów najczęściej polega na sterowaniu modulatora nadajnika zakłóceń za pomocą sygnału napięciowego fluktuującego szumu (rys. 2.1.6). Taki sygnał zmodulowany szumami przesyłany jest do układu wzmacniacza ogranicznika, na którego wyjściu w efekcie pojawia się ciąg sygnałów impulsowych o stałej amplitudzie, przypadkowym okresie powtarzania i przypadkowej długości. Impulsy te wprowadzane są do układu progowego i kształtowania impulsów, a następnie, po wzmocnieniu, emitowane w kierunku zakłócającej

stacji radiolokacyjnej. Na wskaźniku tej stacji pojawia się duża ilość znaczników echa chaotycznie zmieniających swe położenie i jasność, maskując w ten sposób echo odbite od celu rzeczywistego.



Rys. 2.1.6. Uproszczony schemat blokowy stacji niesynchronizowanych zakłóceń impulsowych

Wybór metody zakłócania, a przede wszystkim dobór parametrów sygnałów zakłócających, zależne są od właściwości stacji radiolokacyjnych, które mają być zakłócanie. W praktyce właściwości te, a zwłaszcza cechy odporności na zakłócenie są na ogół *a priori* nieznane. Dlatego też celowe jest konstruowanie nadajników zakłóceń dysponujących jak największą ilością możliwych do użycia sygnałów zakłócających o odpowiednio dużej mocy i emitowanych w szerokim paśmie częstotliwości.

Zasadnicze różnice pomiędzy poszczególnymi rodzajami zakłóceń polegają zarówno na różnych sposobach ich wytwarzania jak i osiągniętych efektach zakłócających. Różnice w technologii wytwarzania (rodzaju generowanych sygnałów) polegają na różnym czasie trwania sygnału i jego opóźnienia w stosunku do sygnału sondującego, jego wewnętrznej strukturze jak również na ilości generowanych impulsów (w systemach impulsowych). W odzewowym rodzaju pracy zwykle wykorzystuje się tylko wzmacniacz i odpowiedni modulator, w pozorującym rodzaju pracy konieczne jest wykorzystanie układów pamięci sygnałów radiowych i przestrajanego generatora, które zwykle generuje od jednej do kilku replik sygnału radiowego. W szumowym rodzaju pracy zwykle wykorzystuje się przestrajany generator mikrofalowy z szumową modulacją częstotliwości dla wąskopasmowego rodzaju pracy i relatywnie szeroką modulacją częstotliwości dla zaporowego rodzaju pracy. W pozorującym rodzaju pracy zwykle wykorzystuje się sygnały ze średnim lub małym współczynnikiem wypełnienia. Rodzaj szumowy ma tendencje do stosowania wysokiego

⁸³ Należy zaznaczyć, że w procedurze zakłócania nie chodzi o odtworzenie sygnału sondującego stacji radiolokacyjnej przeciwnika, ale echa tego sygnału odbitego od określonego obiektu.

współczynnika wypełnienia. Jeżeli występuje potrzeba zakłócania kilku stacji jednocześnie, prowadzi to do obniżenia tego współczynnika w odniesieniu do każdej zakłócaniej stacji. Zasadnicze różnice w zakresie osiągniętych rezultatów polegają na tym, że odzewowy rodzaj zakłóceń nie wpływa na wielkość odległości zmierzonej przez stację radiolokacyjną przeciwnika, podczas gdy przy imitacyjnym rodzaju pracy stacja radiolokacyjna mierzy odległość do nieistniejącego celu. Szumowy rodzaj pracy zaciera (maskuje) sygnał echa i tym samym utrudnia pomiar odległości przez stację radiolokacyjną przeciwnika. Należy zaznaczyć że w rzeczywistych stacjach zakłóceń mogą być wykorzystywane również inne nietypowe rodzaje pracy, będące na przykład połączeniem opisanych powyżej sposobów zakłócania.

Z zaprezentowanej powyżej próby ogólnej charakterystyki typologicznej najczęściej stosowanych sposobów zakłócania (rodzajów nadajników zakłóceń) widać jak bardzo istotna jest rola wewnętrznych i zewnętrznych systemów sterowania urządzeń generujących sygnały zakłócające, które na podstawie parametrów odbieranych sygnałów przekazywanych do odbiornika rozpoznawczego urządzenia zakłócającego określają rodzaj zakłócania i sposób modulacji, a także przede wszystkim wypracowują decyzję o fakcie i czasie zakłócania. W praktyce stosowane są różne sposoby modulacji w zależności od potrzeb w zakresie rodzaju, stopnia dezinformacji i zakłócania pomiarów określonych parametrów celów wykrywanych przez stacje radiolokacyjne przeciwnika. Do zakłócenia pomiaru szybkości celu z wykorzystaniem sygnału dopplerowskiego wymagane jest inne zakłócanie, niż dla zakłócenia kąta położenia celu. Zakłócanie innych mierzonych parametrów wymaga różnych sygnałów zakłócających, dotyczy to szczególnie sposobu ich modulacji. W zasadzie wszystkie rodzaje zakłóceń aktywnych mogą być stosowane do zakłócania pomiaru więcej niż jednego parametru. Daje to bardzo szerokie możliwości generowania sygnału zakłócającego, ale jednocześnie należy zauważyć, że dobór odpowiedniej formy zakłócania obarczony jest ścisłym reżimem czasowym. Istotne jest bowiem, aby wybór rodzaju zakłócenia następował szybko, niekiedy wręcz natychmiast po wykryciu sygnału stacji radiolokacyjnej lub po jednym czy dwu odebranych impulsach sondujących. Odpowiedzi na sygnały sondujące powinny mieć prawie synchroniczny ciąg przez czas pracy stacji radiolokacyjnej, a rodzaj zakłócenia może być jednego typu lub niekiedy ulegać zmianie w trakcie trwania sygnału zakłócanego.

Modulacja amplitudy może być wykorzystana przez wszystkie trzy rodzaje nadajników zakłóceń do zakłócania radarów śledzących ze stożkowym przeszukiwaniem prze-

strzeni. Może być również wykorzystana do zakłócania pomiaru kąta obserwacji celu stacji radiolokacyjnej obserwacji okrężnej. Modulacja częstotliwości i modulacja fazy są głównie stosowane w nadajnikach imitujących cel i szumowych, szczególnie w pracy synchronicznej z impulsami sondującymi zakłócanej stacji radiolokacyjnej. Zakłócanie sygnału dopplerowskiego wykorzystywanego w celu pomiaru szybkości celu wymaga stworzenia częstotliwościowo - fazowej modulacji bez przestrajania częstotliwości nośnej sygnału zakłócającego. Modulacja czasu opóźnienia sygnału jest charakterystyczna dla rodzaju pracy imitacyjnej, mającej na celu wytworzenie sygnału pozornego. Powoduje ona efekt zmiany położenia imitowanych obiektów, czyli powstanie ruchomych celów pozornych.

Podane powyżej metody zakłóceń dotyczą głównie typowych urządzeń radiolokacyjnych przeznaczonych do wykrywania obiektów. Przy zakłócaniu innych urządzeń stosuje się odpowiednio inne sposoby, skuteczne w konkretnym przypadku. W urządzeniach pokładowych stosuje się stacje zakłócające automatyczne radiolokacyjne układy śledzące w kierunku, odległości i szybkości, np. przy zakłócaniu urządzeń wykorzystujących zjawisko Dopplera emituje się sygnały ze zmianą fazy (uzyskiwane poprzez zmianę napięcia spirali wzmacniaczy LFB). Falszuje się wówczas dane o szybkości poruszania się obiektu. Zachowana jest jednak ogólna zasada podziału na zakłócanie typu maskującego i pozorującego, mogą one również pracować jako urządzenia odzewowe lub samoistnie generować sygnały zakłócające na podstawie znanych *a priori* lub mierzonych parametrów sygnałów zakłócanych stacji radiolokacyjnych.

2.1.1.2. Modyfikowanie zbioru mikrofalowych danych dostępnych dla detektorów przeciwnika za pomocą zakłócania pasywnego

Zakłócanie pasywne polega na modyfikacji zbiorów dostępnych danych, w którym jako sygnały zakłócające wykorzystuje się fale elektromagnetyczne promieniowane przez środki przeciwnika przez wtórne promieniowanie, odpromieniowanie, odbijanie, rozpraszanie lub wchłanianie energii elektromagnetycznej przez środki nie dysponujące generatorami energii elektromagnetycznej, w celu zmylenia detektorów układów informacyjnych i odwrócenia uwagi przeciwnika. Zakłócania pasywne w zakresie mikrofal dotyczą głównie środków radiolokacyjnych. Zakłócenia „wytwarzane” są przez sztuczne zmiany właściwości elektromagnetycznych środowiska rozprzestrzeniania się fal. Wykorzystuje się zjawisko odbijania fal elektromagnetycznych, które padając na powierzchnię przewodzącą całkowicie się od niej odbijają. Inne materiały mogą je odbijać częściowo lub pochłaniać. Zwykle wyróżnia się odbicia lustrzane, rozproszone i rezonansowe.

Odbicie lustrzane charakteryzuje się tym, że kąt padania fali EM na powierzchnię określonego przedmiotu odbijającego równy jest kątowi odbicia. Zjawisko to występuje wówczas gdy nierówności powierzchni odbijającej są wielokrotnie mniejsze od długości fali. W innych przypadkach występuje odbicie rozproszone i fale EM są odbijane w różnych kierunkach. Odbicia takie dotyczą większości techniki wojskowej i przedmiotów w otaczającym ją środowisku (tł).

Odbicie rezonansowe występuje wówczas, gdy któryś z wymiarów odbijającego przedmiotu lub obiektu jest równy połowie długości fali EM lub jej krotności. Wielkość odbitej w tym wypadku energii jest wówczas znacznie większa niż wynikałoby to z rozmiarów geometrycznych obiektu. Zjawisko to jest wykorzystywane między innymi w zastosowaniu dipolowych środków odbijających.

Obiekty wojskowe w większości przypadków mają złożoną budowę, w wyniku czego padająca energia opromieniowuje je pod różnymi kątami. Mogą przy tym powstawać odbicia wielokrotne i sumaryczne odbite sygnały będą miały złożoną strukturę. Energia odbitego sygnału sondującego zależy od ekwiwalentnej idealnej powierzchni odbijającej, nazywanej skuteczną powierzchnią odbicia. Jeżeli w odległości mniejszej od rozdzielczości stacji radiolokacyjnej rozmieszczonych jest kilku obiektów, skuteczna powierzchnia odbicia jest w przybliżeniu sumą skutecznych powierzchni odbicia wszystkich obiektów. W skrajnym przypadku są to tak zwane cele przestrzenne, dotyczy to niektórych zjawisk atmosferycznych i obłoków zakłócających dipoli. Ukrycie obiektów przed obserwacją, prowadzoną za pomocą środków radiolokacyjnych, polega na zmniejszeniu kontrastu radiolokacyjnego, tj. wyrównaniu stopnia odbijania energii EM między obiektami a otoczeniem. Ukrycie obiektu przed obserwacją następuje w warunkach, kiedy różnica odbijania obiektu i tła nie przekracza $1,5 - 3 \text{ m}^2$.

Kontrastowość radiolokacyjna obiektów zależy również od parametrów stacji radiolokacyjnej, wykorzystywanej do rozpoznania. Największą zdolność rozróżniania (5 - 10 m) mają stacje obserwacji bocznej, wielowiązkowe z antenami fazowanymi oraz stacje rozpoznania pola walki bliskiego zasięgu.

Ze względu na sposób oddziaływania na zakłócanie urządzenia rozróżnia się, podobnie jak w wypadku zakłócania aktywnego zakłócanie *maskujące i pozorujące* (rysunek 2.1.7.).



Rys. 2.1.7. Rodzaje mikrofalowego zakłócania pasywnego

Pasywne zakłócanie maskujące to utrudnianie lub uniemożliwianie przeciwnikowi wykrycia i obróbki sygnału użytecznego. Maskowanie rzeczywistych obiektów (szczególnie powietrznych) zakłóceniami biernymi może być realizowane przez formowanie chmur dipoli odbijających w obszarze powietrznym obejmującym maskowane obiekty. Dipolami odbijającymi mogą być paski lekkiej folii metalicznej, igły metalowe lub sztywne metalizowane włókna szklane o długości zbliżonej do połowy długości fali roboczej zakłócaniej stacji radiolokacyjnej. Są one zrzucone z samolotów w postaci paczek (wiązek), które następnie pod wpływem wiatru rozpraszają się i tworzą rodzaj chmury. Elementy te są zwykle bardzo lekkie i mogą utrzymywać się stosunkowo długo w powietrzu. Fale elektromagnetyczne odbite od dipoli zawartych w elemencie rozróżnialności stacji radiolokacyjnej mogą mieć znacznie większą moc niż fale odbite od maskowanych obiektów powietrznych. Stąd też stosunek mocy sygnału użytecznego stacji radiolokacyjnej do mocy sygnału zakłócającego pracę tej stacji pogarsza się, a w konsekwencji następuje zmniejszenie zasięgu wykrywania stacji.

Zakłócanie pasywne za pomocą dipoli odbijających powinno mieć zastosowanie również w działaniach wojsk lądowych i powinno polegać – analogicznie do innych rodzajów wojsk – na wystrzeliwaniu przez specjalne wyrzutnie zamontowane na środkach walki⁸⁴ (czołgach, transporterach opancerzonych, armatach, raketach) pocisków dipolo-

⁸⁴ Przykładem mogą być wyrzutnie dipoli „Jastrząb” montowane na okrętach Marynarki Wojennej RP. Por.: M. Zieliński, „Porównanie systemów biernej obrony przeciwrakietowej będących na uzbrojeniu Marynarki Wojennej RP”, w materiałach I konferencji naukowo technicznej „Systemy Rozpoznania i WRE, wyd. WAT, Żegiestów 1995, s.137.

wych lub na wyrzucaniu z samolotów paczek z dipolami w chwili wykrycia ich opromieniowania⁸⁵. Liczba tych pocisków powinna być dostosowywana do rodzaju wykorzystującego je obiektu i charakteru jego działania na polu walki i co za tym idzie wielkości istniejącego zagrożenia, szczególnie ze strony naprowadzanych radiolokacyjnie środków bojowych.

Dla uzyskania efektu zakłóceń maskujących wykorzystuje się również dymy metalizowane, ekrany maskujące, a także jonizację środowiska. Zastosowanie środków wywołujących lokalną jonizację przestrzeni powoduje zmianę właściwości elektromagnetycznych ośrodka, co może mieć szczególne znaczenie dla zakłócania łączności w zakresie mikrofalowym, podobnie jak różnego rodzaju środków maskujących „izolujących” elektromagnetycznie detektory układów informacyjnych przeciwnika. Mając jednak na uwadze, że wartość współczynnika załamania zjonizowanego ośrodka jest odwrotnie proporcjonalna do częstotliwości, wymagane do efektywnego załamania lub odbicia mikrofal koncentracje cząstek zjonizowanych są tak duże, że obecnie mogą być wytworzone jedynie podczas wybuchów głowic nuklearnych. Sytuacja ta może ulec zmianie w wyniku rozwoju technologii broni wiązkowej.

*Pasywne zakłócanie pozorujące*⁸⁶ to wprowadzanie do zakłócanego systemu danych reprezentujących obiekty jakościowo inne niż te, które są źródłem zakłóceń. Realizować można je na dwa sposoby: przez zmniejszenie własności odbijających obiektów (skutecznej powierzchni odbicia) lub imitowanie celów przez stosowanie obiektów o celowo zwiększonej skutecznej powierzchni odbicia. Za ich pomocą można wytworzyć np. na ekranie wskaźnika stacji radiolokacyjnej zobrazowanie celu na takim azymucie i odległości, gdzie nie ma celów rzeczywistych. Zastosowanie tych zakłóceń dezorientuje przeciwnika oraz utrudnia podjęcie właściwych decyzji. Pozorowanie (imitowanie) obiektów powietrznych polega na użyciu takich środków, jak: reflektory rogowe (odbijacze kątowe) oraz soczewki Luneberga, czasem umieszczonych na balonach lub kierowanych pociskach raketowych. Elementy te cechują się dużo większą SPO niż rzeczywiste obiekty

⁸⁵ W tym celu środki walki należy wyposażyć – podobnie jak samoloty lub okręty – w indywidualne odbiorniki ostrzegawcze o opromieniowaniu radiolokacyjnym. Koncepcja takiego odbiornika przedstawiona jest w materiałach IV konferencji naukowo technicznej „Systemy Rozpoznania i WRE”, wyd. BIL-GRAL s.c. Babice Stare 1999, s. 228.

⁸⁶ Istotną wadą urządzeń radiolokacyjnych jest trudność odróżnienia na ekranie wskaźnika celów rzeczywistych od pozornych, jeżeli analogiczna jest ich skuteczna powierzchnia odbicia. Przez skuteczną powierzchnię odbicia celu należy rozumieć taką ekwiwalentną powierzchnię zorientowaną normalnie do kierunku padania fali, która promieniując normalnie we wszystkich kierunkach całkowitą padającą na nią mocą pola pierwotnego, wywołuje w punkcie odbioru (położenia radiolokatora) taką samą gęstość strumienia mocy jak rzeczywisty cel.

powietrzne. Stąd zasięg ich wykrywania przez stacje radiolokacyjne jest dużo większy niż zasięg wykrywania obiektów rzeczywistych.

Zasięg wykrywania obiektów powietrznych przez stację radiolokacyjną w swobodnej przestrzeni zależy między innymi od powierzchni skutecznej odbicia wykrywanego obiektu. Zmniejszając tę powierzchnię, zmniejsza się zasięg jego wykrycia.

Zasięg stacji radiolokacyjnej dla dowolnej skutecznej powierzchni odbicia (SPO) obiektu powietrznego można określić, korzystając ze wzoru:

$$R_{\text{wsrl}} = R_0 (\sigma/\sigma_0)^{1/4} \quad (2.1.5)$$

gdzie:

R_0 – zasięg stacji dla założonej SPO (σ_0);

σ - rzeczywista skuteczna powierzchnia odbicia

Ten rodzaj zakłócania stosowany jest w celu wprowadzenia w błąd operatorów SRL co do liczby, kierunku lotu, wysokości i sposobu ugrupowania rzeczywistych obiektów powietrznych. W działaniach wojsk lądowych mogą być również pozorowane inne obiekty (nie tylko powietrzne). Można na przykład pozorować przeprawy poza rejonem głównego wysiłku obrony i poza rejonem planowanego kontrataku (do tego celu należy stosować odbijacze kątowe do imitacji mostów⁸⁷). Jeżeli natomiast w tym rejonie występują mosty stałe, można zastosować również pojedyncze stacje zakłóceń radiolokacyjnych do ich osłony elektronicznej. Kompleksowe zastosowanie tych środków i sposobów urealni pozorowanie.

Zastosowane odbijacze kątowe wywołują zwiększoną liczbę obiektów na ekranach stacji radiolokacyjnych, które nawet jeżeli nie zostaną uznane za cele rzeczywiste, powodują, że obraz sytuacji staje się nieczytelny i niewiarygodny. Oprócz wspomnianych już mostów stałych i pontonowych, za ich pomocą można pozorować również przeprawy promowe, jednostki pływające, drogi, wyrzutnie rakiet, różne pojazdy bojowe, lotniska i samoloty, bazy morskie, zmieniać linię brzegową i naturalne dozory radiolokacyjne. Istnieje możliwość pozorowania obiektów ruchomych, co ma szczególnie duże znaczenie przy wykorzystaniu przez przeciwnika radiolokacyjnych stacji dopplerowskich. Zestawienie przykładowych średnich powierzchni odbicia obiektów mogących znajdować się w przestrzeni geometrycznej pola walki przedstawiono w tabeli 2.1.1.

⁸⁷ W chwili opracowywania rozprawy występują one w kompanii maskowania, która jest etatowym pododdziałem brygady saperów podległej korpusowi.

Tabela 2.1.1

Obiekt	Skuteczna powierzchnia odbicia [m ²]
Człowiek	0,008
Samochód ciężarowy	1 – 36
Czołg, transporter	10 – 90
Wyrzutnia raketowa	60 – 540
Działo artyleryjskie	3 – 6
Samolot	3 – 70
Mosty niskowodne i nawodne	500 – 4000
Batalion w rejonie ześrodkowania	500 – 1000
Most stalowy	10000 – 14000
Niewielki zakład przemysłowy	400 – 10000
Zapora wodna	200 – 180000
Zabudowa miejska	500 – 500000

Odbijacze kątowe wykonane z dużą dokładnością są urządzeniami wąskopasmowymi. Ich skuteczna powierzchnia odbicia jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu długości padającej fali EM. Oznacza to, że podczas użycia przez przeciwnika stacji radiolokacyjnej pracującej na niższych częstotliwościach skuteczna powierzchnia odbicia (SPO) odbijaczy tego typu maleje. Wykonuje się je z blach metalowych lub środków metalizowanych, ponieważ wnikanie energii EM w głąb metalu jest niewielkie, a współczynnik odbicia duży. Ścianki odbijaczy kątowych mogą mieć różne wymiary i kształty: kwadratowe, sektorowe, trójkątne, kompensujące. Odbijacze kątowe mogą być również wykonywane z siatek metalowych, w których czynnikiem określającym zdolność odbijania energii EM przez siatkę jest wymiar jej oczek. Właściwością odbijaczy kątowych jest zdolność odbijania energii EM stacji radiolokacyjnej w kierunku przeciwnym do jej padania. Największą kierunkowość działania mają odbijacze kątowe o ściankach kwadratowych, odbijacze o ściankach trójkątnych mają zaś charakterystyki bardziej równomierne. Szerokości robocze charakterystyk odbicia są następujące: dla odbijaczy o ściankach kwadratowych – 25° , o ściankach trójkątnych – 40° , sektorowe (o ściankach wykroju ćwiartki koła) – 35° .

Maksymalną wartość skutecznej powierzchni odbicia takich reflektorów określić można z zależności:

- dla reflektora o ściankach trójkątnych:

$$\sigma = \frac{4}{3}\pi \frac{a^4}{\lambda^2} \quad (2.1.6)$$

- dla reflektora o ściankach prostokątnych:

$$\sigma = 12\pi \frac{a^4}{\lambda^2} \quad (2.1.7)$$

- dla reflektora o ściankach sektorowych:

$$\sigma = 2\pi \frac{a^4}{\lambda^2} \quad (2.1.8)$$

gdzie: a – jest długością krawędzi styku ścianek

Reflektory te pomimo małych rozmiarów charakteryzują się stosunkowo dużą wartością skutecznej powierzchni odbicia. Na przykład dla długości fali $\lambda=3\text{cm}$ i krawędzi $a=50\text{cm}$ skuteczna powierzchnia odbicia prostokątnego reflektora rogowego wynosi $\sigma=2500\text{ m}^2$, a więc wielokrotnie przewyższa skuteczną powierzchnię odbicia np. czołgu czy wyrzutni raketowej. W celu uzyskania równomiernego rozkładu odbicia energii EM w szerokim zakresie zmienności kątów opromieniowania mogą być stosowane tzw. „kompensacyjne” lub wieloselekcyjne (cztero – lub ośmioselekcyjne) odbijacze kątowe.

Analiza rozwiązań światowych wskazuje, że ten rodzaj zakłócania powinien mieć szerokie zastosowanie w wojskach lądowych. Można zatem zaproponować wyposażenie wojsk lądowych⁸⁸ w różnego typu odbijacze kątowe, które mogą mieć konstrukcję stałą, składaną lub nadmuchiwaną. Bez względu na konstrukcję należy je nie tylko ustawiać, ale również ciągnąć po ziemi, w powietrzu i w razie potrzeby – po wodzie.

⁸⁸ Należy nadmienić, że w wyposażeniu jednostek inżynieryjnych operacyjnego przeznaczenia wojsk lądowych są trzy zasadnicze typy składanych odbijaczy kątowych: **08 - 33** – o zarysie okrągłym i średnicy koła 13 cm, złożony z 8 trójściennych rożków do maskowania i pozorowania na lądzie pojazdów mechanicznych, małych samolotów i in.; **T8-62/L (mały)** – o trójkątnych kształtach zmian, złożony z 8 trójściennych rożków o długości krawędzi trójkąta 62 cm (SPO = 15 – 20 m²) do maskowania i pozoracji różnych obiektów wojskowych; **T8-62/W (duży)** – o trójkątnych kształtach zmian, złożony z 8 trójściennych rożków o długości krawędzi trójkąta 62 cm (SPO = 40-60 m²) do pozoracji budynków, mostów stalowych, pontonowych itp. Por. w: Wł. Ślemp, W. Kawka, „Informator sprzętu inżynieryjnego wojsk własnych”, wyd. AON, Warszawa 1999.

Wnioski z podrozdziału 2.1.1

1. Projektowane i wykorzystywane dotychczas urządzenia zakłócania informacyjnego w zakresie mikrofalowym przeznaczone są głównie do zakłócania stacji radiolokacyjnych zarówno poszukiwania i wykrywania, jak i urządzeń śledzenia i naprowadzania. Urządzenia te dostosowane są do realizacji zarówno zakłócania typu maskującego, jak i pozorującego, nierzadko w ramach wykorzystania tej samej stacji zakłóceń. Mogą pracować w trybie *stricte* odzewowym, gdy urządzenie zakłócające jedynie moduluje własny sygnał zakłócanej stacji radiolokacyjnej, lub w trybie gdy sygnał radiowy jest generowany lub co najwyżej odtworzony wewnątrz urządzenia zakłócającego.
2. Przy dokładnej znajomości parametrów i sposobów modulacji sygnału sondującego zakłócanej stacji radiolokacyjnej można zastosować najbardziej skuteczną metodę zakłócania. Możliwe jest to między innymi przez wykorzystanie odpowiedniego rodzaju modulacji sygnału. Jednak warunkiem podstawowym tego rodzaju pracy jest odtworzenie przez odbiornik odpowiednich parametrów sygnału zakłócanego, z czego jednoznacznie wynika, że skuteczne zakłócanie wiąże się ściśle z precyzyjnym rozpoznaniem sygnału zakłócanego.
3. Typowym mikrofalowym sygnałem zakłócającym są wysyłane w kierunku zakłócanych stacji radiolokacyjnych sygnały impulsowe (zmodulowane impulsowo) o parametrach zbliżonych do echa sygnałów sondujących (sygnały impulsowe są podstawowym rodzajem pracy większości współczesnych stacji radiolokacyjnych) zakłócanych stacji. W przypadkach kiedy oddziaływanie takich sygnałów nie daje zadowalających efektów można zastosować urządzenia generujące zakłócenia szumowe. W wielu urządzeniach istnieje również możliwość jednoczesnego stosowania więcej niż jednego rodzaju zakłóceń.
4. Modyfikacja zbiorów danych, dostępnych dla mikrofalowych detektorów systemów informacyjno - sterujących przeciwnika, realizowana może być przy wykorzystaniu własnych urządzeń promieniujących energię elektromagnetyczną w postaci sygnałów o formie częściowo zdeterminowanej parametrami zakłócanych detektorów (zakłócanie aktywne). Do modyfikacji zbiorów danych można również użyć echa sygnałów przeciwnika odbitego lub retransmitowanego przez rozmieszczone w przestrzeni elementy odbijające.
5. Zestawienie zakłóceń typowych dla aktywnego zakłócania radiolokacyjnych stacji wykrywania przedstawiono w tabeli 2.1.2.

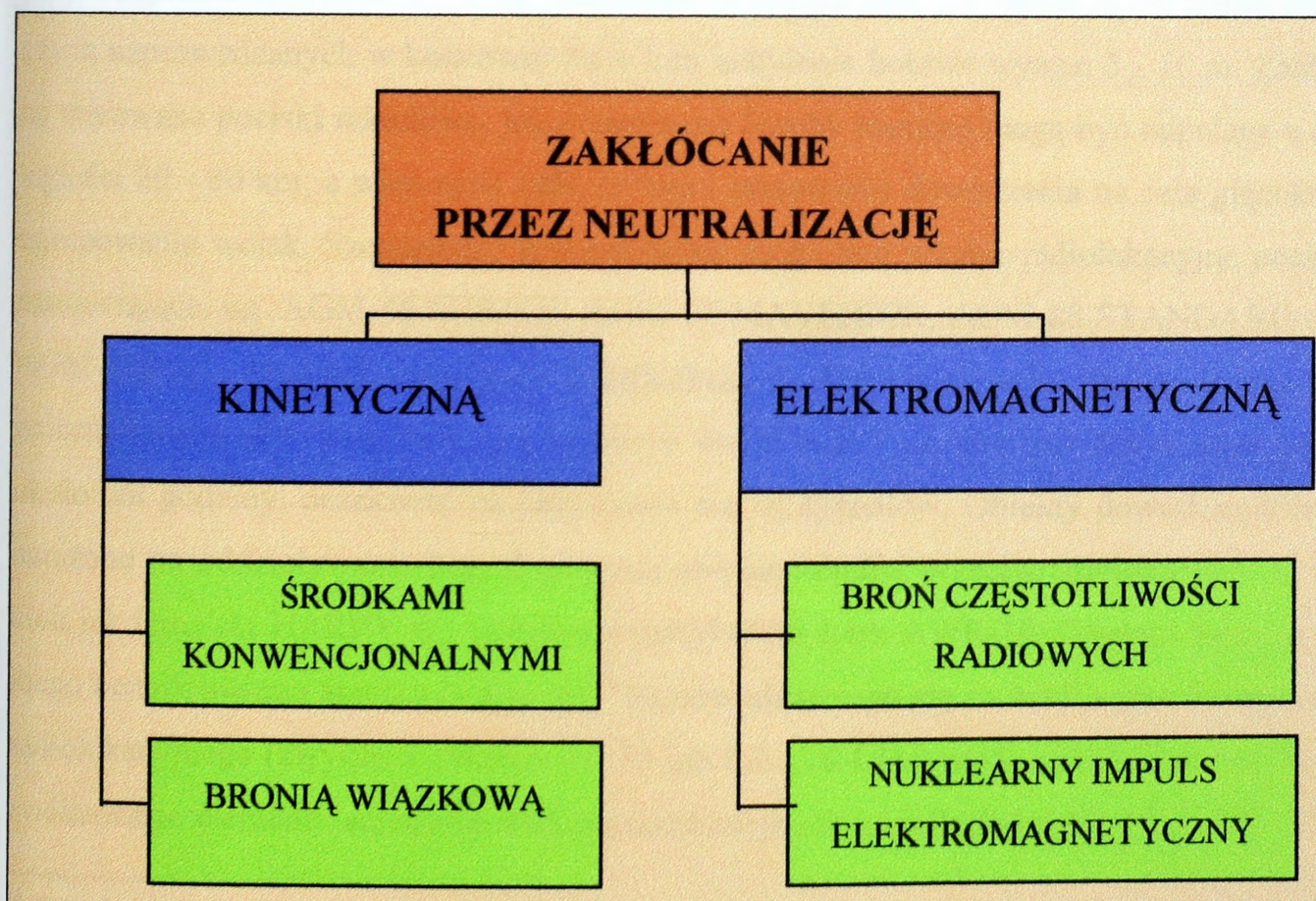
Tabela. 2.1.2

Rodzaj zakłóceń	Sposób realizacji	Efekty zakłócania
Wielokrotne zakłócenia synchroniczne	Przesłanie zwielokrotnionego sygnału odpowiadającego parametrami impulsom odbitym od rzeczywistych obiektów synchronicznie z okresem powtarzania impulsów zakłócającej stacji radiolokacyjnej	Wielokrotne znaczniki echa sygnału sondującego powodujące niejednoznaczność określenia położenia rzeczywistego obiektu
Pojedyncze impulsy zakłócające	Przesłanie repliki sygnału z określonym opóźnieniem.	Tworzenie zobrazowań nieistniejących obiektów.
Szumowe i chaotyczne impulsowe	Transmisja sygnału próbującego (lub nie) naśladować sygnał odebrany, lecz „przykrywającego” sygnał rzeczywisty	Maskowanie sygnałów użytecznych dla przeciwnika

2.1.2. Zakłócanie poprzez neutralizację elementów funkcjonalnych układów informacyjnych

Trwałe i ciągle dowodzenie wojskami w znacznej mierze uzależnione jest od żywotności systemu dowodzenia. W każdym rodzaju działań wojennych będzie on zawsze obiektem szczególnego zainteresowania przeciwnika, jego elementy są bowiem opłacalnymi i dogodnymi celami rozpoznania, ataku i niszczenia środkami ogniowymi, w tym broni precyzyjnej o zwiększonej sile działania, jądrowej chemicznej, środkami artyleryjsko-rakietowymi i lotnictwem. W przyszłości będzie on także obiektem ataków wykonywanych przy użyciu szeroko rozumianej broni elektromagnetycznej i wiązkowej.

Neutralizacja (czasem spotykane w literaturze zakłócanie niszczące lub destrukcyjne), w procesie zakłócania informacyjnego, ukierunkowana jest na eliminowanie u przeciwnika wybranych elementów systemu dowodzenia wojskami i kierowania uzbrojeniem. Może być realizowana drogą stosowania energii kinetycznej i energii elektromagnetycznej. Wynika z tego, że, ogólnie rozumiany, ten rodzaj zakłócania podzielić można na neutralizację kinetyczną i neutralizację elektromagnetyczną (rys.2.1.8).



Rys.2.1.8. Podział zakłócania przez neutralizację

Zakłócanie przez neutralizację kinetyczną realizowane może być w odniesieniu do elementów technicznych systemów dowodzenia i kierowania, jak również w odniesieniu do ich elementów funkcjonalnych. Realizowane może być za pomocą środków klasycznego niszczenia (pociski, bomby) jak również, szczególnie w przyszłości, za pomocą broni wiązkowej i laserowej. Zgodnie z kierunkiem rozwoju środków walki oraz współczesnymi koncepcjami operacyjnymi podstawowym środkiem oddziaływania ogniowego są systemy rozpoznawczo - uderzeniowe, będące obecnie lub w najbliższym czasie w uzbrojeniu nowoczesnych armii. Systemy rozpoznawczo - uderzeniowe mogą prowadzić rozpoznanie środków promieniujących energię elektromagnetyczną w całym zakresie częstotliwości, określić współrzędne celu w czasie kilkunastu sekund z dokładnością do kilkudziesięciu metrów i naprowadzić na cel z dokładnością do kilku metrów. Mogą one rozpoznawać i niszczyć składniki systemu dowodzenia, jako jedne z najbardziej opłacalnych obiektów uderzeń, we wszystkich okresach operacji obronnej zarówno w strefie operacyjnej, jak i taktycznej.

Kierowane pociski klasy P-Z (powietrze - ziemia) przy zastosowaniu telewizyjnych, laserowych czy termowizyjnych systemów sterowania umożliwiają porażenie pojedynczych wozów dowodzenia lub aparatowni łączności z prawdopodobieństwem 0,8 - 0,95 przy uchyleniu kołowym 1 - 6 m. Natomiast w odniesieniu do sterowanych bomb lotniczych naprowadzanych w końcowej fazie lotu uchylenie kołowe wynosi 5 - 10 m. Zarówno sterowane pociski raketowe, jak i sterowane bomby lotnicze mogą być odpalane z odległości 20 - 80 km, a więc razić cele, w tym i stanowiska dowodzenia na całą głębokość ugrupowania wojsk. Szczególnie niebezpieczne mogą być przeciwradiolokacyjne pociski manewrujące, np. AGM-45 SHRIKE, AGM-65 MAVERICK, AGM-88 STANDARD czy AGM-136 AT, odpalane z samolotu w odległości do 550 km od celu. Pociski te po osiągnięciu rejonu celu mogą od razu niszczyć stacje radiolokacyjne lub też, krążąc przez około pół godziny, oczekiwać na pojawienie się jej sygnałów. Obiekty dowodzenia będą narażone na oddziaływanie bezzałogowych minisamolotów przeciwradiolokacyjnych, takich jak izraelski HARPY czy południowoafrykański Lark AWR-10. Głowica bojowa takiego bezpilotowego aparatu latającego⁸⁹ naprowadzającego się na źródło promieniowania radiolokacyjnego (zwykle w zakresie 2 - 10 lub 0,7 - 18 GHz) może niszczyć podmuchem i odłamkami elementy antenowe stacji radiolokacyjnych na odległościach rzędu 300 - 400

⁸⁹ Bezzałogowy aparat latający - BAL (ang. UAV - Unmanned Aerial Vehicle) to zdalnie kierowany lub autonomiczny (półautonomiczny) środek latający, z napędem, zdolny do przenoszenia ładunku użytecznego o różnym przeznaczeniu, o zasięgu od kilku do kilkuset kilometrów i wysokości lotu do 20 000 m. Stosowane głównie do rozpoznania, mogą służyć również jako środek niszczenia celów.

km. Zasięg oddziaływania lotnictwa (do 1000 i więcej km) umożliwi rażenie składników systemu dowodzenia we wszystkich okresach zbrojnych działań wojennych, a w szczególności w początkowym okresie wojny. Z rażącym oddziaływaniem należy się liczyć szczególnie w okresie mobilizacyjnego rozwijania wojsk, w rejonach koncentracji i ześrodkowania, w czasie przesunięcia i przegrupowania, na rubieżach wejścia do walki, w rejonach głównego wysiłku obrony, na rubieżach opóźniania, podczas likwidacji desantów, wykonywania kontruderzeń i kontrataków, w czasie przepraw i forsowania przeszkód wodnych itp.

Wśród broni o zwiększonej sile rażenia będą wykorzystywane również bomby paliwowo – powietrzne (zastosowane z powodzeniem przez wojska koalicji antyirackiej podczas wojny w rejonie Zatoki Perskiej). Moc wybuchu obłoku aerozolu przewyższa 3-5 razy moc ładunku trotylu. Głównym czynnikiem rażenia jest fala uderzeniowa. Fala ta wywołana wybuchem 1000 kg bomby paliwowo-powietrznej w rejonach np. WSD ZT pierwszego rzutu spowoduje ich zniszczenie, zaś w rejonach SD ZT może zniszczyć jedną z jego grup (w tym środki dowodzenia i łączności), a przede wszystkim najbardziej wrażliwe systemy antenowe środków radiolokacyjnych.

Działanie broni wiązkowej opiera się na zasadzie wysyłania wiązki skoncentrowanej energii świetlnej (laser) lub cząstek elementarnych (naładowanych lub nie). Zarówno wiązką światła, jak i skoncentrowanym strumieniem cząstek można niszczyć selektywnie wybrane cele, również elektroniczne, na różnych odległościach – w zależności od mocy urządzenia. W chwili obecnej bardziej zaawansowane są prace nad bronią laserową, której różne odmiany wprowadza się już do uzbrojenia wojsk. Nie ulega wątpliwości, że w najbliższych latach prace nad bronią wiązkową będą w dalszym ciągu intensywnie prowadzone, a broń ta będzie, zdaniem wielu teoretyków, bronią przyszłości.

Problemy przy konstruowaniu broni wiązkowej związane są z propagacją wiązki. Z uwagi na istnienie silnych zewnętrznych pól elektrycznych i magnetycznych może występować zjawisko rozogniskowania wiązki złożonej z cząstek nieobojętnych elektrycznie (posiadających określonego rodzaju i wielkości ładunek elektryczny). Tego typu negatywne zjawiska nie występują w wypadku wykorzystania cząstek neutralnych, głównie atomów wodoru. W tym przypadku problemem technologicznym jest nadanie cząstkom odpowiedniej energii umożliwiającej wysłanie wiązki na duże odległości. Prowadzone dotychczas doświadczenia nad wykorzystaniem broni cząstek elementarnych wykazały, że może ona okazać się o wiele skuteczniejsza od broni laserowej. Cząstki elementarne przenikają bowiem przez obudowę urządzeń, powodując uszkodzenie układów elektronicz-

nych, eksplozję ładunków wybuchowych głowicy lub zapłon paliwa napędowego, przy czym nie wymaga to długiego utrzymywania wiązki na celu, tak jak ma to miejsce w wypadku lasera.

Przedstawiona powyżej broń laserowa i cząstkowa, ze względu na sposób jej działania i możliwości użycia, zalicza się bardziej do środków rażenia niż do środków *stricte* elektromagnetycznych.

Neutralizacja elektromagnetyczna, czasem nazywana niszczeniem energią elektromagnetyczną może być stosowana w odniesieniu do technicznych urządzeń elektronicznych oraz do zbiorów informatycznych, np. wykorzystywanych w zautomatyzowanych systemach dowodzenia wojskami i kierowania uzbrojeniem.

W swej istocie niszczenie energią elektromagnetyczną polega na emitowaniu silnych impulsów elektromagnetycznych, za pomocą których następuje chwilowe uszkodzenie lub trwałe zniszczenie urządzeń elektronicznych. Ten sposób zakłócania można zdefiniować jako ***celowe użycie energii elektromagnetycznej do chwilowego lub trwałego uszkodzenia tych urządzeń przeciwnika, których działanie opiera się na wykorzystaniu elementów elektronicznych.***

Nasycenie elektroniką broni, sprzętu wojskowego i infrastruktury, tworzących współczesne systemy walki, szerokie wykorzystanie złożonych układów i podzespołów elektronicznych (takich jak mikroprocesory, układy pamięci czy przetworniki sygnałowe) sprawia, że są to systemy wysoce wrażliwe na oddziaływanie powodujące przeciążenia energetyczne, zakłócenia i zniszczenia. Neutralizacja jako sposób zakłócania informacyjnego wykorzystuje tę wrażliwość, jaką cechują się przede wszystkim elementy współczesnych systemów informacyjnych.

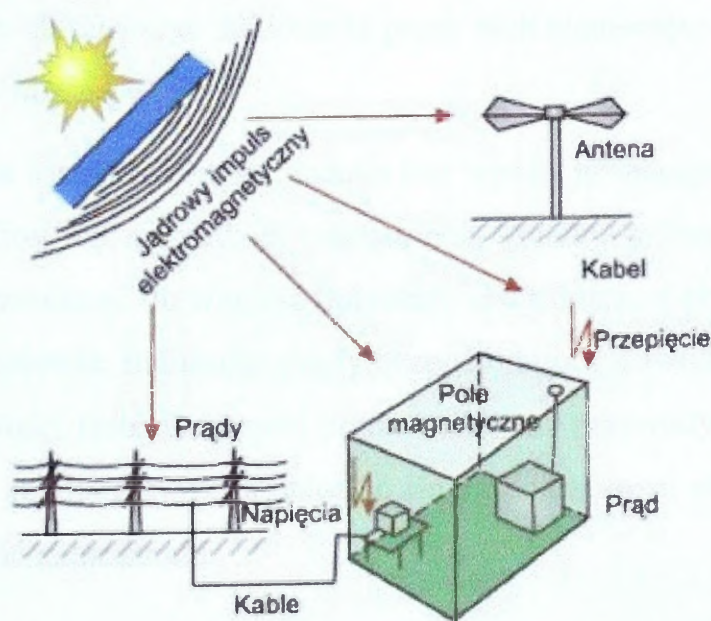
W definicji środków niszczenia elektromagnetycznego mieści się kilka rodzajów urządzeń często nazywanych ogólnie ***bronią fal elektromagnetycznych*** lub ***bronią częstotliwości radiowych*** (RFW – ang. Radio Frequency Weapons). Obecnie badania koncentrują się głównie na *generatorach mikrofalowych impulsów dużej mocy* (HPM - ang. High Power Microwave) i *generatorach szerokopasmowych sygnałów małej mocy* (UWB – ang. Ultra - Wide Band). Każdy z tych rodzajów broni będzie miał inne przeznaczenie i będzie selektywnie oddziaływał na ściśle określone cele.

Genezy tego rodzaju zakłócania należy szukać w efektach towarzyszących pierwszym próbom wybuchów atomowych, ponieważ bomba atomowa, a właściwie jej wybuch stał się pierwszym „generatorem” sztucznie wytworzonego niszczącego impulsu elektro-

magnetycznego. Reakcja rozpadu atomowego powoduje wyrzucenie w przestrzeń naładowanych elektromagnetycznie cząstek, których ruchowi towarzyszy pole magnetyczne. Indukuje ono w napotkanych przedmiotach metalowych prąd elektryczny o znacznej wartości napięcia, niszczący układy elektroniczne.

Już w czasie przeprowadzanych w początku lat 50-tych próbnych wybuchów jądrowych naukowcy amerykańscy odkryli obecność towarzyszących im niezwykle silnych impulsów elektromagnetycznych, pokrywających praktycznie całe pasmo częstotliwości radiowych. Impulsy te były w stanie indukować w obwodach elektrycznych i systemach elektronicznych wartości napięć i natężenia prądu powodujące katastrofalne uszkodzenia urządzeń elektrycznych, a zwłaszcza systemów łączności - z zasady bardzo wrażliwych na zewnętrzne zakłócenia. Zjawisku temu nadano nazwę „Jądrowego Impulsu Elektromagnetycznego” - NEMP (Nuclear Electro-Magnetic Pulse).

Mechanizm powstawania NEMP związany jest z elementarnymi procesami zachodzącymi z udziałem promieniowania jądrowego i cząstek elementarnych, a w szczególności z „rozproszeniem Comptonowskim”. Mówiąc w ogromnym uproszczeniu - tory tych elektronów, powstających pod wpływem promieni gamma, ulegają zakrzywieniu w magnetycznym polu ziemskim, wypromieniowując przy tym energię w postaci pola elektromagnetycznego.



Rys. 2.1.9. Oddziaływanie NEMP na urządzenia elektryczne

Specjaliści szybko dostrzegli w tym zjawisku możliwość stworzenia broni będącej w stanie uszkodzić infrastrukturę telekomunikacyjną i energetyczną przeciwnika - bez stwarzania bezpośredniego zagrożenia dla ludzi. Wystarczy tylko na wysokości 40 - 100 kilometrów nad terytorium wroga dokonać wybuchu jądrowego, aby towarzyszący mu

NEMP w promieniu ponad 1000 km mógł spowodować nieodwracalne uszkodzenia urządzeń elektrycznych i systemów elektronicznych, zwłaszcza komputerowych. Sam wybuch jądrowy - poza silnym błyskiem światła - nie wywołałby istotnych zniszczeń materialnych, nie byłoby fali uderzeniowej burzącej budynki, a ilość radiacji docierającej do powierzchni ziemi i skażenia promieniotwórcze byłyby mniejsze aniżeli przy wybuchu na małej wysokości. Zasadniczą jednak wadą zastosowania tego rodzaju broni była jednak groźba wywołania konfliktu nuklearnego w pełnej skali.

W latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku rozpoczął się intensywny rozwój technik pozwalających na wytwarzanie impulsów promieniowania elektromagnetycznego wielkiej mocy (rzędu gigawatów) sposobami nienuklearnymi (NN – EMP, ang. Non – Nuclear EMP).

Kluczem do skonstruowania takiej broni według współczesnego stanu wiedzy jest generowanie krótkotrwałych impulsów prądu elektrycznego o dużym natężeniu. Skierowanie takich impulsów do anteny spowoduje wypromieniowanie potężnej fali elektromagnetycznej o szerokim paśmie częstotliwości. Obwody elektryczne znajdujące się w określonym „polu rażenia” zaabsorbują energię, którą ta fala przenosi i mogą ulec uszkodzeniu lub się po prostu „spalić”. Przeciętne wartości energii impulsu jedno – mikrosekundowego powodującego trwałe uszkodzenie elementów elektronicznych przedstawiono w tabeli 2.1.3⁹⁰. Ocenia się, że do chwilowego zakłócenia pracy tych elementów wystarczą impulsy o energii 10 do 100 razy mniejszej.

Ponieważ energia kwantu promieniowania jest wprost proporcjonalna do częstotliwości, z zakresu fal radiowych najbardziej niszczące są impulsy mikrofal, które dodatkowo mogą z łatwością przeniknąć do wnętrza aparatury elektronicznej przez otwory wentylacyjne lub szpary w obudowie, indukując prądy bezpośrednio w obwodach elektrycznych. Fale niższych częstotliwości (megahercowe) poprzez złącza i przewody zasilające, działające podobnie do anten, również mogą przedostać się do podłączonej elektroniki i spowodować tam nieodwracalne zniszczenia.

⁹⁰ Dane na podstawie: D. J. Bem, „Impulsowe narażenia elektromagnetyczne”, Krajowe Sympozjum Telekomunikacji, Bydgoszcz 1993, s. 91 – 104.

**Wartości energii impulsu $1\mu\text{s}$ powodującego trwale uszkodzenie
elementów elektronicznych**

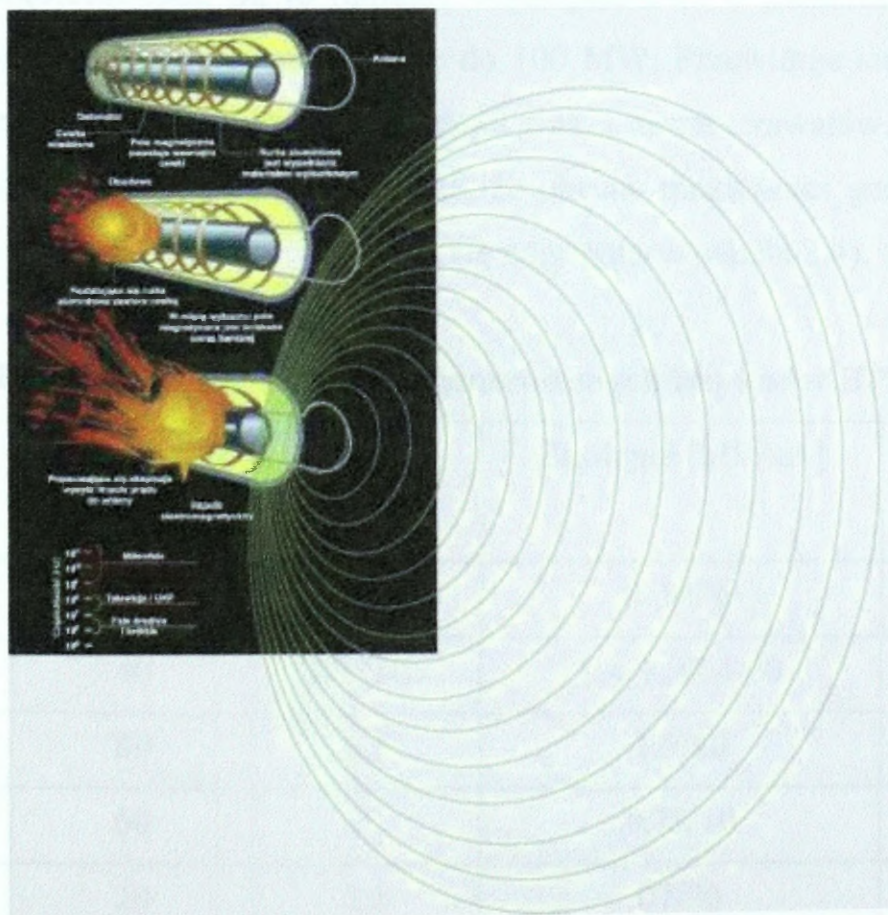
Element elektroniczny	Wartość energii [mJ]
Lampa elektronowa	$1 - 10^4$
Rezystor drutowy	10^3
Rezystor węglowy	50
Przełącznik	$10 - 10^3$
Rezystor cienkowarstwowy	$10^{-1} - 10$
Dioda prostownicza	$10^{-1} - 100$
Dioda Zenera	$10^{-1} - 100$
Tranzystor dużej mocy	$10^{-1} - 10$
Dioda przełączająca	$10^{-2} - 1$
Tranzystor małej mocy	$10^{-2} - 1$
Układ scalony LSI	$10^{-2} - 1$
Dioda mikrofalowa	$10^{-4} - 10^{-2}$
Układ scalony VLSI	$10^{-6} - 10^{-3}$

Do wytworzenia mikrofal potrzebny jest niezwykle krótki impuls elektryczny, trwający około 100 pikosekund, czyli jedną dziesięciomiliardową sekundy. (Warto sobie uświadomić, że w takim czasie światło przebywa odległość wynoszącą 3 centymetry.) Takie impulsy można wytwarzać za pomocą urządzenia zwanego generatorem Marxa. W zasadzie jest to drabina kondensatorów ładowanych równolegle, a następnie - wykorzystując superszybkie przełączniki - rozładowywanych przy połączeniu szeregowym. Powstające podczas rozładowania impulsy trwające setki pikosekund wystarczy skierować do anteny, która wypromieniuje błysk elektromagnetycznej energii. Lotnictwo Armii Stanów Zjednoczonych w swoich laboratoriach na takiej zasadzie zamierza stworzyć broń niszcząca elektronikę nadlatującego samolotu lub rakiety wroga.

Potężne impulsy, choć jednorazowe, można wytwarzać używając zwykłego materiału wybuchowego. Energię zgromadzoną w kilogramie trotylu (TNT) można przekształ-

cić w potężny impuls mikrofalowy za pomocą urządzenia zwanego kompresorem strumienia. Urządzenie to wykorzystuje energię eksplozji aby skupić pole magnetyczne, towarzyszące impulsowi prądu, w co raz mniejszej objętości. Na końcu taki impuls, trafiając do anteny, wytwarza potężny impuls fal radiowych i mikrofal.

Prostota zasady działania i konstrukcji koncentratora strumienia jest wręcz szokująca. Wystarczy wziąć rurkę metalową, wypełnić ją materiałem wybuchowym z detonatorem. Następnie rurkę umieszcza się wewnątrz cylindrycznej cewki indukcyjnej, do której - na przeciwległym końcu względem detonatora - podłączona jest antena. Na początku przez cewkę trzeba przepuścić prąd elektryczny, co powoduje powstanie wewnątrz niej pola magnetycznego. Potem zapłon detonatora pobudza materiał wybuchowy, którego eksplozja rozchodzi się wzdłuż rurki z prędkością około 6000 metrów na sekundę. Gdybyśmy mogli przyjrzeć się temu procesowi w zwolnionym tempie, to zobaczylibyśmy, że w momencie zapłonu inicjującego eksplozję fala uderzeniowa zaczyna niszczyć całe urządzenie, rozrywając stopniowo wewnętrzną metalową rurkę. Odkształcony metal rurki zwiiera kolejne zwoje cewki powodując koncentrację pola magnetycznego, wytwarzanego przez płynący w niej prąd. W miarę przesuwania się czoła fali uderzeniowej do przodu zachodzi kompresja pola magnetycznego w co raz to mniejszej objętości obszaru jeszcze nieuszkodzonego.



Rys. 2.1.10. Ilustracja powstawania impulsu elektromagnetycznego na drodze wybuchowej

Towarzyszy temu ogromny wzrost natężenia prądu elektrycznego w cewce znajdującej się przed falą wybuchu. Natężenie impulsu prądowego, trwającego setki pikosekund, narasta do milionów amperów. Wreszcie - tuż przed całkowitym zniszczeniem urządzenia siłą eksplozji - impuls prądowy pobudza antenę, która zgromadzoną energię rzędu terawatów wypromieniowuje na zewnątrz.

Zasadniczą wadą tego sposobu generowania impulsów elektromagnetycznych jest jednorazowość wykorzystywanych urządzeń, z kolei zasadniczą zaletą łatwość wykonania i dostępność technologiczna i materiałowa. Stosownie do ocen niektórych specjalistów koncentrator strumienia zdetonowany na wysokości kilkuset metrów nad ziemią jest w stanie unieszkodliwić elektronikę w promieniu 500 metrów.

Prowadzone są również próby z wytwarzaniem impulsów elektromagnetycznych w oparciu o techniki wytwarzania relatywistycznych wiązek elektronów wielkiej mocy. Techniki te umożliwiają generowanie promieniowania mikrofalowego o czasie trwania od 10^{-8} do 10^{-6} sekundy w zakresie częstotliwości 1 - 12 GHz. Technologie te są wykorzystywane do budowy generatorów z wirtualną katodą, tzw. wiraktorów (*Viractor - Virtual Cathode Oscillator*) i relatywistycznych magnetronów.

Impuls mikrofalowy HPM ma charakter pojedynczego impulsu lub ciągu impulsów wielkiej częstotliwości. Są to impulsy wąskopasmowe o częstotliwości środkowej z zakresu 4 - 30 GHz i o mocy w impulsie do 100 MW. Przewiduje się, że już wkrótce możliwa będzie generacja impulsu o mocy rzędu giga, a nawet terawatów.

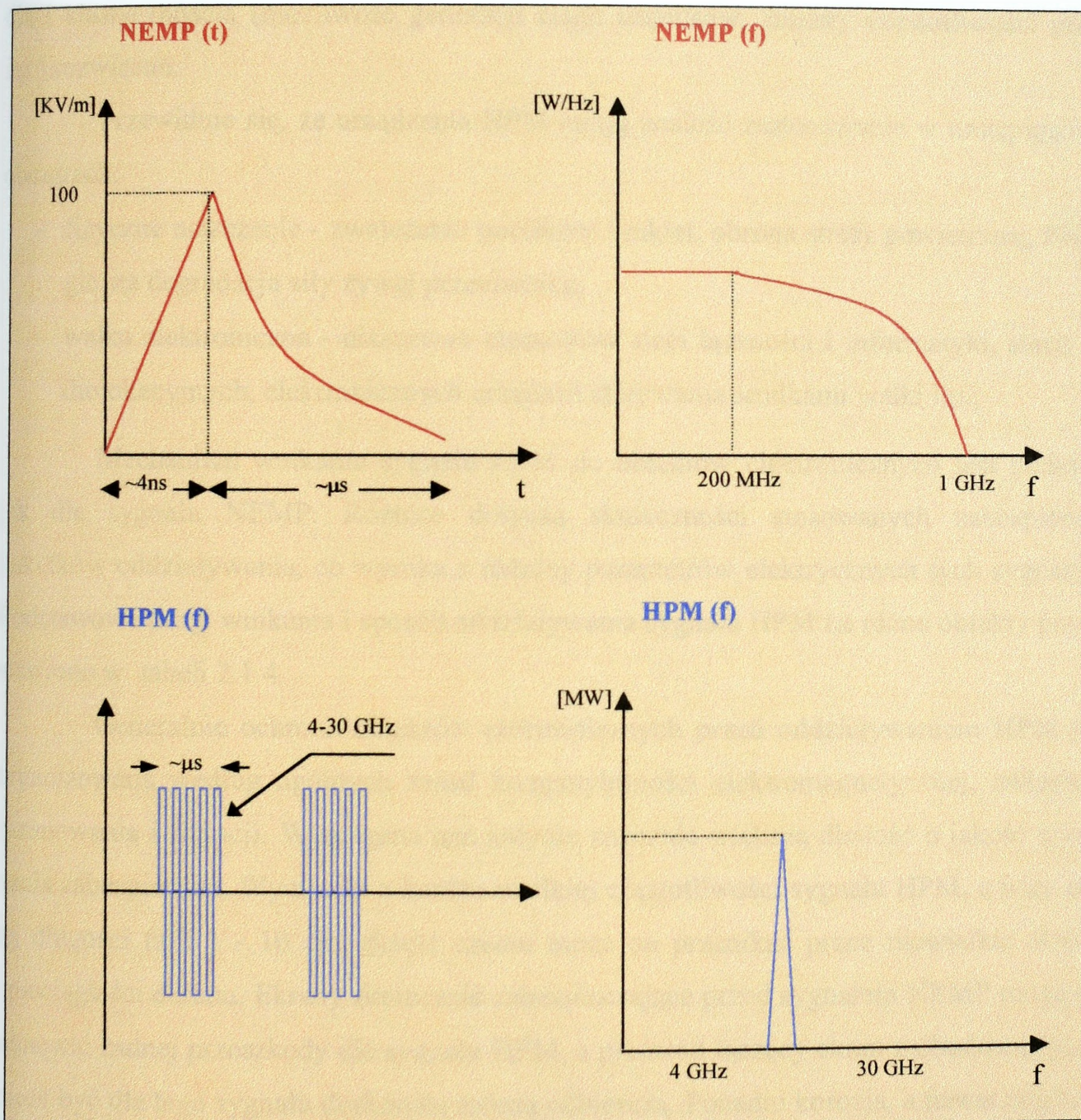
Z analizy dostępnej literatury wynika, że obecne możliwości generacji impulsów mikrofalowych wielkiej mocy przedstawiają się następująco (tabela 2.4).

Tab. 2.4.

Parametry doświadczalnie generowanych impulsów HPM

Moc [GW]	Długość impulsu [ns}	Pasmo [GHz]	Zasilanie [MV/kA]	Rodzaj generatora
0,35	30	8-12GHz	0,9/70	Viractor
1,4	40	3,9 GHz	1,4-1,9/14-20	-//-
4	80	6,5	1,5/80	-//-
0,5	60	1	0,75/10	Magnetron
3,2	20	2,8	07/20	-//-
6,9	20 - 40	4,5	1,2/50	-//-

Dokonując analizy porównawczej impulsów elektromagnetycznych generowanych w sposób wybuchowy (nuklearny NEMP) i w sposób elektroniczny (HPM), możemy stwierdzić, że w dziedzinie czasu impuls NEMP (rys. 2.1.114.) charakteryzuje się czasem narastania rzędu 3-10 ns i czasem opadania rzędu milisekund. W szczycie impulsu składowa elektryczna pola może osiągnąć wartość ok. 50 kV/m. Natomiast sygnał HPM ma postać impulsu (ciągu impulsów) o czasie trwania rzędu mikrosekundy, wypełnionego sygnałem sinusoidalnym o częstotliwości 3 - 30 GHz.



Rys. 2.1.11. Parametry widmowe i czasowe impulsów NEMP i HPM

W dziedzinie częstotliwości sygnał NEMP ma widmo ciągłe o szerokości listków około 1 GHz. Główna część energii tego impulsu jest zgromadzona w zakresie do 200 MHz. Natomiast sygnał HPM ma postać sygnału wąskopasmowego (praktycznie poje-

dynczego prąжка). Częstotliwość środkowa tego sygnału zależy od przyjętych rozwiązań technologicznych i, jak już wcześniej podano, jest zwykle wybierana z zakresu częstotliwości 3 - 30 GHz.

W zależności od mocy i częstotliwości powtarzania impulsu, urządzenia HPM mogą być montowane na pojazdach, samolotach, w rakietach i pociskach. Mogą być także wykonane w wersji przenośnej w postaci walizki. Szczegóły techniczne rozwiązań takich urządzeń nie są publikowane. Wiadomo jedynie, że w ostatnich latach są prowadzone intensywne badania nad doskonaleniem technologii generacji impulsu oraz nad miniaturyzacją i elastycznością (możliwość generacji ciągu impulsów, zmiany częstotliwości pracy itp.) rozwiązań.

Przewiduje się, że urządzenia HPM mogą znaleźć zastosowanie w następujących obszarach:

- fizyczne niszczenie - zwalczanie pocisków i rakiet, obrona strefy powietrznej, biologiczna degradacja siły żywej przeciwnika;
- walka elektroniczna - niszczenie elementów sieci łączności i informatyki, stacji radiolokacyjnych, elektronicznych urządzeń sterowania środkami walki itp.;

Mechanizm wnikania sygnału HPM do obiektów elektronicznych jest podobny jak dla sygnału NEMP. Różnice dotyczą skuteczności stosowanych zabezpieczeń i skutków oddziaływania, co wynika z różnicy parametrów elektrycznych tych sygnałów. Podstawowe drogi wnikania i sposób oddziaływania sygnału HPM na różne obiekty przedstawiono w tabeli 2.1.4.

Generalnie ochrona obiektów elektronicznych przed oddziaływaniem HPM jest organizowana według ogólnych zasad kompatybilności elektromagnetycznej, zwłaszcza ekranowania i filtracji. Wymagana jest jedynie znacznie większa dbałość o jakość wykonania zabezpieczeń. Wynika to z bardzo wielkiej częstotliwości sygnału HPM, a więc małej długości fali: 1 - 10 cm, dzięki czemu może on przenikać przez niewielkie otwory i nieciągłości ekranu. Ekran skutecznie zabezpieczający przed sygnałem NEMP mogą nie stanowić żadnej przeszkody dla sygnału HPM, a przewód łączący ekran z obudową złącza może być dla tego sygnału doskonałą anteną odbiorczą. Ponadto korozja, a nawet migracja materiałów w uszczelkach mogą powodować miniaturowe nieciągłości, przez które może wniknąć sygnał HPM. Zasadniczą różnicą w zastosowaniu militarnym impulsów generowanych w sposób elektroniczny w stosunku do generowanych metodą wybuchową jest możliwość ich ścisłego ukierunkowania, działania selektywnego w odróżnieniu od bezkie-

runkowego „totalnego” oddziaływania w określonej przestrzeni, charakterystycznego dla metod wybuchowych.

Tabela 2.1.4

Oddziaływanie sygnału HPM na obiekty

Obiekt rażenia	Drogi wnikania	Skutki oddziaływania
Obiekty elek- troniczne	<ul style="list-style-type: none"> – anteny; – kable i przewody metalowe; – otwory i nieciągłości w ekranach elektromagnetycznych 	<ul style="list-style-type: none"> – spalanie układów elektro- nicznych; – kasowanie pamięci; – zapłon materiałów (izolacji, obudowy itp.)
Paliwa i mate- riale wybucho- we	<ul style="list-style-type: none"> – otwory w konstrukcjach me- talowych; – przewody metalowe. 	<ul style="list-style-type: none"> – zapłon i detonacje
Organizmy żywe (ludzie)	<ul style="list-style-type: none"> – wnikanie i propagacja wzdłuż wewnętrznych organów ciała; – wzbudzanie prądów wirowych w małych przedmiotach me- talowych stanowiących ele- menty ubioru lub wyposaże- nia. 	<ul style="list-style-type: none"> – spalanie elementów ubrania lub wyposażenia (przy raże- niu ciągiem impulsów); – degradacja biologiczna trwała (przy gęstości energii 20 - 100 J/cm²) lub przej- ściowa (do 100 mJ/cm²)

Generatory szerokopasmowe sygnałów małej mocy⁹¹ wytwarzają sygnały impulsowe w wielokrotnie szerszym paśmie częstotliwości niż w wypadku HPM, ale o znacznie mniejszej mocy (rzędu dziesiątków megawatów). Stanowią one najbardziej zaawansowaną technologicznie grupę broni częstotliwości radiowych. Pomimo podobieństwa w technicznej realizacji inny jest udział dominującego czynnika oddziaływania na cel. O ile w wypadku emiterów HPM jest to głównie impuls elektromagnetyczny z udziałem czynnika termicznego⁹², czynnika interferencji elektromagnetycznej oraz także efektu gorącej pla-

⁹¹ Mała moc jest w tym wypadku pojęciem względnym ponieważ za impulsy dużej mocy w tej dziedzinie techniki uważa się dopiero impulsy, których moc przekracza 100MW.

⁹² Efekty prawie takie jak w domowej kuchence mikrofalowej.

zmy⁹³ i promieniowania jonizującego, o tyle w wypadku opisywanego emitera głównym czynnikiem jest interferencja elektromagnetyczna z niewielkim udziałem impulsu elektromagnetycznego i efektu termicznego. Impulsy małej mocy nie powodują zatem zniszczenia podzespołów i układów elektronicznych a jedynie zakłócenia ich pracy lub co najwyżej uszkodzenie. Ich szerokopasmowy charakter pozwala na oddziaływanie nawet przy braku danych o charakterystykach częstotliwościowych urządzeń stanowiących cele, stwarzając możliwość oddziaływań interferencyjnych w którymś z odcinków szerokiego pasma emitowanych sygnałów. Głównym ich zadaniem jest zakłócanie prewencyjne celów o nierozpoznanych wcześniej parametrach, nie zaś ich niszczenie. Energetyczne oddziaływanie tych sygnałów polega na interferencji elektromagnetycznej z częstotliwościami własnymi (rezonansowymi) układów elektrycznych i elektronicznych celu lub na wytwarzaniu lokalnego szerokopasmowego impulsu elektromagnetycznego. Można je stosować do zakłócania i uszkodzania układów elektronicznych stanowisk dowodzenia i łączności, środków kierowania bronią, w tym także artylerii i wozów bojowych, a także układów elektronicznych samolotów, śmigłowców i pocisków raketowych. Urządzenia tego typu mogą być instalowane w pociskach raketowych i bombach lotniczych oraz wystrzeliwane za pomocą środków artyleryjskich i granatników.

W niedalekiej przyszłości broń ta może okazać się jednym z najbardziej skutecznych środków obezwładniania radioelektronicznego, szczególnie w stosunku do tych urządzeń, które mają skuteczne zabezpieczenia przed innymi środkami i metodami obezwładniania. Ocenia się, że prawdopodobieństwo użycia takiej broni może być dużo większe niż NEMP. Dotyczy to szczególnie rozwiązań w postaci przenośnych, walizkowych urządzeń, które mogą być wykorzystane przez grupy sabotażowe lub terrorystyczne. Za pomocą takiego przenośnego urządzenia, z niewielkiego wzniesienia można spowodować całkowite spustoszenie w pamięci komputerów tak dużego miasta jak Nowy Jork. Według doniesień, na przykład Komisji Szumu Elektromagnetycznego i Zakłóceń w Międzynarodowej Unii Radiotechniki w Gent w Belgii, przestępcy już korzystali z broni mikrofalowej. Doniesienia z Rosji sugerują, że tego rodzaju urządzenia były używane do unieszkodliwiania systemów zabezpieczających w bankach oraz do przerywania łączności policyjnej. Inny raport podaje, że celem takiego ataku był również pewien londyński bank.

⁹³ Silnie zjonizowany gaz o bardzo wysokiej temperaturze i gęstości powodującej, że w pobliżu każdego ładunku znajduje się tak dużo ładunków przeciwnego znaku, że ekranują one wytwarzane przez niego pole elektryczne. Plazma może powodować niszczenie uzbrojenia i techniki wojskowej, a także porażać załogi wozów bojowych i samolotów w wyniku zjawiska ablacji zachodzącego w przypadku uderzenia wiązką energii dużej mocy w atakowaną powierzchnię i wytworzenia w materiale fali uderzeniowej.

Wnioski do podrozdziału 2.1.

1. Broń elektromagnetyczna jest zdolna do bezpośredniego i niemal natychmiastowego rażenia lub zakłócenia urządzeń systemów informacyjno –sterujących przeciwnika równie skutecznie jak środki o działaniu kinetycznym. Przewyższa środki klasyczne szybkością działania i skrytością, powodując trudności w wykryciu zarówno przygotowań do jej użycia, jak i samego faktu jej wykorzystania.
2. Badania nad bronią impulsową wskazują, że należy zwrócić szczególną uwagę na ten problem. Impuls EM powoduje krótkotrwałe wzbudzenie dużych napięć i prądów w aparaturze elektronicznej, powodując uszkodzenie (przegrzewanie) wrażliwych elementów tej aparatury (układy scalone, tranzystory, cewki itp.). Bomby impulsowe charakteryzują się dużymi mocami promieniowania, ponad tysiąc razy większymi niż generują klasyczne środki walki elektronicznej.
3. Współczesne urządzenia elektroniczne znacznie łatwiej uszkodzić, aniżeli starsze modele. Nowoczesne komputery są delikatniejsze niż na przykład stare środki automatyzacji. Sprzyja temu choćby np. obniżanie roboczych napięć mikroprocesorów i zwiększanie ich szybkości oraz plastikowe obudowy, zamiast szczelnych blaszanych.
4. Przy obecnym stanie rozwoju urządzeń HPM możliwe do wykorzystania są dwie metody generacji impulsu:
 - generacja eksplozyjna (wybuchowa);
 - elektroniczny układ generacji.
5. Niedostatkami broni elektromagnetycznej jest to, że trudno mieć gwarancję, że jej użycie spełniło swoje zadanie. Nie można bowiem przewidzieć, jakie zniszczenia taka broń spowoduje.
6. Potencjał naukowo-badawczy wielu państw pozwala na wprowadzenie do uzbrojenia broni fal radiowych. Nie można wykluczyć pozyskania tego typu broni również przez terrorystów.
7. Użycie broni elektromagnetycznej pozwala na znaczne zwiększenie pola rażenia w przypadku atakowania środków elektronicznych, ponieważ zasięg oddziaływania elektromagnetycznego znacznie przewyższa zasięg rażenia fali uderzeniowej i odłamków.

2.2. Kryteria oceny efektywności mikrofalowego zakłócania informacyjnego

Środki zakłócania informacyjnego zgodnie ze swoim przeznaczeniem mogą być przyczyną zmiany ilości danych dostarczanych do obiektu lub przechowywanych w obiekcie zakłócania. Zarówno zmiana ilości, jak i jakości danych na wejściach zakłócanego systemu informacyjnego jak też zmiana ilości danych przechowywanych w tym systemie może prowadzić do jakościowych zmian w funkcjonowaniu tego systemu, a w konsekwencji do obniżenia możliwości bojowych wspieranego przez system informacyjny systemu (systemów) walki. Zmniejszanie efektywności bojowej wojsk przeciwnika przez zmianę ilości i jakości danych w jego systemach informacyjno – sterujących przy wykorzystaniu fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego można uznać za podstawową zasadę opisywanej w dysertacji działalności.

Do oceny jakości realizacji zadań stawianych przed mikrofalowym zakłócaniem informacyjnym, rozumianym jako system kooperujący negatywnie z systemami informacyjno – sterującymi przeciwnika, wykorzystać można dwie klasy kryteriów: informacyjne i operacyjno – taktyczne.

Kryteria informacyjne pozwalają ocenić jakość konkretnych sygnałów zakłócających i przedsięwzięć skierowanych na pozbawienie przeciwnika do użytecznych danych.

Kryteria operacyjno - taktyczne są punktem wyjścia przy opracowywaniu zasad wyposażania wojsk w urządzenia zakłócające, pozwalając między innymi określać potrzeby i możliwości stosowania określonych środków na konkretnych szczeblach dowodzenia w odniesieniu do zakładanych celów, warunków i sposobów działania. Kryteria te pozwalają jednocześnie na określenie jakości przedsięwzięć zakłócania w walce i operacji.

Do **kryteriów informacyjnych** mogących mieć zastosowanie do oceny jakości zakłócania zalicza się: kryterium entropii sygnału zakłócającego, kryteria energetyczne i kryterium straty danych⁹⁴.

Kryterium entropii sygnału zakłócającego najbardziej przydatne jest do oceny jakości maskujących zakłóceń stacji radiolokacyjnych pracujących metodą „poszukiwania” stosowanych w ramach zakłócania rozpoznania. Sygnały te powinny przy określonych fizycznych i operacyjnych ograniczeniach uniemożliwiać wykrywanie przez stacje radio-

⁹⁴ Rozważania na temat wykorzystania kryteriów zakłóceń przeprowadzono na podstawie: S.A. Wakin, L.N. Szustow, Zasady przeciwdziałania radioelektronicznego, MON, Warszawa 1970.

lokacyjne przeciwnika sygnału użytecznego z prawdopodobieństwem większym od określonej wartości.

Idealnym zakłócaniem maskującym byłoby to, przy którym a posteriori, tzn. po odbiorze sygnału użytecznego, w systemie informacyjnym zachowuje się nieokreśloność a priori, przy zachowaniu warunku powtarzalności sytuacji w określonym okresie. Niezbędnym warunkiem prawidłowego działania systemów pozyskiwania danych jest wiedza a priori o sygnale użytecznym. Poziom tej wiedzy może być różny, jednak pewne wiadomości o sygnałach użytecznych i o rozkładach prawdopodobieństwa poszczególnych postaci sygnałów należących do danej klasy muszą być dostępne w celu umożliwienia prawidłowego działania systemu informacyjnego. Powyższy fakt w zasadzie wyklucza użycie w celu zakłócenia sygnałów deterministycznych, ponieważ mogą być one łatwo rozpoznane przez przeciwnika, a w konsekwencji nie tylko nie zwiększyć⁹⁵ nieokreśloności w systemie, ale spowodować jej zmniejszenie. Założyć więc należy, że maskujące sygnały zakłócające powinny zawierać elementy nieokreśloności. Im większa będzie ta nieokreśloność przy nałożonych ograniczeniach, tym mniejsze potencjalne możliwości eliminacji sygnałów zakłócających ma przeciwnik i przy większej nieokreśloności musi podejmować decyzję.

W teorii ogólnej miara nieokreśloności zmiennej losowej lub procesu przypadkowego określana jest mianem entropii⁹⁶. Oznaczana jest symbolem „H” i zapisywana równaniem:

* dla rozkładu dyskretnego (skokowa zmienna losowa o skończonej liczbie realizacji):

$$H(X_d) = -\sum_{i=1}^n p_i \log p_i \quad (2.2.1)$$

gdzie:

X_d - dyskretna zmienna losowa;

p_i - prawdopodobieństwo i-tej realizacji dyskretnej zmiennej losowej X_d ;

n - liczba realizacji zmiennej losowej;

* dla rozkładu ciągłego:

⁹⁵ Zwiększenie nieokreśloności rozumiane jako kompensacja zmniejszenia w efekcie odebrania sygnału użytecznego.

⁹⁶ Słowo „entropia” po raz pierwszy użyte zostało przez Clausiusa w 1876r. Później tym samym słowem nazwano funkcję opisującą stan układu termodynamicznego i jego zmiany. Związek entropii stosowanej w termodynamice z ilością informacji obszernie zinterpretował Shannon w 1948r.

$$H(X_c) = - \int_{-\infty}^{\infty} p(x) \cdot \log p(x) dx \quad (2.2.2)$$

gdzie:

X_c - ciągła zmienna losowa;

$p(x)$ - gęstość prawdopodobieństwa realizacji ciągłej zmiennej losowej X_c ;

* dla rozkładu ciągłego wielowymiarowego:

$$H(X_{cw}) = - \int_{-\infty}^{\infty} \cdots \int_{-\infty}^{\infty} p(x_1, \dots, x_n) \cdot \log p(x_1, \dots, x_n) dx_1, \dots, dx_n \quad (2.2.3)$$

gdzie:

X_{cw} - ciągła wielowymiarowa zmienna losowa;

$p(x_1, \dots, x_n)$ - gęstość prawdopodobieństwa realizacji ciągłej zmiennej losowej X_{cw} ;

W przypadku zastosowania wielkości entropii jako kryterium, z dwóch zakłóceń nieróżniących się pozostałymi parametrami lepsze jest to, którego entropia jest większa.

Zastosowanie tego kryterium jako miary jakości maskujących sygnałów zakłócających pozwala ocenić potencjalne możliwości zakłóceń, niezależnie od konkretnych sposobów ich przetwarzania w zakłócanych urządzeniach. Wymagana jest jedynie znajomość rozkładów realizacji a posteriori.

W wypadku zakłóceń pozorujących jakość zakłóceń określa się przez porównanie entropii warunkowych dla celu rzeczywistego i celu pozorowanego (imitowanego). Rozpatruje się sygnał pochodzący od celu jako wektor w przestrzeni wielowymiarowej o współrzędnych określanych przez zbiór niezależnych parametrów rzeczywistego celu. Ponieważ parametry te nie są wielkościami całkowicie zdeterminowanymi, lecz przypadkowymi funkcjami czasu lub zmiennymi losowymi, dla których zbiory realizacji są zbiorami wartości cechy dla wszystkich możliwych celów, do zbioru wartości określającej wektor opisujący pozorowany cel należy również wprowadzić elementy nieokreśloności. Drogą matematycznej analizy określonych dla jednej przyjętej cechy (parametru) warunkowych zmiennych losowych dla celu rzeczywistego i pozorowanego oraz przyporządkowanych im odpowiednich entropii (średnich entropii warunkowych w przy rozpatrywaniu całego zbioru rzeczywistych celów) można określić jakość imitacji (aproxymacji) rzeczywistego celu za pomocą celu pozorowanego.

Wielkość tę określa się jako różnicę entropii warunkowej (średniej entropii warunkowej) konkretnej cechy dla fałszywego celu i entropii warunkowej tej samej cechy dla

celu rzeczywistego. Wartość zerowa tej różnicy, czyli równość entropii warunkowych jest warunkiem koniecznym i wystarczającym do tego, aby pozorny cel w odniesieniu do badanej cechy całkowicie imitował cel rzeczywisty.

W sposób bardziej obrazowy powyższe rozumowanie przedstawić można w odniesieniu do wykrywania celów przez pojedynczą stację radiolokacyjną. Do chwili wykrycia celu występuje w tym wypadku nieokreśloność a priori, cel może się pojawić (zostać wykryty) w każdym elemencie przestrzeni (przestrzennym elemencie rozróżnialności) obserwowanej przez tę stację radiolokacyjną. Oznaczając przez A_i zdarzenie polegające na pojawieniu się celu w i -tym elemencie przestrzeni, a przez P_i prawdopodobieństwo tego zdarzenia, można zdefiniować zbiór losowych zdarzeń stanowiący wiadomość a priori o celu.

$$A = \begin{pmatrix} A_1, \dots, A_i, \dots, A_n \\ P_1, \dots, P_i, \dots, P_n \end{pmatrix} \quad (2.2.4)$$

Ilościową miarą nieokreśloności tego zbioru jest entropia, określana przedstawionym wcześniej wzorem:

$$H(A) = -\sum_{i=1}^n P_i \log P_i \quad (2.2.5.)$$

Jeżeli stacja radiolokacyjna pracowałaby bez zakłóceń, to w wyniku obróbki odebranych w jednym (lub więcej) cyklu obserwacji, nieokreśloność a priori została by całkowicie usunięta, powodując zerową wartość nieokreśloności a posteriori $H(B)$. Uzyskalibyśmy w tych okolicznościach pełne (wyczerpujące) wiadomości o rozmieszczeniu celów w przestrzeni łącznie z ich współrzędnymi, a ilość otrzymanych wiadomości równa byłaby określonej uprzednio entropii.

Przy zakłócaniu stacji radiolokacyjnej⁹⁷ po odebraniu sygnałów i ich obróbce początkowa nieokreśloność nie znika całkowicie. W najprostszym przybliżeniu nieokreśloność (entropia) a posteriori jest równa entropii sygnału zakłócającego H_z . Oznaczając przez I ilość „zdobytej” przez stację radiolokacyjną informacji możemy określić, że:

$$I = H(A) - H_z \quad (2.2.6.)$$

gdzie:

- I - ilościowa zmiana nieokreśloności w wyniku pracy stacji radiolokacyjnej;

⁹⁷ Dotyczy to oczywiście nie tylko zakłóceń celowych (organizowanych).

- $H(A)$ - entropia a priori;
- H_z - entropia sygnału zakłócającego.

Z powyższego wyniku bezpośrednio, że ilość informacji otrzymywana przez przeciwnika w wyniku pracy stacji radiolokacyjnej może być zmniejszona w wyniku zwiększenia entropii sygnału zakłócającego. Wielkość tego zmniejszenia (entropia sygnału zakłócającego) jest zależna od energetycznych i stochastycznych parametrów sygnałów zakłócających.

Kryteria energetyczne oceny jakości sygnałów zakłócających są to kryteria, w których jako miarę traktuje się tzw. współczynnik degradacji. Jest to minimalny niezbędny stosunek energii sygnału zakłócającego do energii sygnału użytecznego na wejściu odbiornika zakłócanego urządzenia, odniesiony do pasma przepuszczania jego liniowej części. Należy podkreślić że współczynnik ten nie może być traktowany jako uniwersalny miernik jakości sygnałów, ponieważ uwzględnione są w nim również parametry (charakterystyki) zakłócanego urządzenia. Występujący w definicji współczynnika minimalny niezbędny stosunek sygnałów (wiążący się z określoną, wymaganą stratą danych) określony musi być według kryteriów operacyjno – taktycznych w sposób empiryczny.

$$k_d = \left(\frac{E_z}{E_s} \right)_{wemin} \quad (2.2.7)$$

gdzie:

- k_d - współczynnik degradacji;
- E_z - energia sygnału zakłócającego;
- E_s - energia sygnału użytecznego.

Przy założeniu, że sygnały użyteczne są najczęściej stosowanymi w radiolokacji impulsami prostokątnymi powyższe równanie zapisać można wykorzystując wartości mocy sygnału zakłócającego i użytecznego określone na wejściu odbiornika.

$$k_d = \left(\frac{P_z}{P_s} \right)_{wemin} \quad (2.2.8)$$

gdzie:

- k_d - współczynnik degradacji;
- P_z - moc sygnału zakłócającego;

— P_s - moc sygnału użytecznego w impulsie.

Jeżeli sygnał użyteczny ma postać ciągłą o stałej amplitudzie, przez P_s można rozumieć moc średnią sygnału. Ogólnie powyższy wzór stosować można również przy analizie innych postaci sygnałów, jeżeli za P_s i P_z podstawiać będziemy średnie wartości mocy odniesione do czasu równego średniej długości sygnałów.

Jak już zaznaczono wcześniej, wykorzystanie współczynnika degradacji jako miary jakości sygnałów zakłócających, w odróżnieniu od miary informacyjnej, wymaga znajomości charakterystyk zakłócanych systemów i urządzeń. Wartości liczbowe tego współczynnika mogą być bowiem obliczane jedynie po zadaniu postaci sygnału zakłócającego i określeniu typu i charakterystyk zakłócanego urządzenia odbiorczego. Znajomość tych parametrów pozwala na zakłócanie z mniejszymi wydatkami energetycznymi przez zastosowanie odpowiednio dobranych sygnałów zakłócających, niekoniecznie optymalnych z punktu widzenia kryteriów informacyjnych.

Przy znanych charakterystykach statystycznych⁹⁸ sygnałów użytecznego i zakłócającego oraz sposobu przetwarzania tych sygnałów w urządzeniu odbiorczym można, posługując się teorią statystycznych decyzji, określić minimalną niezbędną moc zakłócenia. Na przykład dla zakłóceń maskujących współczynnik degradacji oblicza się przez wstępne określenie, według kryteriów informacyjnych, optymalnej postaci sygnału zakłócającego i następnie określenie wartości współczynnika degradacji dla tej postaci sygnału zakłócającego w odniesieniu do konkretnych znanych charakterystyk urządzenia odbiorczego. Wartość liczbową otrzymaną w wyniku tych obliczeń jest wartością przybliżoną, a stopień tego przybliżenia uzależniony będzie od przyjętego kryterium optymalizacji decyzji. Decyzja w tym przypadku będzie wyborem między dwiema alternatywnymi hipotezami („zakłócenie” lub „sygnał + zakłócenie”, czyli jest cel czy go nie ma) na podstawie próbki sygnału będącego sumą zakłócenia i sygnału użytecznego, badaną w pewnym określonym przedziale czasu. Podejmowana jest na podstawie wartości tzw. stosunku wiarygodności, czyli stosunku wielowymiarowych gęstości prawdopodobieństwa napięcia odnoszącego się do mieszaniny sygnału i szumu lub do samego szumu.

$$\Lambda(u_1, \dots, u_n) = \frac{p_1(u_1, \dots, u_n)}{p_0(u_1, \dots, u_n)} \quad (2.2.9.)$$

⁹⁸ Jest to przypadek równości entropii informacyjnej z entropią fizyczną.

gdzie:

- $\Lambda(v_1, \dots, v_n)$ - stosunek wiarygodności;
- $p_1(v_1, \dots, v_n)$ - wielowymiarowa gęstość prawdopodobieństwa napięcia (prądu) dla mieszaniny sygnału i szumu;
- $p_0(v_1, \dots, v_n)$ - wielowymiarowa gęstość prawdopodobieństwa napięcia (prądu) dla samego szumu.

Przy podejmowaniu wyboru pomiędzy podanymi uprzednio hipotezami możliwe są do popełnienia dwa rodzaje błędów:

- błąd pierwszego rodzaju (tzw. fałszywy alarm) polega na przyjęciu słuszności hipotezy o istnieniu celu, podczas gdy słuszna jest hipoteza o odebraniu samego zakłócenia;
- błąd drugiego rodzaju (tzw. fałszywy spokój) polega na przyjęciu słuszności hipotezy o odebraniu samego zakłócenia, podczas gdy słuszna jest hipoteza o istnieniu celu.

Określenie reguły decyzyjnej polega w tym wypadku na wyznaczeniu granic obszaru R_0 wartości parametrów próbki, odpowiadających przyjęciu hipotezy o odebraniu samych zakłóceń, oraz granic obszaru R_1 wartości tych parametrów, odpowiadających odebraniu mieszaniny sygnału zakłócającego i sygnału od celu, czyli drugiej hipotezie.

Prawdopodobieństwo wystąpienia błędu pierwszego rodzaju (prawdopodobieństwo fałszywego alarmu) Q_0 oblicza się przez całkowanie funkcji gęstości prawdopodobieństwa $p_0(v_1, \dots, v_n)$ w obszarze R_1

$$Q_0 = \int_{R_1} p_0(v_1, \dots, v_n) dv_1 \dots dv_n \quad (2.2.10.)$$

Prawdopodobieństwo wystąpienia błędu drugiego rodzaju (prawdopodobieństwo fałszywego spokoju) Q_1 oblicza się przez całkowanie funkcji gęstości prawdopodobieństwa $p_1(v_1, \dots, v_n)$ w obszarze R_0 .

$$Q_1 = \int_{R_0} p_1(v_1, \dots, v_n) dv_1 \dots dv_n \quad (2.2.11.)$$

Dobór parametrów obszarów R_0 i R_1 dokonywany jest pod kątem uzyskania określonych wartości błędów pierwszego i drugiego rodzaju, a optymalizacja wyboru pomię-

dzy hipotezami może być realizowana przy zastosowaniu szeregu kryteriów (Bayesa⁹⁹, minimaxowego, Neymana - Pearsona, Kotielnikowa - Siegerta i in.) z zakresu teorii decyzji.

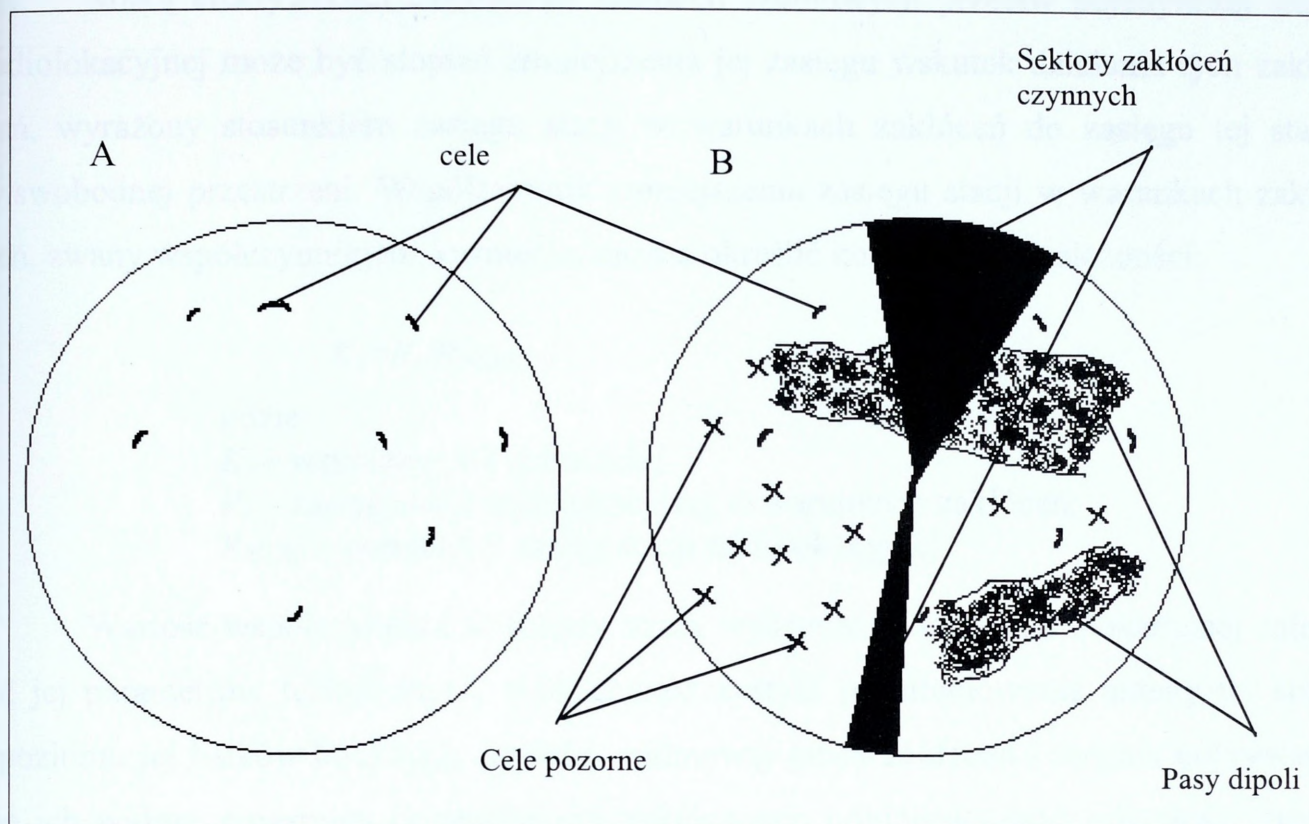
Nie istnieje w zasadzie funkcjonalne powiązanie pomiędzy opisanymi uprzednio kryteriami informacyjnymi i kryteriami energetycznymi opartymi na teorii decyzji. Znajomość niektórych informacyjnych kryteriów jakości sygnałów zakłócających nakłada określone ograniczenia co do wielkości stopni swobody odpowiednich kryteriów teorii statystycznych decyzji. Zastosowanie kryteriów energetycznych jest szczególnie utrudnione w wypadku zakłóceń celowych z nieznanymi a priori rozkładami prawdopodobieństw, tym bardziej że oprócz nieokreśloności wprowadzanej stochastycznymi własnościami sygnałów, w większości wypadków należy się liczyć z nieokreślonością wprowadzaną przez człowieka (operatora).

Kryterium straty danych stosowane jest do oceny możliwości konkretnych urządzeń do wytwarzania zakłóceń lub określania jakości konkretnych przedsięwzięć przy stosowaniu zakłóceń za pomocą tych urządzeń. Należy zauważyć, że są one przyporządkowane do istniejących konkretnych urządzeń zarówno zakłócających, jak i zakłócanych.

Dla najprostszego przypadku dwuwymiarowej stacji radiolokacyjnej z dookólnym przeszukiwaniem przestrzeni miarę straty danych można zdefiniować jako wielkość obszaru przestrzeni zamaskowanego za pomocą zakłóceń (w jednostkach bezwzględnych) lub też jako stosunek obszaru zamaskowanego zakłóceniami do całego obszaru obserwowanego przez stację (system) radiolokacyjną (w jednostkach względnych). W warunkach braku zakłóceń, przy pominięciu wpływu zakłóceń naturalnych oraz ograniczeń konstrukcyjnych stacji radiolokacyjnej, można przyjąć, że strata danych równa jest zeru. Po zastosowaniu zakłóceń biernych (np. w postaci obłoku dipoli) przestrzeń wypełnioną dipolami o określonej gęstości traktować można jako stratę danych i mierzyć ją wielkością tej przestrzeni. W warunkach stosowania zakłóceń czynnych, na ekranie wskaźnika panoramicz-

⁹⁹ **Kryterium Bayesa** polega w tym wypadku na określeniu tzw. średniego ryzyka (kosztu), określeniu na jego podstawie wartości stosunku wiarygodności odpowiadającego minimalnemu kosztowi. Wartość ta, nazywana wartością progową służy jako wielkość porównawcza w stosunku do obliczanych na podstawie odebranych próbek stosunków wiarygodności. W **kryterium minimaxowym** polega na określeniu minimalnego ryzyka odpowiadającego założonemu prawdopodobieństwu a priori, które jest jednocześnie maksymalną wartością ryzyka przy założeniu dowolnej wartości prawdopodobieństwa a priori. **Kryterium Kotielnikowa - Siegerta**, nazywane często „kryterium idealnego obserwatora” zakłada równość kosztów błędów pierwszego i drugiego rodzaju. Minimalizacja ryzyka polega na minimalizacji całkowitego prawdopodobieństwa podjęcia błędnej decyzji. **Kryterium Neymana - Pearsona**, najczęściej stosowane w radiolokacji polega na minimalizacji prawdopodobieństwa fałszywego spokoju przy zadanym prawdopodobieństwie fałszywego alarmu.

nego pojawiają się sektory zakłóceń, których powierzchnia (w porównaniu np. z całkowitą powierzchnią ekranu) jest również miarą straty danych.



Rys. 2.2.1 Obrazy obserwowane na wskaźniku panoramicznym stacji radiolokacyjnej obserwacji okrężnej: A - przy braku zakłóceń; B - po zastosowaniu zakłóceń biernych i czynnych

Oczywiste jest, że w nawiązaniu do uprzednio opisywanych kryteriów wewnątrz zakłóconych sektorów zachodzi nierówność:

$$k = \left(\frac{P_z}{P_s} \right)_{we} \geq k_d \quad (2.2.12.)$$

Granice stref zakłóceń można ustalać, wychodząc z kryteriów energetycznych (równość $k=k_d$ na granicy strefy), a wymiary tych stref (strata danych) zależą od parametrów urządzeń zakłócających i zakłócanych.

Swoistą odmianą wykorzystania tego typu kryteriów jest określanie efektywności oddziaływania zakłóceń szumowych na siły rozpoznania radiolokacyjnego za pomocą współczynnika tłumienia (ściśnięcia) strefy wykrywania lub rozpoznania tych sił. W pierwszej kolejności ocenia się wpływ zakłóceń szumowych na strefę wykrywania po-

jedynczych stacji radiolokacyjnej, a następnie określa się strefy rozpoznania wszystkich posterunków radiolokacyjnych z uwzględnieniem wpływu tych zakłóceń.

Miarą efektywności stosowania zakłóceń szumowych przeciw pojedynczej stacji radiolokacyjnej może być stopień zmniejszenia jej zasięgu wskutek działania tych zakłóceń, wyrażony stosunkiem zasięgu stacji w warunkach zakłóceń do zasięgu tej stacji w swobodnej przestrzeni. Współczynnik zmniejszenia zasięgu stacji w warunkach zakłóceń, zwany współczynnikiem ściśnięcia, można określić korzystając z zależności:

$$K_s = R_z / R_{WSRL} \quad (2.2.13)$$

gdzie:

K_s – współczynnik ściśnięcia;

R_z – zasięg stacji radiolokacyjnej w warunkach zakłóceń;

R_{WSRL} – nominalny zasięg stacji radiolokacyjnej.

Wartość współczynnika ściśnięcia strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej zależy od jej parametrów technicznych, typu charakterystyki promieniowania anteny tej stacji i poziomu jej listków bocznych, gęstości widmowej mocy zakłóceń i stopnia pokrywania się ich widma z pasmem częstotliwości zakłócanego odbiornika oraz odległości źródła zakłóceń od zakłócanej stacji.

Zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnej w warunkach zakłóceń czynnych, w tym również szumowych, możemy określić korzystając z zależności nazwanej „równaniem przeciwdziałania radioelektronicznego”¹⁰⁰. Równanie to określa się przez podstawienie do wzoru 2.2.12 wartości określających moc sygnału zakłócającego i moc sygnału użytecznego odbieranego przez urządzenia odbiorcze zakłócanej stacji radiolokacyjnej.

Po odpowiednim przekształceniu wyrażenie to przyjmie postać:

$$k = \frac{P_z G_z 4\pi R_s^4}{P_s G_s \sigma R_z^2} \quad (2.2.14.)$$

gdzie:

- P_z - moc stacji zakłócającej;
- G_z - zysk kierunkowy anteny stacji zakłócającej;
- R_s - odległość stacji radiolokacyjnej od celu.
- P_s - moc nadajnika stacji radiolokacyjnej (moc stacji);
- G_s - zysk kierunkowy anteny stacji radiolokacyjnej;
- σ - skuteczna powierzchnia odbicia obserwowanego celu;

¹⁰⁰ Wakin S., Szustow L., Zasady przeciwdziałania radioelektronicznego, MON, W-wa 1972

- R_z - odległość między stacją zakłócającą a odbiornikiem zakłócanej stacji radiolokacyjnej.

Uwzględniając charakterystykę kierunkową zakłócanej stacji radiolokacyjnej, z wyrażenia 2.3.14 otrzymujemy:

$$k = \frac{P_z G_z 4\pi R_s^4}{P_s G_s \sigma R_z^2} F^2(\theta_s, \phi_s) \frac{\Delta f_o}{\Delta f_z} \gamma_z 10^{0,1\alpha(2R_s - R_z)} \quad (2.2.15)$$

gdzie:

- $F(\theta, \Phi)$ - funkcja opisująca znormalizowaną charakterystykę kierunkową zakłócanej stacji radiolokacyjnej;
- Δf_o - szerokość pasma przypuszczania liniowej części odbiornika zakłócanej stacji radiolokacyjnej;
- Δf_z - efektywna szerokość widma sygnału zakłócającego;
- γ_z - współczynnik uwzględniający różnicę w polaryzacji anten nadajnika zakłóceń i zakłócanej stacji radiolokacyjnej;
- α - współczynnik uwzględniający osłabienie sygnału w atmosferze (dB/km).

Przedstawione wyrażenie nazywa się równaniem zakłócania elektronicznego dla aktywnych zakłóceń radiolokacyjnych. Pozwala ono znaleźć zależność stosunku mocy zakłócenia do mocy sygnału (współczynnika " k ") od parametrów zakłócanej stacji radiolokacyjnej, nadajnika zakłócającego i ich wzajemnego rozmieszczenia.

Z równania wynika, że wielkość potrzebnej mocy stacji zakłócającej jest odwrotnie proporcjonalna do czwartej potęgi odległości celu i kwadratu odległości stacji zakłócającej od zakłócanej stacji radiolokacyjnej. Oznacza to, że im większa jest odległość celu od zakłócanej stacji radiolokacyjnej przeciwnika, tym mniejsza moc jest potrzebna do skutecznego zakłócenia pracy tej stacji. Wynika również, że przy stałej wartości mocy sygnału zakłócającego wartość współczynnika zmienia się wraz ze zmianą odległości maskowanego obiektu powietrznego od zakłócanej stacji radiolokacyjnej i w pewnym przedziale odległości maleje do tego stopnia, że zakłócenia mogą przestać być efektywne.

Jak wynika z tej zależności, współczynnik k , a w konsekwencji i zasięg wykrywania zakłócanej stacji, zależy w znacznym stopniu od rodzaju charakterystyki promieniowania anteny tej stacji i poziomu jej listków bocznych. Jeżeli źródło zakłóceń oddziałuje na

główny listek charakterystyki promieniowania stacji, wtedy granica efektywnych zakłóceń będzie położona bliżej stacji niż w wypadku oddziaływania na listki boczne.

Po odpowiednim przekształceniu i podstawieniu $k = k_d$ z powyższego równania można określić niezbędną moc do zakłócania stacji radiolokacyjnych, oraz przy założonym potencjale energetycznym stacji zakłóceń: zasięg zakłócania (2.2.16) i minimalny zasięg stacji radiolokacyjnej, czyli taką jej odległość od celu, poniżej której zakłócanie staje się nieefektywne (2.3.17).

$$R_{z_{\max}} = \sqrt{\frac{P_z G_z 4\pi R_s^4}{P_s G_s \sigma k_d} F^2(\theta_s, \phi_s) \frac{\Delta f_o}{\Delta f_z} \gamma_z 10^{0,1\alpha(2R_s - R_z)}} \quad (2.2.16.)$$

$$R_{s_{\min}} = \sqrt{\frac{k_d P_s G_s \sigma R_z^2 \Delta f_z}{P_z G_z 4\pi \Delta f_o F^2(\theta_s, \phi_s) \gamma_z 10^{0,1\alpha(2R_s - R_z)}}} \quad (2.2.17.)$$

Przy jednakowej mocy stacji radiolokacyjnej oraz stacji zakłócającej i przy równych odległościach stacji radiolokacyjnej od celu i od stacji zakłócającej, moc sygnału zakłócającego będzie znacznie przewyższała moc sygnału użytecznego odbitego od celu.

Szczególnym przypadkiem jest sytuacja, kiedy położenie nadajnika zakłóceń jest tożsame z położeniem celu obserwowanego przez stację radiolokacyjną (na przykład gdy nadajnik zakłóceń zamontowany jest na pokładzie osłanianego urządzenia. Oczywiście w tym wypadku odległości R_z i R_s są równe. Jeżeli weźmiemy pod uwagę, że funkcja opisująca znormalizowaną charakterystykę kierunkową zakłócającej stacji radiolokacyjnej dla takiej konfiguracji równa się 1, to równanie 2.2.15 upraszcza się i przyjmuje postać:

$$k = \frac{P_z G_z 4\pi}{P_s G_s \sigma} \frac{\Delta f_o}{\Delta f_z} R_z^2 \gamma_z 10^{0,1\alpha(2R_s - R_z)} \quad (2.2.18.)$$

Jeżeli dodatkowo pominąć tłumienie fal elektromagnetycznych w atmosferze ($\alpha = 0$), to na podstawie wzoru 6.2.18 można łatwo znaleźć wzór na minimalny zasięg zakłócania, podstawiając do niego $k = k_d$.

$$R_{z_{\min}} = \sqrt{\frac{k_d P_s G_s \sigma \Delta f_z}{P_z G_z 4\pi \gamma_z \Delta f_o}} \quad (2.2.19.)$$

Powyższy wzór nazywany jest *równaniem zasięgu nadajników zakłóceń*.

Przy zmniejszaniu się odległości pomiędzy nadajnikiem zakłóceń a zakłócaną stacją radiolokacyjną skuteczność zakłóceń maleje (maleje stosunek mocy zakłóceń do mocy sygnału użytecznego). Jest to spowodowane tym, że moc sygnału odbitego jest odwrotnie

proporcjonalna do czwartej potęgi odległości, natomiast sygnału zakłóceń – do kwadratu tej odległości. Oczywiście sytuacja ta nie dotyczy przypadku przesterowania odbiornika stacji radiolokacyjnej, czyli swoistej formy neutralizacji elektronicznej.

W podobny sposób określać można skuteczność zakłócania urządzeń łączności radiowej, realizowanej w zakresie mikrofalowym. Przyjmując, że w tym zakresie częstotliwości w łączności wykorzystuje się jedynie fale bezpośrednie¹⁰¹ i obliczeń współczynnika degradacji dokonuje się z wartości mocy sygnału zakłócającego i użytecznego, zasadniczą różnicą jest to, że jako sygnał użyteczny traktuje się sygnał nadajnika, a nie jak w wypadku radiolokacji – odbity od obiektu. W przypadku zakłócania środków łączności odpowiednik równania 2.2.15. przyjmie postać:

$$k = \frac{P_z G_z R_s^2}{P_s G_s R_z^2} F^2(\theta_s, \phi_s) \frac{\Delta f_o}{\Delta f_z} \gamma_z 10^{0,1\alpha(R_s - R_z)} \quad (2.2.20.)$$

gdzie odpowiednio:

- k - współczynnik zakłóceń określony dla danego rodzaju pracy i typu środka łączności;
- P_z - moc nadajnika stacji zakłócającej wykorzystywanej do zakłócania łączności radiowej przeciwnika;
- P_s - moc radiostacji przeciwnika przekazującej dane w zorganizowanych relacjach łączności;
- R_s - odległości między nadajnikiem a odbiornikiem w zakłócanych relacjach łączności przeciwnika;
- R_z - odległości między zakłócanym urządzeniem odbiorczym a nadajnikiem zakłócającym;
- G_s, G_z - współczynniki zysku kierunkowego anten radiostacji przeciwnika i stacji zakłócającej;
- $F(\theta, \Phi)$ - funkcja opisująca znormalizowaną charakterystykę kierunkową zakłócanego środka łączności;

¹⁰¹ Fale rozchodzące się w bliskości powierzchni Ziemi nazywa się *falami przyziemnymi*, spośród których wyróżnia się fale powierzchniowe i fale przestrzenne.

Fale powierzchniowe są promieniowane przez antenę nadawczą, umieszczoną bezpośrednio na powierzchni Ziemi i rozchodzą się wzdłuż tej powierzchni.

Fale przestrzenne mogą mieć dwie składowe: bezpośrednią i odbitą. Występują głównie w paśmie VHF, gdy anteny umieszczone są nad powierzchnią Ziemi, co jest możliwe dzięki małym rozmiarom anten wykorzystywanych w tym paśmie częstotliwości. Występują również przy połączeniach między Ziemią a samolotem. Fale, które docierają do odbiorników dzięki odbiciu od jonosfery nazywa się *falami jonosferycznymi* lub *odbitymi*. Por.: D. A Bem, „Anteny i rozchodzenie się fal radiowych”, wyd. NT, Warszawa 1973, s. 327.

- Δf_o - szerokość pasma przepuszczania liniowej części zakłócanego odbiornika;
- Δf_z - efektywna szerokość widma sygnału zakłócającego;
- γ_z - współczynnik uwzględniający różnicę w polaryzacji anten nadajnika zakłóceń i zakłócanego środka łączności;
- α - współczynnik uwzględniający osłabienie sygnału w atmosferze (dB/km).

Przyjmując założenie $k=k_d$ analogicznie do zakłócania stacji radiolokacyjnych, możemy określić zasięg zakłócania przy danych parametrach energetycznych i moc niezbędną do zakłócenia urządzenia w określonej odległości.

$$R_z = R_s \sqrt{\frac{P_z G_z}{P_s G_s k_d} F^2(\theta_s, \phi_s) \frac{\Delta f_o}{\Delta f_z} \gamma_z 10^{0,1\alpha(R_s - R_z)}} \quad (2.2.21.)$$

$$P_z = \sqrt{\frac{P_s G_s R_z^2 \Delta f_z}{G_z R_s^2 k_d F^2(\theta_s, \phi_s) \Delta f_o \gamma_z 10^{0,1\alpha(R_s - R_z)}}} \quad (2.2.22.)$$

Wartości wymaganych współczynników zakłóceń k_d dla konwencjonalnego odbiornika superheterodynowego przedstawiono w tabeli 2.1.5.

Tabela 2.1.5

Wartość współczynnika k_d dla różnych rodzajów modulacji¹⁰²

Lp.	Rodzaj emisji	Wartość współczynnika zakłóceń k_d
1	Manipulacja amplitudy	0,64
2	Manipulacja częstotliwości	1 - 1,21
3	Modulacja amplitudy	2,25 - 4
4	Modulacja jednowstęgowa	16 - 25
5	Modulacja częstotliwości	2,25

Na jakość zakłócania za pomocą dipoli odbijających wpływ mają następujące parametry: skuteczna powierzchnia odbicia, szybkość opadania (i zaniku zakłóceń) oraz koncentracja dipoli w jednostce objętości (gęstość w m^3).

Skuteczna powierzchnia odbicia to w wypadku zakłócania pasywnego miara energii elektromagnetycznej, która powraca do urządzenia odbiorczego stacji radiolokacyjnej

¹⁰² Wartości przyjęto za J. Janczak, "Walka elektroniczna w działaniach wojsk lądowych", AON, Warszawa 1999 s. 91.

i jest sumą odbić pojedynczych elementów dipolowych. Przy maskowaniu celu skuteczna powierzchnia odbicia obłoku dipolowego powinna przewyższać skuteczną powierzchnię odbicia celu.

Skuteczną powierzchnię odbicia pojedynczego dipola półfalowego oblicza się z zależności:

$$\sigma_1(\Theta) = 0,86\lambda^2 \cos^4 \Theta \quad (2.2.23.)$$

gdzie:

- $\sigma_1(\Theta)$ – skuteczna powierzchnia odbicia dipola;
- λ - długość fali;
- Θ - kąt pomiędzy dipolem a wektorem pola elektrycznego fali padającej.

Dla paczki dipoli:

$$\delta_p = N_{ze} \sigma_1 = 0,17 \cdot \lambda^2 \cdot N_{ze} \quad (2.2.24)$$

gdzie:

- $N_{ze} = \eta \cdot N$ - liczba efektywnych dipoli w paczce.

Tłumienie fali elektromagnetycznej w chmurze dipoli oblicza się z zależności:

$$\beta = 0,73 \cdot \lambda^{2\bar{n}} \text{ [dB/m]} \quad (2.2.25.)$$

gdzie:

- λ - długość fali [m],
- \bar{n} - koncentracja dipoli w 1 m³ [dip/m³].

Najbardziej reprezentatywnym współczynnikiem jest skuteczna powierzchnia odbicia dipoli zawartych w elemencie rozróżnialności stacji radiolokacyjnej. Określana jest ona (przy założeniu równomierności rozkładu dipoli w chmurze) zależnością:

$$\sigma_{os} = \bar{n} \cdot D^2 \cdot \Theta_{0,5} \cdot \Phi_{0,5} \frac{c\tau}{2} \sigma_1 \quad (2.2.26.)$$

gdzie:

- \bar{n} - koncentracja dipoli w 1 m³ [dip/m³];
- D – odległość obszaru rozróżnialności od stacji radiolokacyjnej;
- $\Theta_{0,5} \Phi_{0,5}$ – szerokość charakterystyki kierunkowej stacji radiolokacyjnej w azymucie i elewacji;

- τ - czas trwania impulsu stacji radiolokacyjnej;
- c - prędkość światła.

Z powyższego wzoru jednoznacznie wynika, że skuteczność tego rodzaju zakłóceń w znacznej mierze zależy od rozróżnialności zakłócanej stacji radiolokacyjnej.

Szybkość opadania decyduje o czasie utrzymywania się celu pozornego, który jest zarazem czasem maskowania obiektu rzeczywistego. Warunki atmosferyczne, takie jak: średnia prędkość wiatru, średnia temperatura warstwy powietrza, turbulencja atmosfery mają zasadniczy wpływ na rozprzestrzenianie się obłoku dipolowego. W polskich warunkach atmosferycznych przeciętna szybkość opadania wynosi 25 – 50 m/min, a obłok powiększa się do swojego maksimum w czasie 1 – 3 minut i wielkość tę utrzymuje przez około 1,5 – 3 minut.

Koncentracja dipoli w jednostce objętości decyduje o wytłumieniu fali EM, a przez to o zmniejszeniu zasięgu stacji radiolokacyjnej. Wyraża się ją liczbą dipoli w 1 m^3 powietrza. Dziesięciokrotne zmniejszenie zasięgu stacji radiolokacyjnej odpowiada tłumieniu 40 dB. Dla fali o długości 3 cm osiąga się taki stan przy 30 dip/m^3 .

Kryteria operacyjno – taktyczne służą do oceny efektywności środków i metod zakłócania mikrofalowego w zależności od konkretnych warunków ich bojowego zastosowania. Jako miara w tych kryteriach przyjęte może być w zależności od sytuacji np. prawdopodobieństwo wykonania zadania, średniej wartości spodziewanych strat zadanych przeciwnikowi lub strat, do których nie dopuszczono w wyniku zastosowania zakłócania mikrofalowego. W związku ze stosowaniem statystycznych miar efektywności przedsięwzięć zakłócania podkreślić należy, że przyjmowane wartości prawdopodobieństw mogą być określone tylko dla bardzo konkretnych warunków zastosowań bojowych. Przy zmianie tych warunków zmianie ulegną również wartości odpowiednich prawdopodobieństw. Z kolei porównanie prawdopodobieństw dla różnych zastosowanych środków i metod w określonej sytuacji bojowej czy operacyjnej pozwala na wybór optymalnej metody (użytych środków). Określanych wartości prawdopodobieństw określonych dla pewnych szczególnych przypadków nie należy traktować jako norm operacyjno - taktycznych, organizacja zakłóceń jest bowiem działaniem w dużej mierze twórczym, stąd też zastosowanie prawdopodobieństwa do oceny efektywności zakłóceń podczas stosowania kryteriów operacyjno - taktycznych jest raczej wytyczną do szukania lepszych rozwiązań niż ustaloną charakterystyką operacyjno - taktyczną.

Bezpośrednim rezultatem zastosowania zakłóceń jest zmniejszenie ilości użytecznych danych, dostarczanych (posiadanych) przez zakłócone urządzenie lub system. W wyniku tego zmniejsza się efektywność zastosowania aktywnych środków walki. Działanie zakłóceń na urządzenia i systemy przeciwnika nie musi powodować jego fizycznego zniszczenia czy uszkodzenia, tak więc przeciwnik jest w stanie bronić się przed zakłóceniami bezpośrednio w czasie ich działania na urządzenie. Powoduje to konieczność uwzględniania przy organizacji zakłócania również możliwych kontrśrodków, jakie może zastosować przeciwnik.

Skuteczność przedsięwzięć zakłócania jest określana zarówno przez techniczne charakterystyki stosowanych środków, jak również przez metody ich stosowania (sposoby działania). Przy rozwiązywaniu zadania optymalizacji zastosowania środków zakłóceń należy wziąć pod uwagę następujące zagadnienia:

- ocenić możliwe zmniejszenie ilości danych w zakłócanym systemie informacyjno - sterującym;
- określić optymalny sposób zastosowania zakłóceń (sposób działań zapewniający największe zmniejszenie efektywności bojowego zastosowania środków przeciwnika).

Oba te zadania są wzajemnie powiązane, ponieważ sposób zastosowania zakłóceń może bardzo istotnie wpływać na ilość i jakość danych w systemie sterowania. Dlatego w ogólnym przypadku konieczne jest rozpatrzenie kilku wariantów zastosowania zakłóceń i określenie dla każdego z nich optymalnego sposobu działań, a następnie wybranie najlepszego z nich.

Należy również brać pod uwagę, że znalezienie optymalnego sposobu działania nie może być dokonane z dużym wyprzedzeniem w stosunku do początku działań bojowych, ponieważ rezultaty optymalizacji w sposób istotny zależą od tego, jakich sposobów działania (jakiego przeciwdziałania) można się spodziewać ze strony przeciwnika. W związku z tym w rozwiązaniu powinno się uwzględnić najbardziej aktualne dane o przeciwniku. Im dokładniej są określone możliwe działania przeciwnika, tym bardziej ściśle jest rozwiązanie.

Wnioski do podrozdziału 2.2.

1. Z punktu widzenia strony wytwarzającej zakłócenia systemy informacyjno – sterujące podzielić można na cztery podstawowe klasy:

- deterministyczne;
- określone statystycznie;
- adaptacyjne;
- minimaksowe (oparte na teorii gier¹⁰³).

Do deterministycznych zalicza się takie systemy, których algorytmy działania są znane *a priori* lub mogą być określone w procesie wytwarzania zakłóceń, znany jest również zbiór skutecznych sygnałów zakłócających. Miarą jakości zakłócania jest w tym wypadku możliwa do obliczenia wartość określonego funkcjonału całkowego¹⁰⁴. W wypadku systemów określonych statystycznie zakłócający nie zna dokładnie parametrów zakłócanych systemów, chociaż znana jest mu zasada ich działania i rozkłady prawdopodobieństwa możliwych wartości parametrów tych systemów. Miarą jakości zakłócania w tym wypadku są podobne funkcjonały, jak w systemach deterministycznych, zawierające jednak operację uśredniania względem parametrów przypadkowych. System adaptacyjny to taki, który w odróżnieniu od dwu poprzednich reaguje na fakt zakłócania dostosowując odpowiednio swoje funkcjonowanie. Jako miara jakości zakłócania może być stosowana suma funkcjonałów określonych dla różnych sygnałów zakłócających, ze względu na stopień komplikacji, w praktyce w odniesieniu do oceny zakłócania tego rodzaju systemów stosuje się kryteria operacyjno - taktyczne. Przy czwartej kategorii systemów (czyli opartych na teorii gier) zakłada się, że każda ze stron zna algorytmy działania i parametry sygnałów strony przeciwnej. Funkcjonały określające jakość zakłócania muszą być określane zarówno w dziedzinie działań własnych, jak i przeciwnika. Optymalizacji działań w takim wypadku dokonywać można jedynie metodami teorii gier.

2. W praktyce nie zawsze możliwe jest określenie jakości (efektywności) zakłócania, nie tylko *a priori*, ale także i *a posteriori*, nie zawsze też określenie ścisłego rozwiązania jest konieczne. Często wystarczy dysponować jedynie niezbyt dokładnym przybli-

¹⁰³ Teoria gier - dział nowoczesnej matematyki zajmujący się badaniem sytuacji konfliktowych, stanowiący zastosowanie kombinatoryki, algebry oraz rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej do teorii procesów decyzyjnych. Przedmiotem zainteresowania teorii gier jest znalezienie strategii optymalnej dla danego partnera w zbiorze wszystkich możliwych strategii danej gry, Mały słownik matematyczny, Wiedza Powszechna, Warszawa 1974, s.286.

¹⁰⁴ Funkcjonał - uogólnione pojęcie funkcji liczbowej, funkcja o wartościach liczbowych, której argumentami są funkcje. Mały słownik matematyczny, Wiedza Powszechna, Warszawa 1974, s.89.

żeniem do optimum. W wielu wypadkach takie przybliżenie można otrzymać, analizując jedynie macierz efektywności sposobów działania (macierz gry¹⁰⁵).

2.3 Zakłócanie mikrofalowe w wojskach lądowych SZ RP

Na początku rozdziału pierwszego stwierdzono, że pojęcie „mikrofalowego zakłócania informacyjnego”, czy raczej zakłócania w zakresie mikrofalowym fal elektromagnetycznych, jest zwykle utożsamiane z zakłócaniem pokładowych stacji radiolokacyjnych lotnictwa w ramach osłony obiektów. Związane jest to niewątpliwie z faktem, że do niedawna jedynym praktycznym zastosowaniem wojskowym środków mikrofalowych były wszelkiego rodzaju stacje radiolokacyjne. Zadania i rozwój urządzeń walki elektronicznej (a takimi niewątpliwie są środki zakłócania mikrofalowego) zależą od rodzaju i ważności zagrożeń, jakie stwarzają urządzenia elektroniczne przeciwnika. Ocena zagrożeń jest procesem bardzo złożonym i ciągle zmieniającym się wraz z rozwojem techniki elektronicznej i uzbrojenia, w którym technika ta jest stosowana. Na burzliwy rozwój środków zakłócania stacji radiolokacyjnych wpływ miały doświadczenia drugiej wojny światowej, związane z zastosowaniem radaru jako środka wykrywania obiektów powietrznych, naprowadzania samolotów na cel, a przede wszystkim umożliwiającego precyzyjne bombardowanie z wysokiego pułapu i braku widzialności powierzchni Ziemi. Zakłócanie środków radiolokacyjnych powstało więc jako zespół przedsięwzięć, mających na celu zapobieganie bądź utrudnianie przeciwnikowi wykrywania obiektów na lądzie, morzu i w powietrzu za pomocą stacji radiolokacyjnych.

Minione wojny i konflikty lokalne wykazały, że gdy technika radioelektroniczna decyduje o efektywności użycia środków walki i działaniach wojsk, w głównej sferze zainteresowania walczących stron znalazła się efektywność oddziaływania na nią, w celu obniżenia jej sprawności. Oddziałując bezpośrednio na urządzenia oraz systemy radioelektroniczne przez rażenie radioelektroniczne i ogniowe, każda z walczących stron stara się zmniejszyć zdolność bojową strony przeciwnej, efektywność wykorzystania przez nią uzbrojenia, a tym samym obniżyć skuteczność działania. Zdaniem specjalistów, zakłócaniem powinny być objęte systemy wykorzystujące naziemne, brzegowe, czy okrętowe stacje radiolokacyjne, jak również samoloty rozpoznawcze wyposażone zarówno

¹⁰⁵ Pojęcie z zakresu teorii gier. Macierz taka powstaje po przyporządkowaniu każdej uporządkowanej parze złożonej z możliwych działań strony A i odpowiednich możliwych działań strony B ilościowej miary efektu działania.

w „klasyczne” stacje radiolokacyjne, jak i stacje obserwacji bocznej. Zakłócanie naziemnego rozpoznania radiolokacyjnego powinno skupiać się na systemach rozpoznania pola walki, kierowania ogniem artylerii oraz obserwacji przestrzeni powietrznej i być prowadzone na małą głębokość (do 50 km) nawet na szczeblu taktycznym.

Szeroki zakres potencjalnych zadań stawianych przed zakłócaniem stacji radiolokacyjnych wymaga zaangażowania odpowiedniej ilości sił i środków, wymaga też wyposażenia wojsk w odpowiedni sprzęt. W okresie rozpoczynania badań nad przedmiotem rozprawy potencjał zakłócania informacyjnego w paśmie mikrofalowym w Wojsku Polskim stanowią oddziały i pododdziały aktywnych zakłóceń radiolokacyjnych oraz środki zakłóceń pasywnych. Środki zakłócania aktywnego w SZ RP obejmowały kilkadziesiąt zestawów rozpoznawczo - zakłócających typów SPO-8, SPN-40, SPN-30 pracujących w paśmie 2 i 3 cm¹⁰⁶, kilkanaście stacji pokładowych samolotów SPS-141 MWGE i jedną stację pokładową okrętową MP-401. Potencjał stacji naziemnych był równomiernie rozdzielony pomiędzy wojska lądowe i wojska lotnicze i obrony powietrznej. Obecnie pozostałe środki zakłócania aktywnego pozostają w dyspozycji WL i OP, siły i środki w wojskach lądowych ograniczają się do wspomnianych wcześniej odbijaczy kątowych, które mogą być wykorzystane jako środek zakłóceń pasywnych.

Stacje zakłócające, które były wykorzystywane w wojskach lądowych są zestawami rozpoznawczo- zakłócającymi przystosowanymi do samodzielnego wykrywania celów radiolokacyjnych, automatycznego ich zakłócania oraz, w przypadku sprzętu nowszej generacji, do automatycznego śledzenia celów w przestrzeni. Pracują w jednym z dwu zakresów częstotliwości: pasmo X (ok. 3 cm) i pasmo K (ok. 2 cm). Poza egzemplarzami stacji SPN-30 są to stacje wytwarzające wielokrotne impulsowe zakłócenia odzwierciedlające pracę samolotowych stacji radiolokacyjnych głównie typu „za sobą” lub rzadziej „za i przed sobą”. Cechują się dużą selektywnością przestrzenną, polegającą na promieniowaniu energii sygnałów zakłóceń w małym lub bardzo małym kącie bryłowym.

Stacje zakłóceń szumowych promieniują energię zakłóceń o bardzo dużej gęstości mocy, uzyskaną dzięki dużej mocy średniej nadajnika (rzędu kilkuset wat), promieniowaniu w bardzo małym kącie bryłowym i stosowaniu selektywno – zaporowej metody zakłóceń. Niektóre typy stacji mogą promieniować zakłócenia imitujące, lecz z powodu ograniczeń ten rodzaj zakłóceń stosowany jest w wyjątkowych wypadkach.

¹⁰⁶ Badania obecnego stanu oraz tendencji rozwojowych radiolokacji pozwalają stwierdzić, że do wykrywania obiektów pola walki wykorzystywane jest głównie pasmo 3 cm (8-12 GHz), natomiast środki napadu powietrznego wykorzystują pasma 2 i 3 cm (8-20 GHz).

Analiza struktury ilościowej omawianego sprzętu wykazuje, że potencjał zakłóceń radiolokacyjnych w wojskach lądowych w zdecydowanej większości był przeznaczony do obezwładniania pracy samolotowych urządzeń radiolokacyjnych przez stacje naziemne w ramach osłony:

- ważnych ośrodków administracyjno – politycznych i gospodarczych;
- przepraw wodnych i portów;
- stanowisk dowodzenia i wojsk w rejonach ześrodkowania;
- desantów wojsk w rejonach załadowania;
- dróg marszu;
- węzłów kolejowych lub doraźnie zorganizowanych punktów załadowania i wyładowania wojsk.

Obowiązująca taktyka wykorzystania środków zakłóceń radiolokacyjnych przewidywała trzy sposoby ich ugrupowania:

- ugrupowanie obiektowe;
- ugrupowanie strefowe;
- ugrupowanie obiektowo - strefowe.

Wybór określonego ugrupowania zależy od wielu czynników, do których należą między innymi:

- rodzaj obiektu (obiektów) wyznaczonego do osłony , a szczególnie ich kontrastowość radiolokacyjna¹⁰⁷;
- możliwości techniczne stacji zakłóceń;
- wzajemne usytuowanie osłanianych obiektów;
- rodzaj pracy stacji radiolokacyjnej środka napadu powietrznego.

Ugrupowanie obiektowe (rys. 2.3.1.) polega na tym, że środki zakłócające rozmieszcza się wokół osłanianego obiektu w celu utworzenia ciągłej strefy zakłóceń. Rozmieszczenie tych środków powinno zapewnić zakłócenie pokładowych stacji radiolokacyjnych

¹⁰⁷ Kontrastowość radiolokacyjna jest wielkością charakteryzującą właściwości taktyczne obiektu, określa możliwość wyróżnienia obiektu na ekranie wskaźnika stacji radiolokacyjnej na tle otoczenia.

$$K_{kont.} = \frac{\sigma_o - \sigma_t}{\sigma_t} = \frac{\sigma_c}{\sigma_t}$$

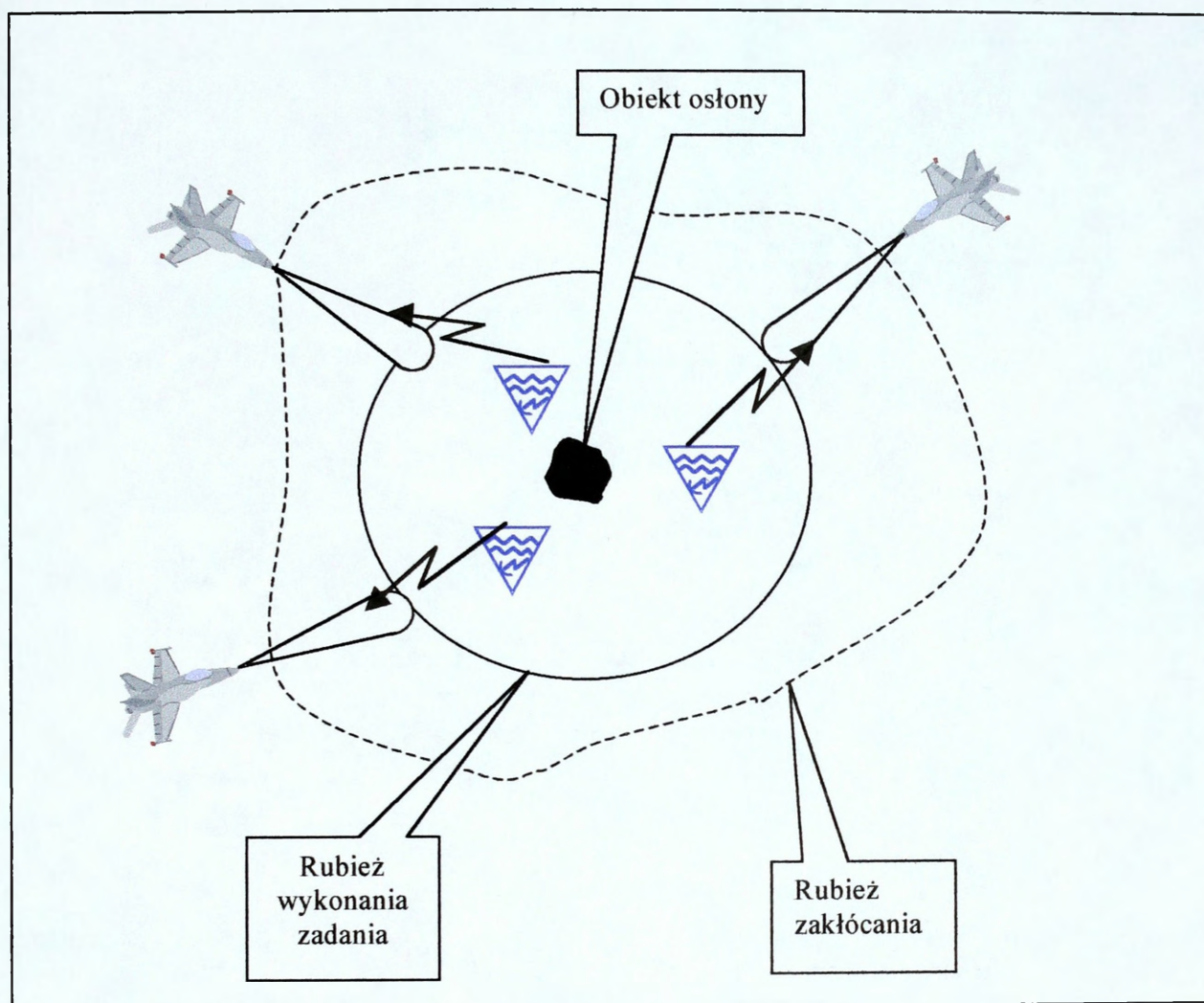
gdzie: σ_o - skuteczna powierzchnia odbicia osłanianego obiektu;

σ_t - skuteczna powierzchnia odbicia otoczenia w polu obserwacji SRL;

σ_c - skuteczna powierzchnia odbicia celu.

Jeżeli wartość współczynnika $K_{kont.} > 1,5$, to uważa się, że obiekt jest widoczny na ekranie pokładowej stacji radiolokacyjnej na tle otoczenia. Na podstawie: "Metodyka obliczania efektywności zakłóceń radiolokacyjnych", Warszawa 1998.

przez oddziaływanie na listki główne ich charakterystyk antenowych. Ugrupowanie to stosuje się do osłony obiektów o dużej kontrastowości radiolokacyjnej, a stacje zakłócające rozmieszcza się na samych obiektach lub w ich pobliżu¹⁰⁸. Liczba stacji wyznaczonych do osłony obiektu uzależniona jest od spodziewanej gęstości nalotu oraz parametrów technicznych stacji radiolokacyjnych i stacji zakłócających.



Rys. 2.3.1. Ugrupowanie obiektowe stacji zakłócających

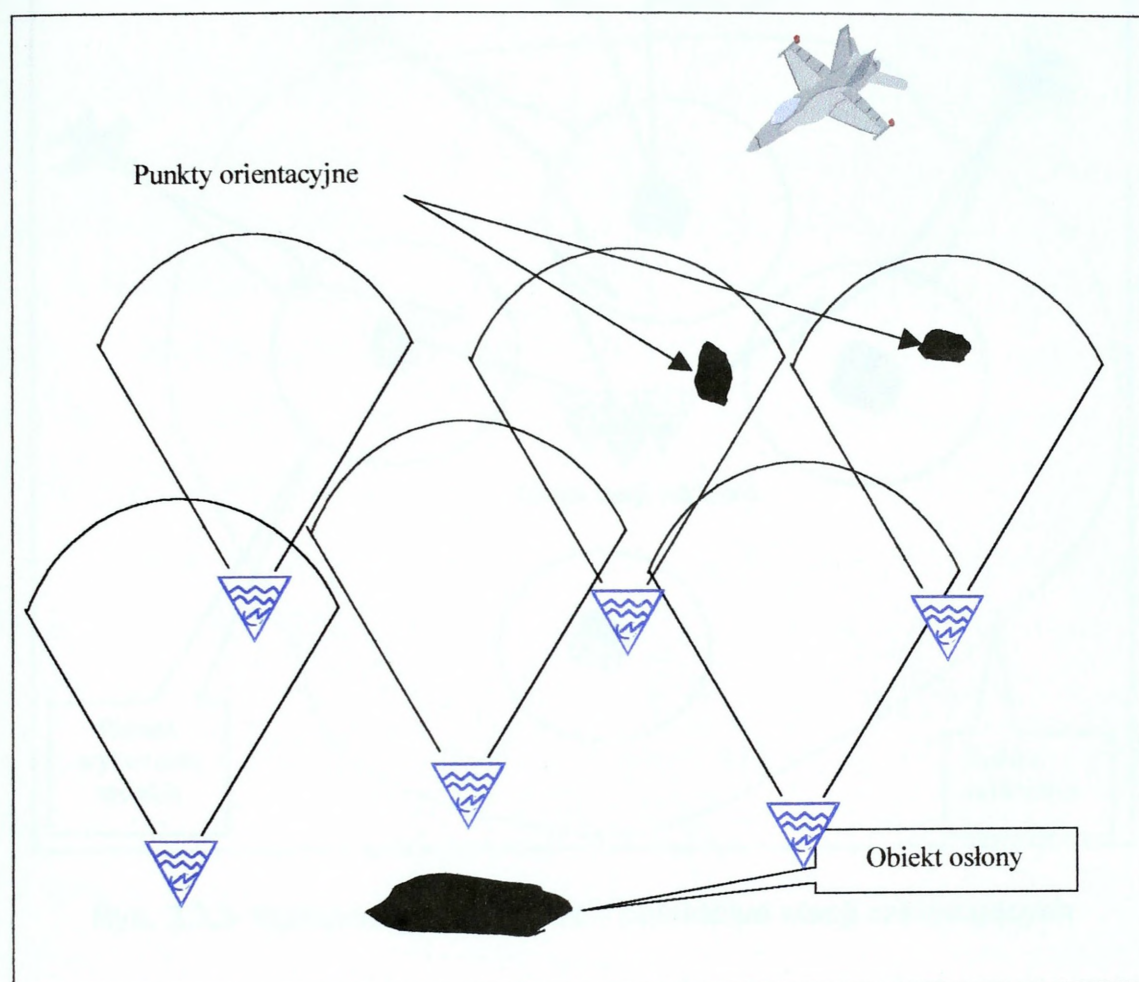
Ugrupowanie obiektowe środków zakłócania radiolokacyjnego w wojskach lądowych stosowano przeciwko:

- radarom zabezpieczającym celne bombardowanie dużych obiektów;
- radarom wykorzystywanym jako dalmierz.

Ugrupowanie strefowe (rys. 2.3.2.) polega na tym, że środki zakłócające rozmieszcza się w taki sposób, aby utworzyć w określonym rejonie lub sektorze ciągłą strefę zakłóceń. Strefa ta powinna zabezpieczać osłonę wojsk, obiektów (w tym również ruchomych)

¹⁰⁸ Wysłunięcie stacji poza obiekt podyktowane jest tylko koniecznością uniknięcia strat w wypadku porażenia obiektu.

oraz punktów orientacyjnych itp. Rozmieszczenie środków zakłóceń powinno zapewnić zakłócenie pokładowych stacji radiolokacyjnych przez oddziaływanie na listki boczne ich charakterystyk antenowych. Ugrupowanie to stosuje się do osłony dużej liczby obiektów o małej kontrastowości radiolokacyjnej i małych gabarytach oraz punktów orientacyjnych. Stacje wykorzystywane w tym sposobie osłony powinny posiadać duży potencjał energetyczny jak również możliwość jednoczesnej osłony „przed i za sobą”.

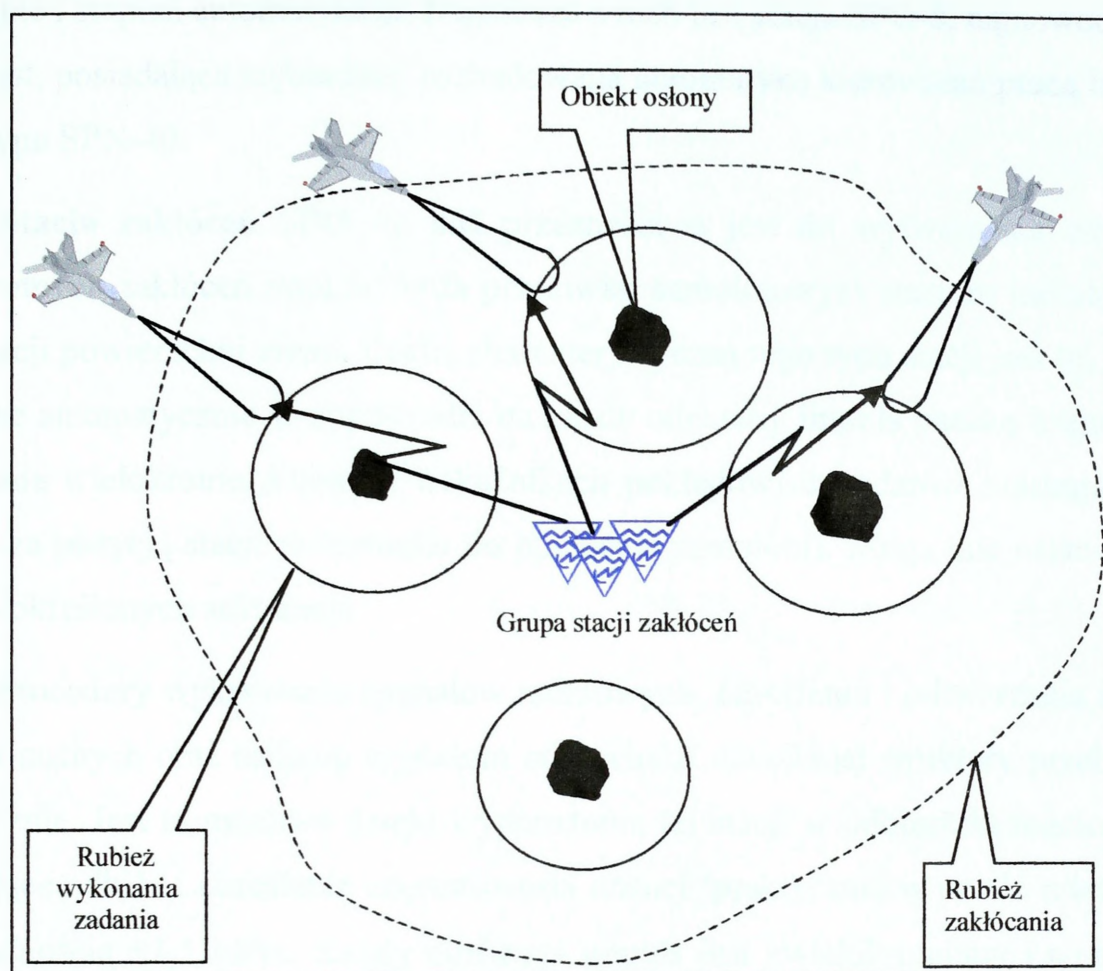


Rys. 2.3.2. Ugrupowanie strefowe stacji zakłócających

Ugrupowanie strefowe środków zakłócania radiolokacyjnego w wojskach lądowych przewidywano do stosowania przeciwko:

- radarom zabezpieczającym celne bombardowanie małych obiektów;
- radarom wykorzystywanym do rozpoznania (w tym radarom obserwacji bocznej);
- radarom zabezpieczającym lot na małej wysokości;
- radarom wykorzystywanym jako dalmierz przy optycznym kierowaniu bombardowaniem;
- radarom wykorzystywanym w czasie walk powietrznych.

Ugrupowanie strefowo - obiektowe (rys. 2.3.3.) ma cechy obu wcześniej omówionych sposobów. W praktyce sposób ten wykorzystuje się wtedy, kiedy pododdziały zakłóceń otrzymały zadanie bojowe osłony obiektów o znacznie zróżnicowanej wielkości i kontrastowości radiolokacyjnej.



Rys. 2.3.3. Ugrupowanie strefowo - obiektowe stacji zakłócających

Przy wyborze sposobu ugrupowania, oprócz czynników opisanych powyżej bierze się pod uwagę również następujące warunki:

- rozmieszczenie stacji w rejonie obiektu powinno zapewnić przykrycie obiektu ze wszystkich prawdopodobnych kierunków nalotu;
- należy wykluczyć przypadek zniszczenia obiektu przy uderzeniu rakietami naprowadzającymi się na stację zakłóceń, jak również zniszczenie stacji zakłóceń przy uderzeniu na obiekt;
- liczba stacji zakłóceń w ugrupowaniu powinna zapewnić zakłócenie pokładowych radarów przy określonej gęstości nalotu;
- głębokość strefy zakłóceń powinna zapewnić osłonę obiektu z zadaniem prawdopodobieństwem.

Charakterystyka wykorzystywanych stacji zakłóceń radiolokacyjnych¹⁰⁹

Przeznaczenie oraz zasada działania stacji zakłóceń odzewowych SPO-8, 8M i SPN-40, a zwłaszcza układów określania i odtwarzania częstotliwości, w których wykorzystany został odbiornik macierzowy jest identyczna, różne są tylko rozwiązania konstrukcyjne i stopień automatyzacji. Najstarsza z nich jest stacja SPO-8, najnowocześniejsza natomiast, posiadająca najbardziej rozbudowaną automatykę kierowania pracą bojową jest stacja typu SPN-40.

Stacja zakłóceń SPO -8, 8M przeznaczona jest do wytwarzania odzewowych wielokrotnych zakłóceń impulsowych przeciwko samolotowym stacjom radiolokacyjnym obserwacji powierzchni ziemi. Cechą charakterystyczną tego typu stacji jest to, że wytwarzają one automatycznie w odpowiedzi na każdy odebrany impuls paczkę impulsów, tzw. zakłócenia wielokrotne, które na wskaźnikach pokładowych radarów maskują teren "za sobą" (za pozycją stacji w stosunku do położenia samolotu). Mogą one osłaniać obiekty tylko w określonych sektorach.

Procedury wykrywania sygnałów radarowych, określania i odtwarzania ich częstotliwości nośnych oraz nadanie sygnałom odpowiedzi określonej struktury przebiegają automatycznie. Jest to możliwe dzięki wyposażeniu tej stacji w odbiorniki macierzowe, zapewniające odbiór i określenie częstotliwości nośnej (praktycznie w czasie rzeczywistym) z dokładnością $\pm 1,5$ MHz. Każdy odebrany impuls jest zwielokrotniany i nadawane jest mu pseudolosowe opóźnienie, dzięki czemu uzyskuje się efekt maskowania terenu o określonej intensywności i głębokości. Ogólną postać i charakter wytwarzanych zakłóceń ustala operator stacji za pomocą przełączników: rodzaj pracy, głębokość przykrycia i wymiary obiektu. Cechą charakterystyczną tych stacji jest to, że nie wytrzymują one ciągłego reżimu pracy, tzn. posiadają ograniczone możliwości przepustowe. Są one również mało odporne na zakłócenia wzajemne. Pracują w zakresie częstotliwości 8,1 - 10,3 GHz (2,9 - 3,7 cm), z mocą sygnału zakłóceń ok. 300 W w impulsie.

Stacje te, obok powyższych cech wspólnych, różnią się między sobą następującymi parametrami technicznymi:

¹⁰⁹ Dane techniczne na podstawie: Z. Mordarski, "Kierunki rozwoju obehwładniania radioelektronicznego w siłach powietrznych RP", AON, Warszawa 1997, J. Matuszewski, "Metody obliczania skuteczności zakłóceń sygnałów radiolokacyjnych", Warszawa 1998 oraz *Kompendium zasadniczego sprzętu WRE SZ RP*, Szt. Gen. WP, Warszawa 1998.

- stacja SPO - 8 - wytwarza zakłócenia typu MIP¹¹⁰ - I o gęstości 1 obiekt co 7,5 km na głębokość 60, 105 lub 150 km lub zakłócenia o podwójnej intensywności MIP - II (2 obiekty co 7,5 km) na głębokość 60 km;
- stacja SPO - 8M - wytwarza zakłócenia typu MIP - I na głębokość 60 i 120 km, zaś zakłócenia MIP - II również na głębokość 60 km. Wyposażona jest dodatkowo w układy umożliwiające określenie polaryzacji odebranych sygnałów oraz zmianę polaryzacji wypromieniowywanego sygnału. Posiada również oprócz ręcznego, automatyczny układ wyłączania zakłóceń na zakazanych częstotliwościach.

Stacje SPO - 8, 8M mogą być rozwijane przed osłanianym obiektem w odległości 6 - 8 km. Czas przygotowania stacji do pracy bojowej wynosi 45 - 65 min., a czas zwijania 20 - 30 min. Stacje są montowane na samochodzie z przyczepą.

Stacja SPN-40 przeznaczona jest do wytwarzania wielokrotnych impulsowych zakłóceń odzewowych, zakłócających pracę samolotowych stacji radiolokacyjnych w celu uniemożliwienia lub utrudnienia prowadzenia powietrznego radiolokacyjnego rozpoznania obiektów naziemnych oraz obniżenia efektywności bombardowania i naprowadzania rakiet. Stacja ta może samodzielnie wykonywać zadania osłony radioelektronicznej pojedynczych obiektów.

Stacja posiada 4 zasadnicze rodzaje pracy:

- MIP - I, MIP - II – stosowane podczas wytwarzania odzewowych wielokrotnych zakłóceń impulsowych typu imitującego;
- SzP + MIP - I, SzP + MIP - II stosowane podczas wytwarzania odzewowych kombinowanych zakłóceń typu maskującego.

Urządzenia kształtujące w rodzaju pracy wielokrotnych zakłóceń impulsowych MIP-I wytwarzają zakłócenia o głębokości przykrycia 30, 60, 120 km i przy rozmiarach fałszywych obiektów 700-1200, 1000-1500, lub 1000-2000m. W rodzaju pracy MIP-II urządzenia kształtujące wytwarzają zakłócenia typu maskującego, przy takich jak wyżej rozmiarach obiektów, jednak przy dwukrotnie wyższej gęstości impulsów (4 na każde 15 km) i przy dwu wartościach głębokości przykrycia 30 i 60 km. W rodzaju zakłóceń kombinowanych SzP + MIP urządzenia kształtujące wytwarzają odzewowe zakłócenia szumowe typu maskującego w kombinacji z wielokrotnymi zakłóceniami impulsowymi. Struktu-

¹¹⁰ MIP - Skrót od rosyjskiego (maskirowoczno imitacjonnyje pomiechy) – maskująco - imitujące zakłócenia. SzP (szumowyje pomiechy) - zakłócenia szumowe.

ra i parametry czasowe w rodzaju zakłóceń SzP + MIP-I i II pozostają takie same jak w rodzaju MIP I i II. Przy czym mogą to być trzy typy zakłóceń:

- zwykle (za sobą) - tak jak w stacjach SPO;
- wyprzedzające (przed sobą) - tylko dla stacji radiolokacyjnych nie przestrajanych od impulsu do impulsu;
- miejscowe (przed i za sobą).

Stacje te pracują w zakresie częstotliwości 13,45 - 17,3 GHz (1,7 - 2,2 cm), z mocą sygnału zakłóceń ok. 300 W w impulsie.

W zależności od zastosowania taktycznego stacja może pracować w następujących rodzajach sterowania :

- automatycznym scentralizowanym, przy sterowaniu z punktu dowodzenia z wykorzystaniem automatycznego kompleksu sterowania zakłóceniami;
- autonomicznym, z automatycznym poszukiwaniem i śledzeniem w azymucie promieniującego celu, znajdującego się w sektorze pracy ± 30 stopni;
- autonomicznym ręcznym, zabezpieczającym naprowadzenie anten na wybrany przez operatora cel i śledzenie go we współrzędnych kątowych.

Stacje mogą być rozwijane przed lub za osłanianym obiektem w odległości 5 do 10 km. Czas przygotowania stacji do pracy bojowej wynosi 50 - 70 min., a czas zwijania 20 - 30 min. Stacje są montowane na samochodzie z przyczepą.

Naziemna stacja zakłóceń szumowych SPN-30 jest przeznaczona do wytwarzania zakłóceń nieodzewowych przeciwko samolotowym stacjom radiolokacyjnym obserwacji powierzchni ziemi. Umożliwia automatyczne poszukiwanie w zadanym sektorze, przechwycenie i automatyczne śledzenie celu. Po przechwyceniu stacja automatycznie określa częstotliwość nośną SRL i wytwarza na tej częstotliwości zakłócenia szumowe quasi-ciągłe. Może osłaniać obiekty dookólnie (niezależnie od jej pozycji w stosunku do obiektu względem kierunku nalotu). Wytwarza bardzo efektywne energetycznie zakłócenia w postaci szumów w kanale o szerokości 30 MHz i gęstości widmowej ok. 20 W/MHz. Do wykrywania celów wykorzystywany jest odbiornik wielokanałowy złożony z 64 kanałów częstotliwościowych. Stacje te pracują w zakresie częstotliwości 8,3 - 10,25 GHz (2,9 - 3,6 cm), z mocą sygnału zakłóceń ok. 650 W.

Stacja może pracować :

- według danych z zewnętrznego wskazywania celów;
- autonomicznie, według danych dowódcy stacji.

Rodzaje te różnią się tylko sposobem naprowadzania układu antenowo - przesyłowego na sektor prawdopodobnego znajdowania się celu i sterowaniem, pozostałe elementy pracy stacji są w obu rodzajach pracy takie same.

Podczas pracy według zewnętrznego wskazywania aparatura stacji umożliwia automatyczne naprowadzanie systemu antenowego na zadany sektor prawdopodobnego znajdowania się celu (najkrótszą drogą) i poszukiwanie oraz przechwycenie celu w tym sektorze. Po przechwyceniu stacja umożliwia automatyczne jego śledzenie, jednocześnie wytwarza zakłócenia na częstotliwości odpowiadającej częstotliwości nośnej wykrytej SRL.

Podczas pracy autonomicznej stacja może pracować w trzech rodzajach pracy:

- obserwacja - obserwacja automatyczna przestrzeni dookoła i poszukiwanie celów w azymucie, w sektorach 60, 90 i 120 stopni pod ustalonym kątem położenia;
- półautomatyczny - półautomatyczne naprowadzanie układu antenowego na dowolny punkt w przestrzeni w azymucie i kącie położenia;
- automatyczny: a) poszukiwanie automatyczne sinusoidalne w azymucie i kącie położenia w sektorach $6^{\circ} \times 6^{\circ}$, $12^{\circ} \times 12^{\circ}$, $20^{\circ} \times 20^{\circ}$, a następnie śledzenie automatyczne i zakłócanie wybranego celu przez operatora;
b) poszukiwanie automatyczne nisko lecących celów w sektorach 60, 90 i 120° w azymucie pod ustalonym kątem położenia oraz śledzenie automatyczne celu i jego zakłócanie w ciągu okresu ustalonego przez operatora (5, 10, 20, 30s), a następnie automatyczne przejście do poszukiwania następnego celu.

Stacje mogą być rozwijane przed lub za osłanianym obiektem w odległości nie większej niż 25 km. Odległość między stacjami nie może być mniejsza niż 8 km, a od pracującej stacji radiolokacyjnej - 5 km. Czas przygotowania stacji do pracy bojowej wynosi 55 - 75 min., a czas zwijania 25 - 35 min. Stacja jest zamontowana na 3 samochodach.

Stacja SPN - 30 spośród wykorzystywanych w Wojsku Polskim posiada najwyższy stopień automatyzacji i największe możliwości bojowego wykorzystania oraz zapewnia najwyższą efektywność zakłócania. Jest ich jednak zdecydowanie za mało, aby planować ich szersze bojowe wykorzystanie.

Tabela 2.3.1

Zestawienie parametrów stacji zakłóceń radiolokacyjnych

Parametry stacji	SPO - 8	SPN - 40	SPN - 30
Długość fali roboczej [cm]	2,9 - 3,7	1,7 - 2,2	2,9 - 3,6
Moc nadajnika [W]	300 w impulsie	300 w impulsie	650 fali ciągłej
Szerokość widma zakłóceń [MHz]	4 - 5	4 - 5	30
Typ i szerokość charakterystyki kierunkowej anteny:	cosec^2	cosec^2	cygaro
- w azymucie [$^{\circ}$]	12	12	1,6; 6,2
- w elewacji [$^{\circ}$]	35	4; 20; 45	1,6; 6,2
Rodzaj zakłóceń	Impulsowe	Impulsowe Impulsowo - szumowe	szumowe
Możliwości osłony	Za sobą	Za sobą (i przed sobą dla SRL nie przestrajanych)	Przed i za sobą
Liczba jednocześnie zakłócanych celów	1 - 2	2 - 3	3 - 5
Przedziały pracy:			
- w azymucie [$^{\circ}$]	± 180	± 160	0 - 360
- w elewacji [$^{\circ}$]	0 - 35	0 - 45	0 - 60

Oprócz opisanych naziemnych stacji zakłóceń SZ RP dysponują również niewielką liczbą zakłócających stacji samolotowych. Stacje te mają zwykle konstrukcję zasobnikową, w której umieszczony jest moduł zakłócający, wysterowany przez pokładowe urządzenia rozpoznawczo - ostrzegawcze. Przeznaczone są do osłony własnej lub małej grupy samolotów, pracują w paśmie 3 cm, ich system antenowy jest nieruchomy względem osi samolotu, promieniujący energię zakłóceń w wybranej strefie osłony samolotu (rzędu kilkudziesięciu stopni w obu płaszczyznach).

Wnioski do podrozdziału 2.2.

1. W wyposażeniu wojsk lądowych SZ RP nie ma obecnie aktywnych środków zakłóceń mikrofalowych, jakimi były do niedawna stacje zakłóceń radiolokacyjnych. Środki tego typu mogą być planowane do wykorzystania jedynie w ramach operacji połączonych.

2. Analiza strukturalna i ilościowa omawianego sprzętu wykazuje, że obecny potencjał zakłóceń radiolokacyjnych w SZ RP zgrupowany w Wojskach Lotniczych i Obrony Powietrznej w zdecydowanej większości przeznaczony jest do obezwładniania pracy samolotowych urządzeń radiolokacyjnych przez stacje naziemne oraz w niewielkiej części do obezwładniania pracy systemów raketowych naziemnej obrony plot przez stacje samolotowe. Wszystkie stacje są zestawami rozpoznawczo – zakłócającymi przystosowanymi do samodzielnego wykrywania celów, automatycznego ich zakłócania oraz automatycznego śledzenia w przestrzeni (dotyczy stacji nowszych generacji).
3. Stacje zakłóceń pracują tylko w jednym z dwu zakresów częstotliwości : pasmo X – 3cm i K – 2 cm. Cechują się dużą selektywnością przestrzenną, polegającą na promieniowaniu energii sygnałów zakłóceń w małym lub bardzo małym kącie bryłowym. Promieniają zakłócenia maskujące, quasi–ciągłe z modulacją szumową lub impulsowe typu odzewowego (różne typy stacji). Stacje zakłóceń szumowych promieniają energię zakłóceń o bardzo dużej gęstości mocy uzyskaną dzięki dużej mocy średniej nadajnika (rzędu kilkuset wat), promieniowaniu w bardzo małym kącie bryłowym i stosowaniu selektywno – zaporowej metody zakłóceń
4. Osłona stałych obiektów naziemnych lub zgrupowań wojsk przed rozpoznaniem rlok z powietrza straciła swoją priorytetową ważność. Przyczyną tego jest wprowadzenie do wyposażenia nowoczesnych armii nowej generacji systemów nawigacyjnych, które bez użycia stacji radiolokacyjnych mogą naprowadzić samolot na cel. Ponadto stosowanie nowych metod naprowadzania rakiet na cel (głównie optoelektroniczne) obniżyło wartość operacyjną tej grupy stacji zakłóceń.
5. Operacyjną przydatność tych stacji dyskredytuje ich bardzo duża wrażliwość na atak rakiet samonaprowadzających się, co przy bardzo dużej cenie jednostkowej stawia w niekorzystnym świetle relacje kosztów do zysków. Ta wysoka wrażliwość wynika z posiadania przez nie kilku niekorzystnych parametrów technicznych (pozytywnych z innego punktu widzenia), takich jak:
 - promieniowanie energii w bardzo małym kącie bryłowym;
 - duży zasięg;
 - zwarta konstrukcja stacji, łącząca nadajnik i część rozpoznawczą w jedną bryłę
 - brak możliwości wykrycia przez załogę ataku rakiety.
6. Brak jest w wyposażeniu armii polskiej aktywnych i pasywnych środków WRE do indywidualnej osłony przeciwradiolokacyjnej ruchomych środków walki. Dotyczy to zarówno sił marynarki wojennej, wojsk lądowych, jak i lotnictwa, w którym obecna ilość tych środków jest dalece niewystarczająca. Bojowe środki walki, ze względu na swoją ruchliwość, będą w dalszym ciągu celem dla rakiet naprowadzających się min za po-

mocą aktywnej głowicy radiolokacyjnej, szczególnie w porze nocnej, kiedy głowice optoelektroniczne mają znacznie mniejsze zastosowanie. Prowadzone są także prace nad wdrożeniem nowej generacji środków rakietowych z naprowadzaniem radiolokacyjnym pracujących w paśmie W (milimetry zakres fal), których dokładność trafienia dorównuje środkom optoelektronicznym.

2.4. Systemy zakłócania mikrofalowego armii innych państw

Celem operacji informacyjnych¹¹¹ sił zbrojnych USA jest oddziaływanie na systemy i zasoby informacyjne przeciwnika, a jednocześnie obrona własnych systemów i zasobów przed operacjami informacyjnymi przeciwnika. Przewiduje się prowadzenie informacyjnych działań ofensywnych i defensywnych. Ekspozuje się również rolę efektu synergicznego obu rodzajów działań.

Operacje informacyjne USA obejmują:

- bezpieczeństwo operacji (ang. Operations Security);
- operacje (działania) psychologiczne (ang. Psychological Operations);
- pozorację (pozorację operacyjną, wprowadzanie w błąd) wojskową (ang. Military Deception);
- walkę elektroniczną (ang. Electronic Warfare);
- niszczenie (atak fizyczny) - destrukcja systemów informacyjnych przeciwnika (ang. Physical Attack, Destruction);
- działalność mediów o zasięgu światowym i krajowym

Przewiduje się, że poszczególne elementy składowe ujmowane będą w planach operacyjnych jako mechanizmy osiągnięcia celów operacji informacyjnych (manipulowanie decyzjami przeciwnika, obezwładnianie zakłóceniami lub zniszczenie jego systemu dowodzenia). Zgodnie z założeniami doktryny operacje (działania) informacyjne mogą być główne lub wspomagające. Udział poszczególnych mechanizmów działań (elementów składowych) również uzależnia się od szczebla dowodzenia oraz charakteru i stopnia zagrożenia.

Zachodni specjaliści NATO określają walkę informacyjną jako rodzaj walki zbrojnej, ukierunkowanej na osiągnięcie przewagi nad przeciwnikiem za pomocą informacji.

¹¹¹ Operacje (działania) informacyjne (ang. Information Operations) - które w czasie wojny nazywane mogą być wprost walką informacyjną – są definiowane w USA jako ciągłe działanie sił zbrojnych w ramach wojskowego środowiska informacyjnego, które przyczyniają się do wzmocnienia i obrony możliwości sił własnych w zakresie zdobywania, przetwarzania i przekazywania informacji w celu uzyskania przewagi w całym spektrum walki zbrojnej, prowadzonej wewnątrz globalnego środowiska informacyjnego, przy jednoczesnym pozbawieniu takiej możliwości strony przeciwnej

Działania (operacje) informacyjne¹¹² są definiowane jako *przedsięwzięcia podejmowane w celu wywarcia wpływu na decydentów w ramach wsparcia politycznych i militarnych celów poprzez oddziaływanie na procesy informacyjne, systemy dowodzenia, kontroli, łączności i informatyczne przeciwnika, przy wykorzystaniu i ochronie własnych systemów i procesów informacyjnych.*

W zależności od charakteru prowadzonych operacji wyszczególnia się dwie kategorie działań informacyjnych: defensywne i ofensywne. Ze względu na naturę Sojuszu przewiduje się prowadzenie ofensywnych działań informacyjnych w pełnym wymiarze tylko w czasie wojny. W sytuacji kryzysowej przewiduje się ograniczony ich zakres, gdyż wymaga to konsensusu wszystkich suwerennych jego członków, a niektóre ofensywne działania informacyjne uznawane są w wielu państwach za nielegalne. Podkreśla się, że prowadzenie działań ofensywnych w czasie pokoju, jeśli uznano by je za celowe, może być traktowane jako prowokacja lub wrogi akt i dlatego wymagają one wyraźnej autoryzacji politycznej przez Radę Północnoatlantycką.

W NATO przewiduje się prowadzenie działań informacyjnych na szczeblu strategicznym, operacyjnym i taktycznym. W zależności od szczebla powinny one stanowić wsparcie działań NATO, wspieranie kampanii w osiąganiu głównych celów operacyjnych oraz wspieranie walk w osiąganiu poszczególnych celów taktycznych. Postuluje się, by działania informacyjne były stałym elementem planowania operacyjnego. A niektóre ich formy, przede wszystkim defensywne (obronne), powinny być stosowane ciągle, tj. od pokoju poprzez kryzys, wojnę i z powrotem do pokoju.

W *siłach zbrojnych Rosji* duże nadzieje pokłada się w informacyjnym oddziaływaniu na przeciwnika i w innych rodzajach „nieśmiercionośnej broni”. Rosjanie uważają, że istotą trwającej obecnie „czwartej rewolucji” w sztuce wojennej jest wywalczenie panowania nad przeciwnikiem w dziedzinie informacyjnej¹¹³. Oznacza to dążenie do stwarzania sytuacji, w której nie tylko baza informacyjna wojsk własnych, ale również i infrastruktura państwowa stanie się pełniejsza, dokładniejsza, wiarygodniejsza i aktualniejsza niż przeciwnika. W sferze pozawojskowej potrzeba ta argumentowana jest dynamicznym rozwo-

¹¹² Dokument MC 422 pt. „NATO Information Operations Policy”- zaaprobowany przez Komitet Wojskowy 15.12.1998.

¹¹³ Rosjanie twierdzą, że ogniowe środki precyzyjnego rażenia, niejądrowe środki ogniowe do wykonywania głębokich uderzeń i systemy integrujące rewolucjonizują wszystkie aspekty sztuki wojennej i struktur organizacyjnych sił zbrojnych. Twierdzą, że technika informacyjna jest „najważniejszą bronią XXI wieku”, a pod względem skuteczności oddziaływania jest porównywana z bronią masowego rażenia.

jem bazy informatycznej i nowoczesnych systemów łączności¹¹⁴. W sferze wojskowej natomiast koronnym argumentem jest przekonanie, że walka informacyjna umożliwi osiągnięcie zwycięstwa bez potrzeby prowadzenia wyniszczającej i przez to bardzo kosztownej walki zbrojnej. Uważają, że w ramach przygotowywania się do tej walki powinny w pierwszej kolejności zostać zintegrowane wszelkie działania paralizujące swobodę decyzyjną przeciwnika¹¹⁵. Analiza doświadczeń z wojny w rejonie Zatoki Perskiej oraz doświadczenia zdobyte w Afganistanie i Czeczenii uświadomiły Rosjanom, że postęp w informacyjnym wsparciu walki zbrojnej zmusza do wydzielenia walki informacyjnej jako samodzielnej dyscypliny sztuki wojennej. W prezentowanych poglądach¹¹⁶ potrzeba podjęcia tego problemu w siłach zbrojnych argumentowana jest głównie: wzrastającą informatyzacją sił zbrojnych, wzrostem możliwości funkcjonalnych współczesnych systemów łączności, zwiększającym się nasyceniem wojsk nowoczesnymi środkami rozpoznania i coraz częstszym stosowaniem broni precyzyjnego rażenia.

Rosjanie uważają, że umiejętnie prowadzona walka informacyjna jest w stanie naruszać proporcje strategiczne i znacząco wpływać na światową scenę polityczną. Wskazują zatem na konieczność ciągłego prowadzenia walki informacyjnej nie tylko w okresie zagrożenia czy wojny, ale także w czasie pokoju. Do obiektów najbardziej zagrożonych walką informacyjną zaliczają wszelkie kompleksy, których funkcjonowanie związane jest z reżimem przestrzegania czasu zbliżonego do rzeczywistego¹¹⁷.

Rosjanie wyróżniają następujące formy prowadzenia walki informacyjnej: oddziaływanie informacyjne, atak informacyjny, bitwa informacyjna, operacja informacyjna. Oddziaływanie informacyjne definiują jako zorganizowane użycie sił i środków walki informacyjnej do realizacji zadań mających na celu wywalczenie (utrzymanie) przewagi informacyjnej nad przeciwnikiem.

Atak informacyjny określają jako całokształt aktywnych informacyjnych oddziaływań sił i środków samodzielnych pododdziałów na element lub grupę elementów systemów informacyjnych dla realizacji szczególnych zadań taktycznych walki informacyjnej.

¹¹⁴ W ramach tego wymieniana jest automatyzacja i komputeryzacja szeregu sfer życia gospodarczego, upowszechnienie systemów łączności cyfrowej, istnienie licznych i różnorodnych baz danych i masowy charakter wykorzystywania komputerów osobistych.

¹¹⁵ W odniesieniu do sił zbrojnych chodzi o włączenie do procesu walki informacyjnej pozorowania i maskowania, które do tej pory realizowane były według odrębnych planów.

¹¹⁶ „Poglądy rosyjskich specjalistów na przyszłą wojnę”, artykuł w: *Military Rewiew* 7/94.

¹¹⁷ Wyszczególnia się tu zautomatyzowane systemy wczesnego ostrzegania o zagrożeniu rakietowym i lotniczym, systemy dowodzenia obroną przeciwrakietową i inne systemy o znaczeniu strategicznym. Ocenia się, że ich obezwładnienie może spowodować katastrofę porównywalną z uderzeniem jądrowym. Prawdopodobieństwo szybkiego odtworzenia sprawności tych systemów poddanych atakowi informacyjnemu jest stosunkowo niskie, co zwiększa strategiczną atrakcyjność walki informacyjnej.

Bitwa informacyjna – to zdaniem Rosjan - całokształt różnorodnych oddziaływań informacyjnych i ataków połączonych wspólnym zamiarem, prowadzonych przez specjalnie wydzielone siły i środki ukierunkowane na realizację wspólnego zadania walki informacyjnej. Operacja informacyjna definiowana jest natomiast jako całokształt uzgodnionych co do celu oddziaływań informacyjnych, ataków i bitew prowadzonych według wspólnego zamiaru i planu w celu realizacji zadań walki informacyjnej na kierunku operacyjnym lub na teatrze działań wojennych.

Przyjmuje się, że dla osiągnięcia celów informacyjnych oddziaływań, ataków, bitew i operacji mogą być stosowane wszystkie dostępne sposoby walki informacyjnej, a przede wszystkim:

- uzyskiwanie przewagi nad przeciwnikiem w sferze wywiadu i rozpoznania wojskowego;
- stosowanie zakłócania informacyjnego powodującego paraliżowanie rozpoznawczych systemów informacyjnych, jak również procesów kierowania państwem i dowodzenia wojskami oraz szerzenie w jego szeregach i społeczeństwie demoralizacji stanów osobowych i dezorganizacji życia;
- neutralizowanie przewagi przeciwnika w sferze łączności i informatyki;
- zrywanie procesów informacyjnych przeciwnika oraz obezwładnianie i niszczenie jego systemów informatycznych i zasobów baz danych, z dużych i bardzo dużych odległości, przy szybkościach działania równych prędkości rozchodzenia się światła;
- wprowadzanie przeciwnika w błąd oraz dezorganizowanie i niszczenie jego infrastruktury informacyjnej;
- wprowadzanie zamieszania i dezorganizowanie lub całkowite zrywanie procesów kierowania państwem i dowodzenia wojskami szczególnie na wyższych szczeblach dowodzenia¹¹⁸;
- stwarzanie warunków do szybkiego neutralizowania oporu przeciwnika;
- ochrona własnych, a także sojuszniczych systemów informacyjnych i informatycznych oraz systemów dowodzenia wojskami i kierowania państwem przed rozpoznaniem i wszelkimi działaniami destrukcyjnymi przeciwnika.

¹¹⁸ Należy sądzić, że w tym zakresie przewidywane jest stosowanie techniki umieszczonej w przestrzeni kosmicznej.

Specjaliści rosyjscy są przekonani, że osiągnięcie wymienionych celów powinno skłonić każdego przeciwnika do zrezygnowania z zamiarów prowadzenia klasycznej wojny¹¹⁹. Brak realnych perspektyw osiągnięcia taniego sukcesu powinien ich zdaniem działać odstraszająco, jeśli jednak odstraszająca funkcja rosyjskiej walki informacyjnej zawiedzie, to w takiej sytuacji zastosowane zostaną wszystkie inne dostępne metody i środki tej walki służące osiągnięciu zwycięstwa.

Metody, którymi Rosjanie zamierzają osiągać wyznaczone cele walki informacyjnej na poszczególnych etapach określone są następująco:

- w okresie pokoju – systematyczne stosowanie odstraszenia informacyjnego w sferze elektronicznej;
- w okresie kryzysu - zmasowane oddziaływania elektroniczne na selektywnie wybrane procesy informacyjne przeciwnika związane z kierowaniem państwem i dowodzeniem wojskami;
- w okresie konfliktu zbrojnego – zmasowane użycie wszystkich środków walki informacyjnej, tak w odniesieniu do sfery wojskowej, jak i cywilnej przeciwnika¹²⁰.

Rosjanie uważają, że uzyskanie wspólnie przewagi w sferze militarnej związane jest bezwzględnie z uzyskaniem dominacji przede wszystkim w kierowaniu państwem, dowodzeniu wojskami oraz w łączności i rozpoznaniu. W odniesieniu do sfery militarnej zakładają, że najpierw należy uzyskać przewagę i panowanie „w eterze”, następnie w powietrzu i przestrzeni kosmicznej, a dopiero w ostatniej kolejności należy uwzględnić użycie potencjału lądowego. *W rekapitulacjach tego podkreślają, że współczesne konflikty zbrojne powinny być postrzegane przez pryzmat jakości i zakresu zespolenia ognia i elektroniki ze składową informacyjną¹²¹. Mocno też podkreślają, że każdy z tych elementów składowych ma własne i specyficzne li tylko dla niego cele, środki i metody działania¹²².*

¹¹⁹ Przewidują, że groźba spowodowania nieodwracalnych szkód w zasobach informacyjnych państwa i w strukturach pozapaństwowych staje się nowym czynnikiem odstraszenia w skali globalnej.

¹²⁰ Zakładają również użycie środków ogniowych.

¹²¹ Podkreślają przy tym, że współczesna droga do sukcesu bojowego bardzo kontrastuje z rozwiązaniami stosowanymi w czasie pierwszej i drugiej wojny światowej. Twierdzą, że anachronizmem byłoby dziś przedkładanie ponad walkę informacyjną działalności wojsk lądowych, co było słuszne w czasie pierwszej wojny światowej, lub sił powietrznych, co z kolei było najważniejsze w czasie drugiej wojny światowej.

¹²² Przez sprzężenia ognia i elektroniki Rosjanie rozumieją równoczesne stosowanie jednych i drugich środków walki. Ich zdaniem powodować to będzie jednoczesne niszczenie techniki bojowej i siły żywej przeciwnika. W składowej informacyjnej lokują przede wszystkim możliwości zdobywania informacji i ich wykorzystywania w procesie dowodzenia wojskami i kierowania uzbrojeniem. Z tymi przedsięwzięciami wiąże zwiększenie skuteczności środków ogniowych i walki elektronicznej.

Zakłócanie mikrofalowe w siłach zbrojnych wybranych państw NATO

W systemie walki elektronicznej sił zbrojnych głównych państw NATO wykorzystuje się różne środki rozpoznania i zakłócania elektronicznego strategicznego, operacyjnego i taktycznego przeznaczenia. Cele strategiczne w działaniach wojennych realizować będą głównie siły i środki WE SZ USA. Cele operacyjne i taktyczne realizowane będą siłami i środkami WE związków taktycznych i operacyjnych różnych rodzajów SZ Stanów Zjednoczonych i innych państw NATO¹²³.

Osiągnięcie celów walki elektronicznej przewiduje się zapewnić przez wykonanie kompleksowych zadań w zakresie rozpoznania elektronicznego, porażenia ogniowego i obezwładniania elektronicznego środków i systemów elektronicznych: dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki, obrony powietrznej kraju, sił powietrznych i morskich, obrony przeciwlotniczej wojsk oraz środków pracujących w systemach kierowania siłami zbrojnymi i różnymi organami kierowania państwem przeciwnika. Skuteczne rozpoznanie radioelektroniczne, taktyczne i operacyjne uważa się za warunek wstępny i niezbędny dla kolejnych kompleksowych przedsięwzięć walki elektronicznej. Uzasadnia się, że względy te dyktują konieczność systematycznego realizowania w szerokim zakresie zadań rozpoznawczych już w okresie pokojowym, gromadzenia niezbędnych informacji rozpoznawczych w zbiorach i komputerowych bankach danych (baza danych).

Zakłócanie elektroniczne w SZ NATO traktowane jest jako zdecydowanie aktywna forma walki elektronicznej. Stosowana jest we wszystkich rodzajach działań bojowych i przez wszystkie rodzaje sił zbrojnych. Przeciwdziałanie radioelektroniczne skierowane jest przeciwko urządzeniom i systemom radioelektronicznym przeciwnika, wykorzystywanym dla celów dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki. Niszczenie radioelektronicznych środków dowodzenia wojskami uważa się za nieodłączną część walki elektronicznej i jest ono ściśle związane z zakłócaniem elektronicznym.

Dużą rolę przypisuje się również kontrprzeciwdziałaniu elektronicznemu (obronie elektronicznej), którego głównym celem jest zapewnienie skutecznego wykorzystania własnych środków radioelektronicznych (RE) w warunkach prowadzenia WRE ze strony przeciwnika.

Główną rolę wśród państw wchodzących w skład NATO, w organizacji i prowadzeniu walki elektronicznej oraz produkcji urządzeń rozpoznania i zakłóceń oraz

¹²³ "Wojna elektroniczna według poglądów państw NATO", Szt. Gen. WP, Warszawa 1989.

systemów dowodzenia i kierowania nimi, odgrywają Stany Zjednoczone. Walkę elektroniczną, zgodnie z przyjętą w NATO zasadą, organizuje się i prowadzi na wszystkich szczeblach dowodzenia i przez wszystkie rodzaje sił zbrojnych i rodzaje wojsk.

W siłach zbrojnych USA WE prowadzona jest przez siły:

- strategiczne;
- powietrzne;
- lądowe;
- marynarkę wojenną.

W systemie walki elektronicznej wykorzystuje się różnego rodzaju środki rozpoznania, zakłóceń i dywersji elektronicznej. W wojskach lądowych występują one jako oddzielne urządzenia lub zestawy, w większości w wysokim stopniu zautomatyzowane o dużych możliwościach ich kompleksowego wykorzystania. W zależności od miejsca ich zainstalowania umownie dzieli je się na środki naziemne i środki lotnictwa wojsk lądowych.

W strukturze organizacji¹²⁴ wojsk występują następujące oddziały i pododdziały walki elektronicznej:

- grupy WE (po jednej w każdym KA);
- kompanie WRE (po jednej w korpuśnych rozpoznawczych pułkach pancernych);
- batalion rozpoznania i WE oraz kompania śmigłowców WE (w każdej DZ, DPanc.).

Grupa WE KA jest oddziałem WE przeznaczonym do wykonywania zadań rozpoznania i obezwładniania środków radioelektronicznych, systemów dowodzenia wojskami i kierowania walką przeciwnika, operacyjnego i operacyjno-taktycznego przeznaczenia. W skład grupy WE (oprócz dowództwa, sztabu i pododdziałów materiałowego i technicznego zabezpieczenia) wchodzi:

- batalion walki elektronicznej;
- lotniczy batalion rozpoznania i walki elektronicznej;
- batalion operacyjny.

¹²⁴ Magnucki Z., Scheffs W.; *Charakterystyka struktur organizacyjnych i środków WRE w wybranych państwach*, AON, Warszawa 1996 oraz Jane's Information Group, *Radar and Electronic Warfare Systems 1999-2000*, An International Thomson Publishing Company, Sentinel House Coulsdon, Surrey CR5 2NH.

W wyposażeniu korpuśnej grupy walki elektronicznej nie występują środki zakłóceń mikrofalowych, znajdują się natomiast następujące podsystemy rozpoznania sygnałów tego zakresu fal elektromagnetycznych:

- AN/TSQ-109 „AGTELIS” (Automatic Ground Transportable Emitter Location and Identyfikation). Jest to naziemny podsystem przeznaczony do wykrywania, identyfikacji i lokalizacji SRL (rozpoznania pola walki, artylerii polowej i OP) i nadajników zakłóceń mikrofalowych;
- AN/ALQ-133 „QUICK LOOK 2” podsystem powietrznego rozpoznania sygnałów radiolokacyjnych;
- AN/MLR-8 naziemna stacja rozpoznania systemów radiolokacyjnych;
- AN/APR-39 urządzenie ostrzegające o opromieniowaniu samolotu sygnałami radiolokacyjnymi;
- AN/TLR-31 odbiornik rozpoznania radioelektronicznego.

Kompania WE rppanc. przeznaczona jest do prowadzenia rozpoznania i zakłócania środków radiowych i radiolokacyjnych systemów dowodzenia wojskami i kierowania ogniem artylerii polowej i obrony przeciwlotniczej przeciwnika. Wykonuje zadania w ugrupowaniu pułku. W wyposażeniu kompanii walki elektronicznej rozpoznawczego pułku pancernego KA znajdują się następujące urządzenia i podzespoły rozpoznania i zakłóceń radiolokacyjnych:

- AN/MSQ-103A „TEAMPACK” ruchome naziemne urządzenie rozpoznania SRL (rozpoznania pola walki, artylerii polowej i OPL);
- AN/ALQ-143 „MULTEWS” (Multiple Target Electronic Warfare System) podsystem powietrznego rozpoznania oraz zakłócania naziemnych i samolotowych SRL;
- AN/APR-39 urządzenie ostrzegające o opromieniowaniu śmigłowca sygnałami r/lok.

Batalion rozpoznania i walki elektronicznej dwiziji przeznaczony jest do prowadzenia rozpoznania i zakłóceń radioelektronicznych środków i systemów dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki wojsk przeciwnika działających w pierwszym rzucie związków operacyjnych i taktycznych. W wyposażeniu tego batalionu znajdują się następujące urządzenia i podzespoły rozpoznania i zakłóceń radiolokacyjnych:

- AN/MSQ-103A - „TEAMPACK”;
- AN/ALQ-143 - „MULTEWS”;
- AN/ALQ-162 - nadajnik zakłócający SRL pracujące na fali ciągłej;

- AN/APR-39 - urządzenie ostrzegające;
- AN/ULQ-14 - ruchoma naziemna stacja zakłóceń radiolokacyjnych;
- AN/PSS-10 - miniaturowy odbiornik ostrzegawczy.

Ponadto należy dodać, że w wyposażeniu batalionu rozpoznania i WE dywizji znajduje się również naziemny radiolokacyjny podsystem rozpoznania pola walki, w którym wykorzystywane są przenośne stacje radiolokacyjne typu AN/PPS-15.

Kompania śmigłowców WE dywizji przeznaczona jest do prowadzenia rozpoznania radiolokacyjnego (aktywnego) celów ruchomych i obezwładniania środków radiowych KF i UKF. W wyposażeniu tej kompanii znajduje się śmigłowcowy podsystem rozpoznania naziemnych celów ruchomych SOTAS. W skład tego podsystemu wchodzi AN/APS-94A wraz z urządzeniami przekazywania danych na Ziemię (umieszczone na śmigłowcach EH-60B) oraz 6 naziemnych punktów z urządzeniami analizy danych.

Charakterystyka podsystemów WE sił lądowych USA

AN/ALQ-143 MULTEWS – podsystem powietrznego rozpoznania i zakłócania naziemnych oraz samolotowych SRL. Podsystem MULTEWS jest instalowany głównie na śmigłowcach EH-60A i wykorzystywany w kompanii walki elektronicznej rozpoznawczego pułku pancernego oraz batalionie rozpoznania i walki elektronicznej dywizji amerykańskich sił lądowych do prowadzenia rozpoznania i obezwładniania SRL (rozpoznania pola walki, artylerii polowej i OPL oraz pokładowych), pracujących w paśmie 0,5-18 GHz. (z możliwością jego rozszerzenia do 40 GHz). Umożliwia on wykrywanie, śledzenie i określanie położenia nadajników sygnałów radiolokacyjnych oraz prowadzenie technicznej analizy do 200 typów sygnałów, a także określa optymalne parametry sygnałów zakłócających, steruje poziomem mocy tych sygnałów i automatycznie uruchamia nadajnik zakłócający zdolny do jednoczesnego zakłócania 4-6 stacji radiolokacyjnych.

Podsystem MULTEWS (jest obsługiwany przez drugiego pilota śmigłowca) ma możliwość ścisłego współdziałania z innymi podsystemami rozpoznania radioelektronicznego amerykańskich sił lądowych, takimi jak: AN/TSQ-109 AGTELIS, AN/ALQ-133 QUICK LOOK 2, AN/MSQ-103 TEMPACK oraz przeciwdziałania AN/ULQ-14.

Śmigłowiec EH-60A jest ponadto wyposażony w urządzenia nawigacyjne do precyzyjnego określania własnego położenia oraz w sprzęt łączności. Do obrony własnej przed przeciwlotniczymi pociskami raketowymi posiada: odbiornik AN/APR-39 ostrzegający o opromieniowaniu, nadajnik AN/ALQ-162 zakłócający stacje radiolokacyjne pra-

cujące na fali ciągłej, wyrzutnie dipoli i flar XM-130 oraz urządzenie zakłócające AN/ALQ-144 pracujące w podczerwieni. W działaniach uczestniczą zazwyczaj dwa śmigłowce znad własnego terenu, wykonujące lot na wysokości od kilkuset do 3000m, w odległości kilku km od linii styczności wojsk.

AN/ULQ-14 – ruchoma naziemna stacja zakłóceń radiolokacyjnych. Stacje te, pracujące w paśmie 8,5-17 GHz, wykorzystywane są w armii amerykańskiej jako naziemne elementy wielozadaniowego powietrznego podsystemu walki elektronicznej AN/ALQ-143 MULTEWS do osłony radioelektronicznej wszystkich szczebli armii od dywizji w górę, przed zagrożeniem ze strony naziemnych i powietrznych systemów radiolokacyjnych. Podstawowymi obiektami przeciwdziałania dla tych stacji są radary artyleryjskie, moździerzowe, wykrywania i śledzenia oraz inne systemy radiolokacyjne znajdujące się w zasięgu bezpośredniej widzialności. Urządzenia AN/ULQ-14 są instalowane w standartowych w armii amerykańskiej opancerzonych kabinach S250, umieszczonych na 1,5 tonowych ciągnikach samochodowych. Połączone one są liniami transmisji danych z podsystemami: kierowania naziemnym rozpoznaniem radioelektronicznym AN/TSQ-109 AGTELIS, rozpoznania i przeciwdziałania powietrznego AN/ALQ-143 MULTEWS, rozpoznania powietrznego AN/ALQ-133 QUICK LOOK 2 i naziemnego AN/MSQ-103 TEAMPACK. Nadajnik stacji AN/ULQ-14 posiada zdolność do jednoczesnego zakłócania od 4 do 6 źródeł sygnałów radiolokacyjnych.

ADEWS (*Air Defense EW System*) – podsystem walki elektronicznej obrony powietrznej. ADEWS jest mobilnym naziemnym podsystemem rozpoznawczo - zakłócającym wspólnie rozwijanym przez siły lądowe i siły powietrzne armii amerykańskiej. Jego przeznaczenie to przeciwdziałanie atakowi sił konwencjonalnych przeciwnika przy współpracy z systemami rakiet przeciwlotniczych, takich jak Patriot, Hawk i FAADS (uzupełnia radary kierowania ogniem tych systemów). Jest to podsystem pasywno - aktywny zapewniający wykrywanie i zakłócanie pokładowych urządzeń radioelektronicznych samolotów przeciwnika, próbujących pokonać obronę powietrzną na małych wysokościach.

W pasywnym rodzaju pracy ADEWS zapewnia systemowi obrony powietrznej wykrywanie, śledzenie, identyfikację i lokalizację samolotów przeciwnika, bez użycia jego aktywnych stacji radiolokacyjnych. Umożliwia to użycie radarów kierowania ogniem systemu OP dopiero w ostatnim momencie, dzięki czemu utrudnia się przeciwnikowi zastosowanie pocisków przeciwradiolokacyjnych.

W aktywnym rodzaju pracy podsystem stosuje sygnały zakłócające o wysokiej mocy do zakłócania pokładowych urządzeń radioelektronicznych, uniemożliwiając przeciwnikowi ich wykorzystanie. Realizacja zadań ESM w ADEWS wykorzystuje w dużym stopniu technikę wielowiązkowych układów antenowych podsystemu AN/SLQ-32, szeroko stosowanego (rozpowszechnionego) w Marynarce Wojennej Stanów Zjednoczonych.

ADEWS jest zaprojektowany jako ruchomy, szybko rozwijany podsystem taktyczny, zainstalowany w kabinie opancerzonej typu S-280 na pojeździe samochodowym. Wykorzystano w nim technikę prototypu budowanego wcześniej dla sił powietrznych. Podsystem ten będzie wykorzystywany w siłach lądowych, jak i powietrznych armii amerykańskiej.

Podsystemy WE w SZ Wielkiej Brytanii

Walkę elektroniczną w siłach zbrojnych Wielkiej Brytanii organizuje Główny Zarząd Rozpoznawczy. Koordynuje on działalność organów walki elektronicznej wszystkich rodzajów sił zbrojnych. W poszczególnych rodzajach tych sił organami kierowania walką elektroniczną są dowództwa rozpoznania. Do realizacji zadań rozpoznania i zakłócania systemów radiolokacyjnych w siłach lądowych przeznaczone są kompanie rozpoznania i obezwładniania systemów radiolokacyjnych (wchodzące w skład pułku walki elektronicznej, wykonującego zadania wsparcia radiolokacyjnego KA).

W brytyjskich siłach lądowych występują następujące urządzenia i podsystemy rozpoznania i zakłócania sygnałów mikrofalowych:

TYPE S-373 ECM EQUIPMENT – stacja wykrywania i zakłócania sygnałów radiolokacyjnych. Urządzenie to jest produkowane dla armii brytyjskiej przez firmę Marconi Radar. Stanowi ono wielokanałowe urządzenie walki elektronicznej o dużej mocy zakłóceń. S-373 jest mobilnym autonomicznym podsystemem ECM, przeznaczonym do wykrywania, analizy i lokalizacji źródeł elektromagnetycznych przeciwnika oraz ich zakłócania. Może być także wykorzystywany w celach treningowych do kontroli pracy własnych radarów w warunkach zakłóceń. Kabina urządzenia, stanowiąca jednotonowy kontener zawierający całą elektronikę stacji, umieszczona jest na platformie czterotonowego ciągnika samochodowego typu Bedford.

Nadajnik zakłóceń jest urządzeniem wielokanałowym (wielopasmowym). W każdym paśmie nadawczym pracuje niezależna LFB dużej mocy, zasilająca własną tubę falowodową. W skład każdego nadajnika wchodzi oscylator o zmiennej częstotliwości

przestrzajany cyfrowo, wzmacniacz wstępny, modulator i wyjściowy wzmacniacz mocy. Modulator zapewnia szeroki zakres zmian charakterystyk modulacji, obejmujący: AM i szerokopasmową FM (sinusoidalna, liniowa i szumowa) oraz modulację impulsową, ze zmianą w szerokich granicach czasu trwania i okresu powtarzania impulsów. Możliwa jest także kombinacja wszystkich tych rodzajów modulacji.

TYPE 405J MOBILE EQUIPMENT - to urządzenie, produkowane przez firmę Siemens Plessey Radar przeznaczone do wykrywania, analizy sygnałów radiolokacyjnych i zakłócania naziemnych radarów pracujących w paśmie 1-16 GHz. Jest to naziemne mobilne urządzenie, zawierające odbiornik rozpoznawczy przeznaczony do wykrywania i analizy charakterystyk sygnałów radarowych przeciwnika, oraz podsystem ESM generujący różnego rodzaju zakłócenia. Urządzenie jest zainstalowane w nadwoziu samochodu terenowego, który również przewozi anteny: odbiorczą i nadawczą, umieszczone na składanym maszcie.

Anteny mogą być ustawione w azymucie i elewacji w kierunku wybranego radaru. Czulość odbiornika i moc wyjściowa nadajnika pozwala na wykorzystanie tego urządzenia na odległości nie przekraczające 100 km od wykrywanych radarów. Urządzenie może pracować w jednym z 4 następujących pasm częstotliwości: 1 - 2, 2 - 4, 4 - 8, 8 - 16 GHz. Część rozpoznawcza urządzenia (odbiornik ESM z jednostką przetwarzania i zobrazowania sygnałów) analizuje odebrane sygnały i zobrazowuje ich parametry, takie jak: czas trwania impulsów, częstotliwość powtarzania impulsów, czas trwania serii, prędkość obrotów anteny i dokładny azymut wykrytego radaru. Urządzenie zawiera jednostkę sterującą pracą odbiornika i nadajnika. Na podstawie danych z jednostki przetwarzania jednostka sterująca wysyła komendy do nadajnika, który generuje odpowiednie do odebranego sygnału zakłócenia. Nadajnik może wytwarzać następujące rodzaje zakłóceń:

- fala ciągła o stałej częstotliwości nośnej;
- fala ciągła o liniowo zmieniającej się częstotliwości w paśmie o zmiennej szerokości;
- szumowa FM o zmiennej szerokości pasma;
- sygnał z impulsową modulacją, ze zmianą czasu trwania i częstotliwości powtarzania impulsów.

Urządzenie to może także wytwarzać tzw. pozorne cele uwodzące w odległości i prędkości. 405J jest zaprojektowane w postaci modułowej aby spełniało wymogi różnych użytkowników. Obsługiwane jest przez dwu operatorów. Rozwijanie (zwijanie) i przygotowanie do pracy urządzenia zajmuje tylko 10 - 15 min.

SERIES S-500 MOBILE EW SYSTEM jest naziemnym urządzeniem typu ESM/ECM przeznaczonym do rozpoznawania i zakłócania naziemnych stacji radiolokacyjnych. Może być wykorzystywane do prowadzenia skrytego pasywnego przeszukiwania terytorium przeciwnika lub do wspierania radioelektronicznego działań wojsk lądowych. Posiada następujące możliwości:

- wykrywania i analizy charakterystyk sygnałów radiolokacyjnych, potrzebnych do wytworzenia zakłóceń;
- generowania zakłóceń dużej mocy o różnych rodzajach modulacji, dopasowanych do konkretnych stacji radiolokacyjnych przeciwnika;
- pracy w pięciooktawowych pasmach częstotliwości: C - 0,5-1, D - 1-2, E/F - 2-4, G/H - 4-8, I/J - 8-16 GHz.

Urządzenie S-500 składa się z odbiornika sygnałów, bloku obróbki i sterowania oraz nadajnika. Bloki te, umieszczone w konsolach, są zainstalowane w klimatyzowanym przedziale przewoźnej kabiny. Anteny odbiorcze i nadawcze wraz z elementami wielkiej częstotliwości, wzmacniaczami LFB lub na ciele stałym (w paśmie C) i mechanizmem podnoszenia w kącie elewacji, zainstalowane są na masztach. Istnieje możliwość ręcznego sterowania obrotami anten (awaryjny rodzaj pracy).

Urządzenie S-500 jest zaprojektowane do rozpoznania i zakłócania szybko przestrajanych radarów przeciwnika, pracujących, impulsowo i na fali ciągłej. Stacja ta może być użyta do dookólnej kontroli sytuacji radiolokacyjnej i ma następujące możliwości:

- pracy w podsystemie lub samodzielnej (autonomicznej);
- pomiaru następujących parametrów; kąta przyścia, częstotliwości nośnej, czasu trwania i częstotliwości powtarzania impulsów, szerokości pasma przestrajania oraz prędkości obrotowej anten;
- przesyłania (do punktu dowodzenia) danych z rozpoznania fonicznie lub linią transmisji danych w systemie utajnionym;
- wytwarzania zakłóceń impulsowych (maskujących i pozorujących) lub szumowych (maskujących), które mogą być nacelowane (wąskopasmowe) lub zaporowe (szerokopasmowe);
- trzech rodzajów monitorowania sygnałów radiolokacyjnego przeciwnika (w zależności od rodzaju wykrytego sygnału i rodzaju stosowanych zakłóceń) w trakcie generacji zakłóceń i oceny ich efektywności;
- zakłócania własnych radarów w celach treningowych.

Urządzenie to jest produkowane w 5 wersjach – odpowiednio do pasm częstotliwości. Główne różnice pomiędzy tymi wersjami polegają na zmianie reflektorów anten i źródeł promieniowania, ponadto wersja C zawiera wzmacniacz na ciele stałym w ostatnim stopniu wzmacniacza nadajnika, podczas gdy pozostałe cztery wersje wykorzystują LFB.

Podsystemy WE w SZ Niemiec i Francji

Większość państw NATO, w tym również Niemcy i Francja, utrzymują w swych siłach zbrojnych określone jednostki walki elektronicznej. Występują one we wszystkich rodzajach sił zbrojnych. W siłach lądowych tych państw znajdują się oddziały i pododdziały walki elektronicznej, przeznaczone do wspierania elektronicznego działań bojowych KA lub armii polowych i poszczególnych dywizji. Występują w nich odpowiednio: w Armii Polowej (siły lądowe Francji) – pułk walki elektronicznej, w KA (siły lądowe Niemiec) – batalion walki elektronicznej, w dywizji – kompania walki elektronicznej. W składach tych jednostek znajdują się pododdziały rozpoznania i obezwładniania radiolokacyjnego.

Pododdziały walki elektronicznej sił lądowych Niemiec i Francji wykorzystują amerykański sprzęt rozpoznania i zakłócania radiolokacyjnego oraz sprzęt własnej produkcji (tylko w zakresie rozpoznania).

W siłach lądowych Niemiec naziemne środki zakłóceń wykorzystuje się w niewielkim stopniu. W wyposażeniu korpuśnego br i WRE występują wielofunkcyjne stacje zakłóceń rlok. AN/MLQ-22 – 2 szt. Stacja ta pokrywa zakres 20-10500 MHz, posiada 4 nadajniki zakłóceń o mocy wyjściowej 1,5 kW. Zamontowana jest na samochodzie z przyczepą.

Charakterystyka podsystemów rozpoznania i walki elektronicznej sił zbrojnych Rosji i Ukrainy.

W kręgach wojskowych państw byłego ZSRR funkcjonują nieco inne pojęcia (i ich rozumienie) dotyczące walki elektronicznej (WE), która nazywana tu jest walką radioelektroniczną (WRE). W siłach zbrojnych Rosji Ukrainy WRE stanowi zespół przedsięwzięć i działań zmierzających do zdeorganizowania pracy systemów dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki przeciwnika oraz zapewnienia stabilnej pracy analogicznym systemom wojsk własnych.

Obejmuje ona :

- rażenie ogniowe punktów dowodzenia i obiektów radioelektronicznych;
- obezwładnianie radioelektroniczne;
- obronę radioelektroniczną;
- przeciwdziałanie technicznym środkom rozpoznania przeciwnika.

Rozpoznanie radioelektroniczne (które wg poglądów specjalistów wojskowych państw NATO wchodzi w zakres WE) nie wchodzi w zakres WRE, ale jest dostarczycielem danych dla jej oddziałów i pododdziałów. W siłach zbrojnych Rosji i Ukrainy rozpoznanie i WRE stanowią dwa odrębne pionory organizacyjne.

Na szczeblu centralnym organizatorem walki elektronicznej są zarządy WRE podległe sztabom głównym sił zbrojnych tych państw. W dalszej części zostanie przedstawiona struktura organizacyjna i możliwości prowadzenia tylko tej części WRE, która jest związana z zakłócaniem elektronicznym środków i systemów mikrofalowych, zwanym, według rosyjskiej terminologii, obezwładnianiem. Rozważania te dotyczą organizacji WRE w wojskach lądowych i obrony powietrznej Rosji i Ukrainy.

Do realizacji zadań między innymi zakłócania mikrofalowego są przeznaczone, występujące na szczeblu grupy armii pułki, a w armii 1 - 2 bataliony WRE typu S. Ponadto armia do realizacji tych zadań posiada klucz śmigłowców WRE (działających w składzie eskadry dowodzenia, rozpoznania i WRE armii). Na szczeblu DZ zadania te realizują dwa analogiczne klucze śmigłowców WRE, wchodzące w skład eskadry dowodzenia rozpoznania i WRE dywizji.

Pułki i bataliony WRE typu S frontu i armii przeznaczone są do zakłócania pokładowych systemów zabezpieczających dowodzenie (kierowanie) samolotami w powietrzu,

dokładne nacelowanie i naprowadzanie uzbrojenia oraz prowadzenie rozpoznania celów naziemnych. Obiektami osłanianymi przez te oddziały (pododdziały) mogą być zgrupowania wojsk, rejon BROT, SD Armii (Grupy Armii), przeprawy rzeczne oraz charakterystyczne punkty orientacyjne.

Frontowy pułk WRE typu S – może posiadać w swoim składzie od 2 do 3 batalionów zakłóceń radiolokacyjnych i odpowiednio do tego powinien być wyposażony w : 36 - 54 stacje SPO-8M i SPN-30 (zakres 3 cm) oraz 18 - 27 stacji SPN-40 (2 cm).

Pułk w składzie 3 batalionów może osłaniać:

- rejon rozwinięcia BROT oraz SD Grupy Armii;
- rejon ześrodkowania armii.

Armijny batalion WRE typu S składa się z kompanii dowodzenia i 3 kompanii zakłóceń radioelektronicznych. Kompania dowodzenia w składzie plutonu kierowania i plutonu rozpoznania radioelektronicznego wyposażona jest w zautomatyzowany podsystem kierowania pododdziałami zakłóceń AKUP-22 (1szt), stacje radiolokacyjne typu P-12 (1szt) i PRW-9 (1szt) oraz stacje rozpoznania systemów radiolokacyjnych POST-3M (1szt) i RPS-5 (2szt). Każda kszalok składa się z plutonu kierowania (obiekt AKUP-22), plutonu rozpoznania (P-12 i POST-3M po 1 szt.) i 3 plutonów zakłóceń (w każdym po 3 stacje jednego typu: SPO-8M, SPN-40, SPN-30).

Łącznie batalion WRE typu S posiada:

- 4 zautomatyzowane obiekty kierowania pododdziałami zakłóceń AKUP-22;
- 5 stacji radiolokacyjnych (4 odległościomierze P-12 i 1 wysokościomierz PRW-9);
- 6 SRRSR (4 szt. POST-3M i 2 szt. RPS-5);
- 27 stacji zakłóceń radiolokacyjnych (po 9 każdego rodzaju SPO-8M, SPN-40 i SPN-30).

Swoimi siłami może osłonić:

- 1 rejon A BROT oraz rejon ześrodkowania jednej dywizji i SD armii;
- rejon ześrodkowania 3-4 dywizji;
- bazę morską;
- 3 - 4 przeprawy rzeczne.

Eskadra śmigłowców dowodzenia, rozpoznania i WRE armii(dywizji) zawiera odpowiednio 1 (2) klucze śmigłowców WRE, każdy w składzie 3 śmigłowców typu Mi-8PPA, wyposażonych w aparaturę do zakłócania SRL OPL przeciwnika. Są to urządzenia :

SPS-63 (pracujące w paśmie częstotliwości 2,73-3,75 GHz), SPS-66 (1-1,5 GHz), SPS-88 (8-10 GHz). Każde z tych urządzeń może jednocześnie zakłócać 1-2 cele z odległości nie przekraczającej 100 km.

Podobne struktury organizacyjne i wyposażenie posiada batalion WRE typu S korpusu wojsk. Dodatkowo batalion ten ma w swoim składzie pluton maskowania przeciwradiolokacyjnego, wyposażony w 30-35 odbijaczy kątowych i 50 odbijaczy typu sfera.

Batalion ten swoimi siłami i środkami może:

- osłonić 2 - 3 obiekty małe lub jeden duży;
- ustawić 2 obiekty pozorne o wymiarach 250x250 m (za pomocą odbijaczy kątowych);
- zmienić zarys 2 wodnych punktów orientacyjnych (np. mostów);
- 2 - 3 razy zwiększyć efektywność rażenia celów nisko lecących (przez przeciwlotnicze zestawy rakietowe).

Ogólna charakterystyka taktyczno - techniczna podsystemu WRE Rosji i Ukrainy

W wojskach lądowych i OP podsystemy te są organizowane siłami batalionu WRE typu S w celu realizacji zadań osłony radioelektronicznej ważnych obiektów, takich jak: rejony rozwinięcia SD Armii, zgrupowania wojsk, lotniska, bazy morskie itp. W skład takiego podsystemu WRE wchodzi:

- punkt dowodzenia WRE, wyposażony w obiekt automatyzacji dowodzenia i kierowania AKUP;
- źródła danych (własne i zewnętrzne) o sytuacji powietrznej i radioelektronicznej;
- stacje zakłóceń radiolokacyjnych.

Obiekt AKUP-22 jest przeznaczony do automatyzacji dowodzenia i kierowania grupą złożoną maksymalnie z 30 naziemnych stacji zakłócających pokładowe SRL, umieszczone na pokładach ŚNP przeciwnika (celów poruszających się z prędkością nie większą niż 4500 km/h, na wysokości 8-9 km i w odległości do 400 km).

W skład grupy wchodzi stacje:

- automatycznie kierowane typu: SPN-30, SPN-40, SPO-8, SPO-8M;
- bez możliwości automatycznego kierowania typu: SPO-10, SPB-7

Obiekt AKUP-22 zapewnia kierowanie mieszaną grupą stacji zakłócających (ustawionych w maksymalnej od niego odległości 40 km) w następującym zestawie:

- 18 stacji automatycznie kierowanych;
- 12 SPB-7 lub 16 SPO-10 .

Realizuje automatycznie następujące zadania:

- 1) odbiór, obróbkę i zobrazowanie danych zewnętrznego wskazywania celów;
- 2) przyjęcie, odzwierciedlenie i przekazanie na PD ZO danych o gotowości bojowej i pracy stacji zakłócających;
- 3) rozdział celów dla stacji zakłócających, wchodzących w skład podsystemu WRE;
- 4) wskazanie stacjom zakłócającym automatycznie kierowanym azymutu (kierunku) celu, rodzaju pracy i czasu rozpoczęcia zakłócania. Nieautomatycznie kierowanym stacjom zakłóceń wskazany jest jedynie kierunek na cel;
- 5) dokumentowanie rezultatów działalności bojowej podsystemu;
- 6) kontrola poprawności działania obiektu automatyzacji i pracy bojowej stacji zakłócających.

W uzbrojeniu batalionów WRE typu S w wojskach lądowych i OP Rosji i Ukrainy znajdują się następujące typy stacji zakłóceń radiolokacyjnych:

- odzewowych SPO-10, SPO-8, SPO-8M, SPN-40;
- szumowych SPB-7, SPN-30.

Stacje SPB-7 i SPO-10 są konstrukcjami z przełomu lat 50/60, a więc mocno przestarzałymi, niespełniającymi wymagań współczesnego pola walki. Prawdopodobnie są one już wycofane z uzbrojenia. Charakterystyki techniczne i sposoby działania pozostałych typów stacji są analogiczne do ich polskich odpowiedników.

W ramach modernizacji wyposażenia sprzętowego do wyposażenia jednostek WRE wprowadzany jest mobilny automatyczny system walki radioelektronicznej (rys. 2.4.1.).

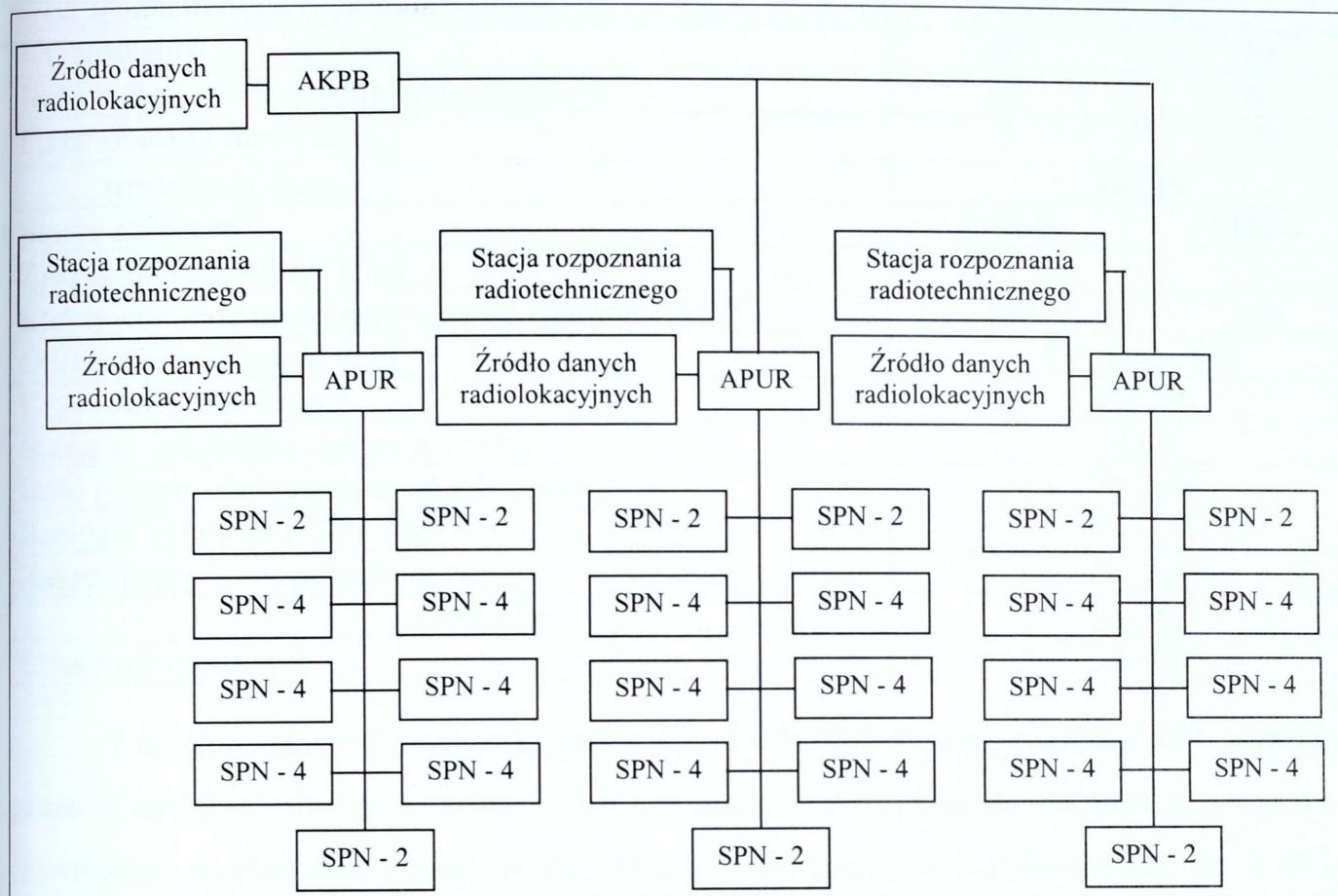
System ma możliwość jednoczesnego zakłócania (obezwładnienia) do 50 stacji radiolokacyjnych samolotów i śmigłowców lecących z dowolnych kierunków na wysokości od 30 do 30 tys. m.

W skład systemu wchodzi:

- automatyczny punkt dowodzenia batalionu (AKPB) – 1 komplet;
- automatyczny punkt dowodzenia kompanii (APUR) – 3 komplety;
- stacja rozpoznania radiolokacyjnego – 3 komplety;
- stacja zakłóceń (SPN-2, SPN-4) – 27 kompletów;
- ruchoma stacja kontrolno remontowa.

Dla osiągnięcia maksymalnej efektywności środki bojowe zestawu połączone są w system. Jego praca jest organizowana przez automatyczne punkty kierowania batalionu, posiadające operacyjno – dowódczą łączność z trzema punktami kierowania kompanii. Dane o sytuacji powietrznej, dostarczane do AKPB i APUR ze źródeł danych radioloka-

cyjnej i radiotechnicznej (do APUR), są opracowywane przez pokładowe komputery w celu określenia najbardziej niebezpiecznych celów powietrznych z określeniem klasy, szybkości, odległości, wysokości i trajektorii lotu i są segregowane w kolejności priorytetów ich zakłócenia. Podstawowe parametry systemu zobrazowano w tabeli 2.4.1.



Rys. 2.4.1 Struktura mobilnego automatycznego systemu walki radioelektronicznej

Naziemny kompleks kierowania zakłóceniami AKUP - 1 przeznaczony jest do kierowania ugrupowaniem stacji zakłóceń, składającym się z trzech kompanii. W skład każdej kompanii wchodzi 9 stacji zakłóceń (SPN-4 – 6szt., SPN-2 – 3 szt.) i automatyczny punkt kierowania (APUR). Koordynacja działalności kompanii następuje z automatycznego punktu batalionowego (AKPB) kompleksu AKUP-1.

Ugrupowanie stacji zakłóceń zapewnia przykrycie przed rozpoznaniem za pomocą pokładowych SRL obserwacji bocznej, kierowania uzbrojeniem klasy powietrze - ziemia naziemnych wojskowych obiektów z ekwiwalentną powierzchnią odbicia do 10 m² na płaszczyźnie rzędu 100x100 km (połączone SD, oddziały raketowe i artyleryjskie, lotniska, węzły kolejowe itp.), a także zagłuszanie SRL zabezpieczenia lotów na małych wysokościach - 50-300m.

Tabela 2.4.1.

Podstawowe parametry systemu AKUP-1

Punkty kierowania	AKPB	APUR
Odległość [km]		
– od źródła danych radiolokacyjnych	Do 20	
– kierowania	40	20
Ilość jednocześnie obsługiwanych celów	50	20
Czas: obróbki danych [s]	5	7
rozwijania [min.]	Do 45	
Stacje zakłóceń	SPN-2	SPN-4
Zakres częstotliwości [cm]	2	3
Efektywna moc promieniowanych zakłóceń [kW]	440	580
Odległość zakłócania [km]	Od 30 do 130	
Czas rozwijania [min.]	Do 20	
Stacja rozpoznania: zakres roboczy	2 i 3	
Ilość jednocześnie namierzanych celów	Do 60	
Zasięg wykrywania SRL [km.]	70 - 150	
Zakres pracy w stopniach: azymut	0 - 360	
elewacja	0 - 30	
Czas rozwijania min.	Do 20	

Naziemne stacje silnych zakłóceń szumowych **SPN-2** mogą zakłócać SRL z wolno przestrajaną częstotliwością nośną i z przestrajaniem od impulsu do impulsu przy częstotliwościach powtarzania impulsów do 5kHz w dwu kierunkach jednocześnie do 2 SRL obserwacji bocznej lub do 2 SRL zabezpieczenia lotów na małych wysokościach lub do 6 SRL kierowania uzbrojeniem (odpowiednio po 1 SRL OB, 1 ZLMW i po 3 SRL KU w każdym kierunku). Sektor jednoczesnej pracy 10x45 stopni (reżim wąskich wiązek) lub 45x45 stopni (reżim szerokich wiązek).

Rodzaje promieniowanych zakłóceń:

- szumowe (maskujące) quasi-ciągłe (mogą być nacelowane, odpowiadające widmowo odbieranym impulsom 6 - 19,2 MHz, lub zaporowe 260 - 270 MHz);
- szumowe odzewowe (przy pracy zakłócanej stacji z przestrajaniem od impulsu do impulsu).

Stacja może zabezpieczać ukrycie przed rozpoznaniem przez SRL kierowania uzbrojeniem naziemnych obiektów o SPO do 10 m², przy lotach samolotów przeciwnika w odległości (samolot - obiekt) 10 - 15 km, i odległości stacji zakłóceń od obiektu na 5 - 15 km (w zależności od typu obiektu) z uwzględnieniem strefy martwej uwarunkowanej zakresem możliwości pracy stacji w kącie elewacji.

Zasadnicze dane techniczne:

Roboczy zakres częstotliwości - 13333 - 17544 MHz

Sumaryczna moc wyjściowa 1100 W

Czułość układów wejściowych: 90dB/W

Odległość wykrywania SRL w odległości bezpośredniej widzialności (w zależności od wysokości lotu nosiciela): 130 -150 km.

Odległość określenia typu SRL 70 -80 km.

Zakres pracy w azymucie 0 -360°, w elewacji od -2,5 do +45° (przy wąskich charakterystykach) i od -7,5 do +78° przy szerokich charakterystykach.

Dokładność odtworzenia współrzędnych kątowych: azymut 3,75 elewacja 1,4°.

Dokładność określenia częstotliwości środkowej widma odbieranego sygnału - nie więcej niż 3,5 MHz.

Czas opóźnienia wysłania odzewowego sygnału zakłóceń od momentu odbioru sygnału SRL przestrajanej w częstotliwości – nie więcej niż 10μs.

Naziemna stacja silnych zakłóceń szumowych **SPN-4** zapewnia automatyczne poszukiwanie, klasyfikację celów według przynależności (swoj - obcy), określenie rodzaju celów (OB, KU, ZLMW) i parametrów ich sygnału (częstotliwość nośną, okres powtarzania i długość impulsów, częstotliwość zmian powtarzania impulsów), wybór priorytetowych celów i wysłanie przycelowanych w częstotliwości zakłóceń o określonej strukturze (określonego rodzaju) w zakresie sektora jednoczesnej pracy składającego się z 24 wiązek. Obróbka sygnału następuje jednocześnie z dwu kierunków. Przy tym formowanie charakterystyki i ustalanie kierunku realizowane jest za pomocą anteny z fazowaną aperturą. Kierowanie pracą stacji realizowane jest za pomocą wyspecjalizowanego komputera.

W stacji przewidziane są 3 rodzaje pracy:

- przegląd -określanie kierunków na promieniujące cele;
- zakłócanie - określenie typu SRL, wybór celu, automatyczne śledzenie i zakłócanie;
- imitacja - trenowanie operatora z odzwierciedleniem danych o imitowanej sytuacji radiotechnicznej na pulpicie kierowania.

Zasadnicze dane techniczne:

Roboczy zakres częstotliwości - 8000 - 10170 MHz

Sumaryczna moc wyjściowa 1250 - 2500 W

Czułość układów wejściowych: 90dB/W

Odległość zakłócenia SRL OB – z jednego kierunku ≥ 60 km, z dwu kierunków – ≥ 40 km, SRL ZLMW – z jednego kierunku ≥ 50 km, z dwu kierunków – ≥ 30 km.

Odległość określenia parametrów sygnału i typu SRL nie mniej niż 80 km.

Odległość osłony naziemnych obiektów przed SRL KU nie mniej niż 130 km.

Zakres pracy w azymucie $0 - 360^\circ$, w elewacji od $-2,5$ do $+45^\circ$

Szerokość sektora jednoczesnej pracy – 45° w azymucie i elewacji.

Maksymalna odległość rozpoznania pokładowych SRL KU – 150 km.

Naziemny kompleks radioelektronicznego zakłócenia SRL systemów rozpoznawczo - uderzeniowych przeznaczony jest do osłaniania naziemnych w tym małorozmiarowych obiektów uzbrojenia i techniki bojowej drogą zakłócenia radioelektronicznego głównego listka charakterystyki antenowej pokładowych SRL zestawów rozpoznawczo - uderzeniowych, pracujących w rodzaju pracy rozpoznanie powierzchni ziemi z kartografowaniem i selekcją celów ruchomych; a także SRL lotnictwa taktycznego, w tym SRL OB.

Zasadnicze parametry taktyczno - techniczne:

Zakres częstotliwości (podzielony na 3 podzakresy) – 8 - 18 GHz.

Proste sygnały impulsowe odbierane i analizowane: długość – 1 - $5\mu\text{s}$, częstotliwość powtarzania 0,25 - 10 kHz.

Impulsy z modulacją częstotliwości: długość – 1-25 (60 - 300) μs , szerokość widma 1 - 20 (3), częstotliwość powtarzania 0,5 - 3(0,5 - 3) kHz.

Polaryzacja odbieranych sygnałów – pozioma i pionowa.

Sektor pracy bojowej (azymut x elewacja) $120^\circ \times 15^\circ$.

Zakłócenie radioelektroniczne głównego listka charakterystyki SRL 2x2.

Odległość rozpoznania i zakłócenia SRL: zestawów rozpoznawczo - uderzeniowych 80 – 200 km, lotnictwa taktycznego – 30 - 100 km.

Potencjał energetyczny – 1000 W.

Polaryzacja generowanych sygnałów – chaotyczna.

Rodzaje zakłóceń: szumowe, przycelowane w częstotliwości, dopasowane do widma, quasi-ciągłe, odzewowe z opóźnieniem.

Zmodernizowana stacja zakłóceń **SPN - 30** przeznaczona jest do radioelektronicznego zakłócenia w rozszerzonym roboczym zakresie częstotliwości istniejących, w tym także zmodernizowanych, SRL bazowania powietrznego dla osłony obiektów naziemnych

i powietrznych. Zapewnia zakłócanie głównych wiązek i listków bocznych charakterystyk kierunkowych następujących klas pokładowych SRL:

- obserwacji bocznej;
- zestawów rozpoznawczo - uderzeniowych;
- kierowania uzbrojeniem;
- zabezpieczenia lotów na małych wysokościach;
- wielofunkcyjnych.

Zmodernizowana stacja SPN - 30 może generować następujące rodzaje sygnałów zakłóceń:

- quasi-ciągłe;
- wielokrotne impulsowe lub odzewowe opóźnione;
- szumowe nacelowane w częstotliwości i dopasowane widmowo.

Zasadnicze parametry taktyczno - techniczne stacji SPN- 30:

Zakres częstotliwości roboczych – 8 - 12 GHz.

Potencjał energetyczny - przy wąskiej charakterystyce antenowej 68 dB/W, przy szerokiej – 54 dB/W.

Czułość: dla sygnałów poniżej 100 μ s – 123dB/W, powyżej 100 μ s – 140 dB/W.

Parametry analizowanych sygnałów:

- prostych impulsów : długość 0,1 - 5 μ s, częstotliwość powtarzania 5 - 50 kHz;
- złożonych z liniową modulacją częstotliwości długość 1 - 300 μ s, częstotliwość powtarzania 0,25 - 300 kHz, szybkość modulacji 3 MHz/ μ s.

Zakres pracy w azymucie 360°, w elewacji 0 - 30°.

Do wyposażenia pododdziałów WRE należą również urządzenia konstruowane pod kątem zakłócania określonych stacji, w tym szczególnie stacji radiolokacyjnej systemu dalekiego rozpoznania i naprowadzania AWACS. Do urządzeń o tym przeznaczeniu należą:

Naziemny kompleks silnych zakłóceń **PELENA-1** z automatycznym naprowadzaniem częstotliwości wytwarzanych zakłóceń na częstotliwości nośne SRL, pracujący w systemie szybkiego przestrajania. Uniemożliwia przy tym wykrywanie przez stację radiolokacyjną obiektów powietrznych o SPO 10 -15 m². Odległość SRL - chroniony obiekt 50 -80 km, odległość : kompleks – SRL – do 250 km.

Zasadnicze dane techniczne:

Sektor zakłócania $\pm 45^\circ$.

Prawdopodobieństwo: zakłócenia SRL nie mniej niż 0,8, porażenia kompleksu przeciwradiolokacyjnymi raketami nie więcej niż 0,2.

Zakres pracy: w azymucie $0 - 360^\circ$, w elewacji od -1 do $+25^\circ$.

Sektor automatycznego poszukiwania w azymucie: $30; 60; 120^\circ$.

Naziemny zestaw nadajników zakłóceń małej mocy, przeznaczony do zakłócania głównego listka charakterystyki antenowej przy pracy w impulsowo – dopplerowskich reżimach ze skanowaniem i bez skanowania wiązki w elewacji, w impulsowym i kombinowanych rodzajach wykrywania celów powietrznych. W skład zestawu wchodzi 6 nadajników zakłóceń i punkt kierowania.

Zasadnicze dane:

Zakres częstotliwości roboczych - 2,8 - 3,54 GHz.

Wydajność widmowa nadajnika – nie mniej niż 10W/MHz.

Rodzaje zakłóceń: quasi-ciągłe, kierowane zaporowe w częstotliwości.

Szerokość widma zakłóceń – do 5 MHz.

Zakres pracy w azymucie 60° w elewacji – $1-6^\circ$.

Czułość – do 70 dB/W.

Maksymalna odległość nadajnika od SRL – 250 km.

Czas pracy : z sieci – ciągła, z baterii – 12 godz.

Na międzynarodowej wystawie uzbrojenia i techniki wojskowej Lima - 2001 rosyjska firma Rosoboroneksport przedstawiła ofertę broni wiązkowej szczebla taktycznego, wykorzystującej mikrofałe do niszczenia obiektów powietrznych, w tym pocisków raketowych, samolotów, śmigłowców i bezzałogowych aparatów latających. W zaawansowanej fazie znajdują się obecnie projekty mobilnego działła mikrofalowego *Raniec - E*, zdolnego do unieszkodliwienia atakujących obiektów powietrznych w promieniu 10 km oraz zestawu zakłóceń elektronicznych *Rosa - E*.

Generator działła *Raniec - E* pracuje w zakresie fal centymetrowych, a jego moc w impulsie wynosi 500MW. Czas trwania impulsu 10 - 20 nanosekund. Według danych konstruktorów unieszkodliwienie celu następuje przez zaindukowanie w jego obwodach elektrycznych i podzespołach elektronicznych (mikroprocesorach) silnych sygnałów zakłócających prace systemów pokładowych, lub ich zniszczenie (przepalenie). Urządzenie

antenowe umożliwia pracę dookólną, przy kącie podniesienia od 0 do 60 stopni. Masa zestawu przekracza 5 ton.

Stacja Rosa-E również pracuje w tym samym zakresie fal i jest przeznaczona do zakłócania pracy systemów radiolokacyjnych w promieniu do 500 km. Mieści się w kontenerze o łącznej masie (stacji i kontenera) 600 - 1500 kg, co umożliwia jej instalowanie na podwoziu kołowym (gąsienicowym) lub w samolocie. Moc wyjściowa stacji wynosi średnio ok. 10KW.

Charakterystyka lotniczych środków zakłóceń radiolokacyjnych

W siłach powietrznych urządzenia zakłóceń radiolokacyjnych montowane są w samolotach specjalnych WRE oraz bojowych i śmigłowcach.

Specjalnymi samolotami WRE wyposażonymi m.in. w urządzenia zakłóceń rlok dysponują tylko niektóre kraje, jak: USA, Rosja, Ukraina, Niemcy i Wielka Brytania. Samolotami tymi są: amerykańskie-EA-6A, EA-6B, F-4G, EF-111A, F-16G, rosyjskie- Su-24MP, MiG-25BM, Tu-16pp, Tu-22p., ukraiński Jak-28pp, niemiecki Tornado ECR, HFB-320 oraz angielskie R-1. Inne państwa nie posiadają wyspecjalizowanych samolotów WRE, mają natomiast specjalnie przystosowane do potrzeb jej prowadzenia samoloty bojowe. Pozostałe samoloty bojowe wyposażone są w autonomiczne środki osłony lub w podczepiane zasobniki. Podobne wyposażenie mają śmigłowce uderzeniowe.

Ponadto stosuje się śmigłowce Mi-8PPI z urządzeniami „Ikebana”, służące do zakłócania wielofunkcyjnych celowników radiolokacyjnych samolotów przeciwnika. Są one używane przede wszystkim w obronie własnych wojsk przed uderzeniami lotnictwa taktycznego przeciwnika.

Oba wymienione typy śmigłowców występują w trzech eskadrach śmigłowców WRE (razem w części europejskiej – trzy eskadry z ok. 60 Mi-8PP).

W siłach powietrznych państw NATO – do obrony lotnictwa bojowego wykorzystywane są trzy rodzaje urządzeń zakłócających:

- środki zakłócające dalekiego zasięgu (stand off) – są instalowane na samolotach wykonujących zadania ze strefy dyżurowania znajdującej się poza zasięgiem środków obrony plot przeciwnika. Emitują one sygnały dużej mocy (np. 7000W) zakłócające pracę stacji przeciwnika, dając ochronę własnemu lotnictwu w strefie swojego działania. Przedstawicielem tej grupy jest urządzenie AN/ALQ-99 montowane na samolotach EA-6B Prowler;

- urządzenia zakłócające instalowane na samolotach WRE (escort) – charakteryzują się dużą mocą i zapewniają osłonę grupie samolotów, np. AN/ALQ-149;
- urządzenia obrony indywidualnej (self protection) – charakteryzują się niewielkimi gabarytami oraz mniejszym zasięgiem zakłócania SRL. W skład wyposażenia obrony indywidualnej samolotu wchodzi urządzenia wykrywania i ostrzegania oraz stacje zakłóceń, np. AN/ALQ-131, EL70C/EL73.

Wnioski do podrozdziału 2.4.

1. W armiach państw sąsiednich środki zakłóceń radiolokacyjnych wykorzystywane są w sposób zróżnicowany. W siłach zbrojnych państw wschodnich – zasadniczym sposobem ich wykorzystania jest zespołowa osłona radiolokacyjna głównych zgrupowań uderzeniowych (obronnych) wojsk, w zasadzie przez specjalistyczne jednostki zakłóceń, w mniejszym stopniu indywidualnie przez poszczególne środki bojowe. Jednak duże obiekty mobilne, tj. lotniskowce, część okrętów i samolotów – wyposażone są w indywidualne środki rozpoznania i zakłóceń radiolokacyjnych. W armiach państw zachodnich zasadniczym sposobem wykorzystania środków rozpoznania i zakłóceń radiolokacyjnych jest ich montowanie na środkach walki, takich jak : samolot, śmigłowiec, okręt, wóz bojowy z przeznaczeniem do indywidualnej osłony przed rozpoznaniem i efektywnym użyciem kierowanych środków ogniowych. Występują również specjalistyczne samoloty WRE wykorzystywane do osłony zbiorowej. Zróżnicowane jest również wykorzystanie środków zakłóceń w zależności od użycia w rodzajach sił zbrojnych.
2. W wojskach lądowych państw wschodnich zasadniczym sposobem prowadzenia WRE jest grupowa osłona przeciwradiolokacyjna zasadniczych zgrupowań uderzeniowych (obronnych) przez wyspecjalizowane oddziały i pododdziały. Zasadniczymi urządzeniami osłony radiolokacyjnej są stacje SPO-8M, SPN-30, SPN-40 oraz nowszej generacji: SPN-2, -3, -4.
3. Wykorzystanie do prowadzenia walki radioelektronicznej naziemnych aktywnych środków zakłócania mikrofalowego jest zróżnicowane. Zestawienie ilościowe jednostek organizacyjnych walki elektronicznej i ilości wykorzystywanych stacji zakłócania mikrofalowego w siłach zbrojnych Rosji, Niemiec i USA przedstawiono w tabeli 2.4.1. Wynika z niej, że w wojskach lądowych państw zachodnich naziemne stacje zakłóceń występują w śladowych ilościach, a ich udział w prowadzeniu szeroko rozumianej wojny elektronicznej nie jest znaczący.

Tabela 2.4.1

Zestawienie ilości wykorzystywanych środków zakłócania mikrofalowego

Rosja			Niemcy			USA		
DZ	Armia	Gru- paAr- mii	DZ	KA	Urz.Sił Łąd.	Rp- panc.	DZ	KA
Komp.	Batalion	Pułk	Komp.	Bat.(pułk)	BWE	Komp.	Batalion	Gr. WRE
9	28	81	-	10	-	2	3	-

4. Do obezwładniania naziemnych stacji radiolokacyjnych w armiach zachodnich wykorzystuje się również zminiaturyzowane nadajniki zakłóceń jednorazowego użytku. Z założenia nadajniki te zrzucane są w bezpośredniej bliskości zakłócających stacji radiolokacyjnych za pomocą pocisków raketowych i artyleryjskich lub zrzucane na spadochronach z samolotów. Zakres częstotliwości nośnej zakłóceń generowanych przez omawianą grupę miniatury nadajników wynosi od 150 MHz do 20 GHz, ze szczególnym uwzględnieniem wykorzystywanych pasm radiolokacyjnych, to jest 300-500 MHz, 200-2000, 2-4 GHz, i 8-10 GHz.

Moc średnia nadajników zakłóceń JU uzależniona jest od ich przeznaczenia i może wynosić od kilku do kilkudziesięciu wat. Czas pracy – od kilku minut do jednej godziny. Załączenie nadajników zakłóceń do pracy może następować w momencie zrzutu lub po osiągnięciu przez nie powierzchni ziemi, np. stosowany przez państwa NATO NZ typu AN/GLT-3, umieszczony jest w cylindrycznym pojemniku, który po zrzuceniu opuszcza się na spadochronie. W chwili zetknięcia z powierzchnią ziemi zasobnik otwiera się i następuje uruchomienie aparatury namiernika i nadajnika. Po wykryciu pracującej SRL oraz określeniu kierunku na nią, automatycznie włącza się nadajnik zakłóceń, który może pracować w dwu zakresach częstotliwości.

2.5. Wnioski wynikające z rozwiązania problemów zawartych w rozdziale drugim

1. We współczesnej walce i operacji znaczenie zakłócania mikrofalowego będzie permanentnie wzrastać, głównie ze względu na rozmach prowadzonych działań, w których dowodzenie wojskami i sterowanie środkami walki będzie odbywało się na dużych przestrzeniach, często na oddzielnych kierunkach, przede wszystkim za pomocą środków elektronicznych (radiostacje, stacje radioliniowe, troposferyczne i inne). Wysoka dynamika i manewrowość działań stwarzać będą często trudne sytuacje, w których dowództwa i sztaby nie będą miały ciągłej łączności lub jej utrzymanie będzie utrudnione. Jak wykazują doświadczenia z minionych konfliktów zbrojnych, szczególnie wojny w Zatoce Perskiej, zakłócanie wydaje się być niezmiernie efektywnym sposobem walki, umożliwiającym osiągnięcie celów politycznych i militarnych przy niewielkich kosztach rzeczowych i ludzkich. *In abstracto* oddziaływanie to można porównać do wysoce efektywnych systemów precyzyjnego rażenia.
2. Rodzaj zakłócanego obiektu, jego przeznaczenie i charakterystyki sygnałowe determinują zarówno potrzebę, jak i wybór sposobu zakłócania określonego przez kryteria czasowe i energetyczne.
3. Podczas oceny skuteczności zakłóceń należy wziąć pod uwagę, że urządzenie odbiorcze może być zakłócone przy odpowiednim poziomie sygnału zakłócającego w stosunku do sygnału użytecznego w miejscu jego rozwinięcia. Stosunek ten odniesiony do wejścia liniowej części zakłócanego odbiornika przyjęto nazywać współczynnikiem zakłóceń. Współczynnik degradacji określa minimalnie niezbędną wartość tego stosunku, zapewniającą określoną stratę danych (wartość wnoszonej entropii).
4. Skuteczne zakłócenie stacji radiolokacyjnych przeciwnika, znajdujących się na większych odległościach względem stacji zakłócających jest znacznie trudniejsze niż na małych odległościach. Korzystne jest dla zakłócania elektronicznego, kiedy odległości obserwacji radiolokacyjnej (R_s) są znacznie większe lub równe odległości zakłócania (R_z), bardzo duży wpływ na możliwości zakłócania elektronicznego wywiera również stosowanie przez przeciwnika technik przeciwalkłóceniovych zwiększających wymagany współczynnik zakłóceń.
5. Formą mikrofalowego zakłócania informacyjnego jest również obniżanie skutecznej powierzchni odbicia obiektów. Do obniżenia skutecznej powierzchni odbicia obiektów można wykorzystywać pokrycia specjalne pochłaniające lub rozpraszające

energię elektromagnetyczną oraz wszelkiego rodzaju ekrany radiolokacyjne. W ramach pasywnego zakłócania mikrofalowego w wojskach lądowych powinno się – analogicznie do innych rodzajów sił zbrojnych – stosować wystrzeliwanie przez specjalne wyrzutnie zamontowane na środkach walki (czołgach, transporterach opancerzonych, armatach, raketach) lub wyrzucanie z samolotów paczek z dipolami w chwili wykrycia opromieniowania tych środków.

6. Przyszłościową formą zakłócania informacyjnego w zakresie mikrofalowym będą elektronicznie generowane impulsy elektromagnetyczne dużej mocy, będące obok rażenia ogniowego środkiem zakłócania niszczącego.
7. Zasięg naziemnych urządzeń zakłócających pasma mikrofalowego ograniczony jest przez horyzont radiowy i zależy w dużym stopniu zarówno od warunków terenowych, jak i od wysokości usytuowania systemów antenowych urządzenia zakłócającego i zakłócanego.
8. Analiza struktury ilościowej omawianego sprzętu wykazuje, że obecny potencjał zakłóceń radiolokacyjnych w wojskach lądowych w zdecydowanej większości przeznaczony jest do obezwładniania pracy samolotowych urządzeń radiolokacyjnych przez stacje naziemne w ramach osłony:
 - ważnych ośrodków administracyjno–politycznych i gospodarczych;
 - przepraw wodnych i portów;
 - stanowisk dowodzenia i wojsk w rejonach ześrodkowania;
 - desantów wojsk w rejonach załadowania;
 - dróg marszu.

Operacyjną przydatność tych stacji dyskredytuje także ich bardzo duża wrażliwość na atak rakiet samonaprowadzających, co przy bardzo dużej cenie jednostkowej stawia w niekorzystnym świetle relacje kosztów do zysków. Wysoka wrażliwość na atak omawianych rakiet wynika z kilku niekorzystnych parametrów technicznych (pozytywnych z innego punktu widzenia), takich jak:

- promieniowanie energii w bardzo małym kącie bryłowym;
 - duży zasięg;
 - zwarta konstrukcja stacji, łącząca nadajnik i część rozpoznawczą w jedną bryłę;
 - brak możliwości wykrycia przez załogę ataku rakiety.
9. Większość opracowanych i nowo wprowadzanych do uzbrojenia urządzeń jest przeznaczona do obezwładniania naziemnych stacji radiolokacyjnych rozpoznania i kierowania ogniem oraz środków rozpoznawczych i celowników radiolokacyjnych aparatów latających a także okrętów. Można je podzielić na środki osłony indywidualnej i grupowej.

10. Środki aktywnych zakłóceń mikrofalowych emitują sygnały zakłócające w celu utrudnienia lub uniemożliwienia pracy stacji radiolokacyjnych, urządzeń nawigacyjnych i systemów identyfikowania przeciwnika. Stacje zakłóceń w zasadzie mają własny system rozpoznania lub współpracują z odbiornikami rozpoznawczymi, które prowadzą podstawową analizę sygnałów, klasyfikując je według ważności zagrożenia, wybierają optymalny sygnał zakłócający i jego moc, a także oceniają stopień zakłócenia obezwładnianej stacji radiolokacyjnej.

3. IDENTYFIKACJA PRZEDMIOTU INFORMACYJNEGO ZAKŁÓCANIA MIKROFALOWEGO W WOJSKACH LĄDOWYCH

CEL

Ustalenie potrzeb i możliwości zakłócania informacyjnego w przestrzeni fal elektromagnetycznych pasma mikrofalowego na współczesnym polu walki oraz cech urządzeń wykorzystujących promieniowanie elektromagnetyczne pasma mikrofalowego jako potencjalnych obiektów zakłócania informacyjnego.

PROBLEMY

1. Jakie systemy i urządzenia wykorzystujące fale elektromagnetyczne w zakresie mikrofalowym występują (mogą występować) na współczesnym polu walki?
2. Jakie są możliwości i potrzeby zakłócania tych urządzeń?
3. Jakie czynniki mogą mieć wpływ na celowość, możliwości i wyniki zakłócania informacyjnego w przestrzeni fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego?

HIPOTEZA

Współczesne pole walki charakteryzuje się dużym nasyceniem różnego rodzaju i przeznaczenia źródeł emisji elektromagnetycznej. Znajdują one szerokie zastosowanie w wykrywaniu obiektów powietrznych i nawodnych, obserwacji pola walki, naprowadzania samolotów i rakiet oraz kierowania środkami rażenia. Stanowią więc decydujący element środków bezpośredniego zagrożenia na polu walki. Szybki rozwój elektroniki oraz wnioski z prowadzonych na świecie konfliktów zbrojnych stały się stymulatorem nowych rozwiązań w urządzeniach radiolokacyjnych opartych między innymi na takich zasadach, jak: kompresja i kodowanie sygnałów, praca wieloczęstotliwościowa, pomiar trzech współrzędnych, elektroniczne kształtowanie i sterowanie wiązką antenową, adaptacyjne rodzaje pracy układów przeciwwzakłóceń. Stawia to nowe jakościowo zadania przed siłami i środkami zakłócania informacyjnego.

Różnorodność sprzętu radiolokacyjnego i źródeł promieniowania elektromagnetycznego jest duża i będzie coraz większa. Jako nośniki danych wykorzystywane są fale w coraz szerszych i wyższych pasmach częstotliwości. Oprócz stacji radiolokacyjnych w paśmie mikrofal pracuje coraz więcej urządzeń telekomunikacyjnych również stanowiących źródła sygnałów – nośników informacji. Są to zarówno wojskowe, jak i niewojskowe urządzenia, których liczba lawinowo wzrasta, a przykładem są urządzenia telefonii komórkowej i GPS.

Poprawna praca praktycznie każdego urządzenia radioelektronicznego może zostać uniemożliwiona poprzez oddziaływanie zewnętrznych środków zakłócających. Nie w każdym wypadku jest to jednak uzasadnione jak również łatwe do realizacji. Znacznie utrudnione lub wręcz niemożliwe staje się zakłócanie typu impulsowego imitującego. Najbardziej skutecznym sposobem pozostaną zakłócenia szumowe szeroko- i wąskopasmowe.

Jako kryterium możliwości zakłócania można przyjąć szacunkową ocenę efektywności zakłócania, tj. szacunku poniesionych nakładów techniczno – organizacyjnych w stosunku do uzyskanego efektu. Jako efekt należy rozumieć uniemożliwienie wiarygodnej pracy zakłócanego urządzenia. Drugim kluczowym elementem oceny jest celowość zakłócania danego urządzenia. Przez pojęcie to należy rozumieć ocenę istotności danego urządzenia w systemie informacyjnym przeciwnika.

Jedną z charakterystycznych cech współczesnego pola walki jest jego nasycenie najnowszymi urządzeniami elektronicznymi. Od ich poziomu technicznego i niezawodności działania zależy w dużej mierze efekt końcowy działań zbrojnych. Środki elektroniczne stały się swoistym narzędziem walki - umiejętnie wykorzystane mogą zdecydować o powodzeniu lub przegranej. Elektronikę wykorzystuje się w procesie rozpoznania, dowodzenia wojskami i sterowania środkami walki, a także w toku planowania, organizowania i nadzorowania walki zbrojnej. Jak wykazują doświadczenia z przebiegu minionych konfliktów zbrojnych, elektronika w znacznym stopniu decyduje o efektywności użycia środków walki i działaniu wojsk.

Jako podstawowy nośnik danych w systemach elektronicznych wykorzystywane są fale elektromagnetyczne. Stałą tendencją jest przy tym ciągle poszukiwanie nowych moż-

liwości w zakresie wykorzystania widma elektromagnetycznego. Szczególną uwagę zwraca się na wyższe częstotliwości, przy czym dotyczy to nie tylko urządzeń radiolokacyjnych czy radionawigacyjnych, ale również środków łączności radiowej. Współczesne pole walki charakteryzuje się dużym nasyceniem różnego rodzaju i przeznaczenia źródeł emisji elektromagnetycznej. Szacuje się¹²⁵, że na obszarze 1000 km² już w połowie lat 90 ubiegłego wieku znajdowało się około 614 aktywnych źródeł emisji, z czego 485 pracuje w paśmie do 500 MHz, 6 w paśmie 0,5–2 GHz, 15 w paśmie 4–8 GHz, 40 w paśmie 8–10 GHz i 54 w paśmie 10–40 GHz. Oznacza to, że w paśmie mikrofalowym pracuje ok. 25% źródeł emisji elektromagnetycznej. Oceniać należy, że obecnie znacznie wzrosła zarówno ogólna liczba źródeł emisji jak również procentowy udział źródeł mikrofalowych w tej liczbie (nawet bez wliczania urządzeń telefonii komórkowej). Wśród urządzeń wykorzystujących emisję fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego wyróżnić można dwie zasadnicze grupy służące do lokalizacji i komunikacji.

3.1. Środki radiolokacyjne

Radar¹²⁶ jest urządzeniem stosunkowo młodym, aczkolwiek źródła historyczne podają, że fakt odbijania się fal elektromagnetycznych od metalowych przedmiotów zaobserwowano już podczas pierwszych pionierskich eksperymentów z radiem, prowadzonych między innymi przez Marconiego i Popowa pod koniec osiemnastego wieku. W 1904 roku niemiecki inżynier Hülsmeyer otrzymał patent na sposób wykrywania obiektów metalowych za pomocą odbitych fal radiowych, jednak na radar jako urządzenie trzeba było poczekać jeszcze około 30 lat. W wyniku intensyfikacji prac naukowo – badawczych, ukierunkowanych konkretnie na radiolokację, w drugiej połowie lat trzydziestych w przodujących krajach¹²⁷ pojawiły się praktyczne rozwiązania:

- w Niemczech przed 1939 rokiem uruchomiono produkcję radarów wczesnego ostrzegania przed samolotami, a od połowy 1940 zaczęto używać specjalnego radaru w paśmie 600MHz do kierowania artylerią przeciwlotniczą.
- w Wielkiej Brytanii w 1935 roku uruchomiono pierwszy radar na wschodnim wybrzeżu Anglii, do 1938 zbudowano 5 stacji chroniących obszar ujścia Tamizy, a w

¹²⁵ J. Matuszewski, „Charakterystyka współczesnych radarów i metod przetwarzania informacji dla potrzeb systemu rozpoznania ELINT”, WAT, Warszawa 1996.

¹²⁶ Radar - skrót ang: radio detection and ranging - oznaczający wykrywanie i określanie odległości za pomocą fal radiowych.

¹²⁷ Prace były prowadzone niezależnie w Stanach Zjednoczonych, Anglii, Niemczech, Francji, Japonii i ZSRR.

kolejnych latach utworzono cały łańcuch takich stacji wokół granic Wielkiej Brytanii, oznaczony kryptonimem Chain Home.

Szczególne znaczenie dla rozwoju techniki radiolokacyjnej miało zbudowanie w 1940 roku przez uczonych brytyjskich¹²⁸ magnetronu wielonękowego - lampy wytwarzającej oscylacje wysokiej częstotliwości o dużej mocy. Od tego momentu datować można praktyczne zastosowanie techniki mikrofalowej, co pozwoliło aliantom jeszcze w czasie trwania II wojny światowej uzyskać znaczną przewagę nad Niemcami w dziedzinie radiolokacji. Kolejnym takim przełomowym momentem (nie tylko zresztą w dziedzinie radiolokacji) było wynalezienie w 1949 roku tranzystora, który w tamtym czasie pozwalał przede wszystkim na radykalną miniaturyzację urządzeń elektronicznych.

Współcześnie urządzenia radiolokacyjne znajdują szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach działalności zarówno w środowisku cywilnym jak i oczywiście wojskowym. W zastosowaniach militarnych służą przede wszystkim wykrywaniu obiektów powietrznych i nawodnych, obserwacji pola walki, naprowadzania samolotów i rakiet oraz kierowania środkami rażenia. Stanowią więc decydujący element środków bezpośredniego zagrożenia na polu walki. Szybki rozwój elektroniki oraz prowadzone ostatnio na świecie konflikty zbrojne stały się stymulatorem nowych rozwiązań w urządzeniach radiolokacyjnych opartych między innymi na takich zasadach, jak: kompresja i kodowanie sygnałów, praca wieloczęstotliwościowa, pomiar trzech współrzędnych, elektroniczne kształtowanie wiązki antenowej i sterowanie nią, adaptacyjne rodzaje pracy układów przeciwwzakłóceńowych.

Postęp technologiczny spowodował również opracowanie nowych jakościowo rozwiązań nadajników, odbiorników, anten oraz powszechne stosowanie mikroprocesorów i komputerów do pomiaru cyfrowego parametrów sygnałów radarowych, analizy danych pomiarowych, identyfikacji i lokalizacji wykrytych sygnałów oraz zobrazowania wyników pomiarów i identyfikacji na ekranie monitora.

Przeprowadzone badania wykazały, że współczesne armie wykorzystują wiele różnych typów stacji i systemów radiolokacyjnych. W celu dokonania analizy tych urządzeń i systemów wykorzystywanych w działaniach zbrojnych pod kątem możliwości

¹²⁸ W tym miejscu warto wspomnieć zasługi polskiego uczonego prof. Janusza Groszkowskiego, pod którego kierownictwem jeszcze przed II wojną zbudowano w Państwowym Instytucie Telekomunikacji jeden z pierwszych generatorów magnetronowych. Z. Czekala, „Parada radarów”, Dom Wydawniczy Bellona, Warszawa 1999.

i celowości ich zakłócania w działaniach wojsk lądowych, należy dokonać ich klasyfikacji z wyodrębnieniem tych, które mogą mieć bezpośredni wpływ na działania tych wojsk.

Środki radiolokacyjne mogą być klasyfikowane na podstawie kryterium:

- środowiska: powietrzne, lądowe, morskie, kosmiczne;
- funkcji: wykrywania, obserwacji, śledzenia, nawigacji, kierowania ogniem, sterowania pociskami;
- rodzaju modulacji: impulsowe, impulsowo – dopplerowskie, z falą ciągłą, z modulacją wewnątrzimpulsową częstotliwości, zmienne częstotliwościowo;
- zastosowania wojskowego:
 - wczesnego ostrzeżenia przed pociskami balistycznymi;
 - pokładowe wczesnego ostrzeżenia;
 - pokładowe rozpoznawcze;
 - wykrywania i ostrzeżenia obrony powietrznej;
 - sterowania pociskami i naprowadzania;
 - kierowania środkami rażenia;
 - identyfikacyjne „swoj – obcy”;
 - nawigacyjne powietrzne i morskie (radiolatarnie i wysokościomierze);
 - kierowania lądowaniem samolotów;
 - unikania przeszkód terenowych (dla celów nisko lecących);
 - precyzyjnego bombardowania;
 - obserwacji pola walki (lądowe i pokładowe);
 - wykrywania stanowisk artylerii i moździerzy;
 - zapalniki zbliżeniowe raket / pocisków;
 - meteorologiczne;
- pasma częstotliwości nośnej - według oznaczeń zestawionych w tabeli 3.1.

W celu przeprowadzenia analizy wykorzystywanych współcześnie urządzeń radiolokacyjnych pod kątem możliwości i celowości ich zakłócania w działaniach wojsk lądowych wydaje się korzystne dokonanie ich wstępnego podziału według kryterium „nosiciela”, czyli środka transportu, na którym urządzenia te zazwyczaj są montowane. Według tego kryterium środki radiolokacyjne podzielić można na: pokładowe lotnictwa, pokładowe środków rakietowych, satelitarne, okrętowe i naziemne. Ze względu na niewielkie bezpośrednie oddziaływanie na wojska lądowe i w celu ograniczenia objętości rozprawy,

w analizie pominięto środki okrętowe, a naziemne ograniczono do tak zwanych radiolokatorów pola walki.

Tabela 3.1.

Oznaczenie zakresów częstotliwości stosowanych w radiolokacji

Aktualne oznaczenie NATO	Nominalny zakres częstotliwości [GHz]	Długość fali [cm]	Oznaczenie tradycyjne
A	0,10 – 0,25	300 - 100	VHF
B+C	0.25 – 1	100 - 30	UHF
D	1 – 2	30 - 15	L
E	2 – 3	15 - 10	S
F	3 – 4	10 - 7,5	
G	4 – 6	7,5 - 5	C
H	6 – 8	5 - 3,75	
I	8 – 10	3,75 - 3	X (8 - 12 GHz) K _u (12 - 18 GHz) K (18 - 26,5 GHz)
J	10 - 20	3 - 1,5	
K	20 – 40	1,5 - 0,75	K _a (26,5 - 40 GHz)
L	40 – 60	0,75 - 0,5	Fale milimetrowe
M	60 – 100	Poniżej 0,5	

3.1.1 Pokładowe środki radiolokacyjne statków powietrznych

Wyposażenie statków powietrznych w zakresie środków radiolokacyjnych można podzielić, biorąc jako kryterium podziału przeznaczenie tych środków na dwie kategorie: wyposażenie standardowe (zwane również autonomicznym przeznaczone do zaspokajania potrzeb informacyjnych środka na którym jest zamontowane) i wyposażenie specjalistyczne występujące w pojedynczych egzemplarzach, będące źródłem danych dla nadrzędnych systemów informacyjnych. Parametry części urządzeń pokładowych, na przykład nawigacyjnych czy meteorologicznych, stanowią standard światowy i są jednakowe (zbliżone) dla praktycznie wszystkich statków powietrznych – zarówno cywilnych, jak i wojskowych. Dla obiektów wojskowych przewiduje się zmianę parametrów emitowanych sygnałów w czasie przechodzenia sił zbrojnych do stanu wojny, zmiany te nie są jednak zwykle zmianami radykalnymi, zmieniającymi zupełnie zasady pracy urządzenia. Oczywiście samoloty wojskowe wyposażane są również w urządzenia radiolokacyjne będące podsysteme-

mami informacyjnymi systemów walki, przy czym w tym wypadku również ma zastosowanie podział na autonomiczne (pełny cykl procesu informacyjno - sterującego odbywa się na pokładzie nosiciela) lub nieautonomiczne¹²⁹.

Według kryterium celu wykorzystywania pokładowe środki radiolokacyjne podzielić możemy na nawigacyjne, meteorologiczne, identyfikacyjne, sterowania środkami walki nosiciela oraz źródła danych dla systemów nadrzędnych.

Elementy wyposażenia nawigacyjnego

Radiowysokościomierze promieniują energię wielkiej częstotliwości (zwykle ok. 4,3 GHz) za pomocą skierowanej w stronę ziemi anteny o szerokości wiązki rzędu 40° . Rodzaj zastosowanej modulacji jest zależny od przeznaczenia urządzenia i jest to najczęściej:

- modulacja częstotliwości nośnej (pilokształtna, rzadziej sinusoidalna) o dewiacji rzędu 50-200 MHz z częstotliwością 100-150 Hz (sygnał ciągły);
- modulacja impulsowa: czas trwania impulsu 0,1-0,3 μ s, częstotliwość powtarzania ok. 10 kHz.

Moc sygnału w tego typu urządzeniach nie przekracza pojedynczych watów. Aktywna praca radiowysokościomierza (promieniowanie energii elektromagnetycznej) może być wyłączane przy przekroczeniu przez statek powietrzny pułapu lotu przekraczającego zakres pomiarowy (750-6000 m).

Nawigacyjne radary dopplerowskie służą do określania składowych wektora prędkości podróży statku powietrznego. Występują zarówno na samolotach jak i śmigłowcach. Promieniują energię wielkiej częstotliwości w postaci fali ciągłej skierowanej w stronę ziemi za pomocą komutowanych 3-4 wąskich wiązek ze standardową (norma ICAO¹³⁰) częstotliwością sygnału 13,25-13,4 GHz. Zdarzają się jednak rozwiązania (np. rosyjski DISS – 013 przeznaczony do samolotów pasażerskich) pracujące w paśmie ok. 8,8 GHz. Moc generowanego sygnału w zależności od rozwiązania zmienia się od pojedynczych miliwatów do kilku watów.

¹²⁹ Podział ten istotny jest z punktu widzenia zakłócania informacyjnego określa, bowiem zakres dostępności do zakłócania. W wypadku systemów nieautonomicznych oprócz zakłócania samego źródła danych możliwe jest również zakłócanie, zwykle odległego, urządzenie odbierającego dane.

¹³⁰ ICAO - skrót od ang. „International Civil Aviation Organization” - Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego.

Zakłócanie tej grupy urządzeń podobnie jak i radiowysokościomierzy ze względu na ich rolę w systemie pokładowym jak i orientację systemu antenowego wydaje się niecelowe. Oba urządzenia posiadają wiązki skierowane ku ziemi. Dostarczane przez nie dane są z zasady wykorzystywane w systemach nawigacyjnych, dla których stanowią one jedno z co najmniej kilku wzajemnie dublujących się źródeł informacji. System nawigacyjny współczesnego statku powietrznego nie straci swoich możliwości w wypadku zablokowania pojedynczego źródła informacji.

Zakłócenie możliwości pracy radiowysokościomierza mogłoby być zasadne w wypadku wykonywania przez samolot przeciwnika lotu wzdłuż rzeźby terenu, kiedy to współpracując z radarem pokładowym zapewnia możliwość pokonywania przeszkód na stałej małej wysokości. Zakłócanie w czasie takiego zadania wydaje się mało realne z punktu widzenia możliwości jego przeprowadzenia. Ponadto stosowanie takich zakłóceń byłoby jednocześnie skierowane przeciwko własnym obiektom, co jest wynikiem unifikacji tego typu urządzeń.

Transpondery pokładowe¹³¹ wykorzystywane są w systemach kontroli ruchu lotniczego (tak zwane radary wtórne). Zgodnie z normami ICAO pracują w zakresie: zapytania z ziemi (lub innego statku powietrznego, jeżeli wykorzystywany jest tzw. mod S) na częstotliwości 1030 MHz, częstotliwość sygnału odpowiedzi – 1090 MHz. Modułacja sygnałów – impulsowa. Parametrem zmiennym są kombinacje czasowe sygnałów impulsowych (ilość oraz odstęp czasu pomiędzy impulsami) ustalane w zależności od przekazywanych danych. Urządzenie pokładowe promieniuje zwykle dookólnie (antena bezkierunkowa), chociaż spotykane są rozwiązania, gdy energia sygnału odpowiedzi kierowana jest w półsfery, z której nastąpiło zapytanie. Spotykane są również transpondery pracujące zgodnie z rosyjskim systemem UWD¹³² - kierowania ruchem lotniczym, w tym przypadku sygnały zapytania (tylko z ziemi) oprócz częstotliwości zgodnej ze standardem międzynarodowym nadawane są również na częstotliwości 835; 837,5 i 840 MHz, a odpowiedzi 730; 740 i 750 MHz. W pasażerskim lotnictwie rosyjskim występuje również system o nazwie ESZELON spełniający rolę urządzenia antykolizyjnego.

Moc w impulsie generowanych sygnałów odpowiedzi wynosi zwykle 300-800 W, a czas trwania impulsów odpowiednio:

¹³¹ Pokładowy element wykonawczy tzw. radiolokacji wtórnej lub z aktywną odpowiedzią. Nazwa pochodzi od transpozycji odebranego sygnału sondującego stacji radiolokacyjnej na różny pod względem parametrów elektromagnetycznych sygnał odpowiedzi. Jest to sposób zwiększania możliwości zasięgowych stacji (systemów) radiolokacyjnych.

¹³² UWD - skrót od ros. „Управление Воздушным Движением” - kierowanie ruchem powietrznym.

- dla zgodnych ze standardem ICAO – 0,45 μs ;
- dla UWD – 0,8 μs .

Pokładowe urządzenia systemu nawigacyjnego DME¹³³ jest to pokładowy element typowego systemu radionawigacyjnego działającego na zasadzie zapytanie - odpowiedź. Zapytanie jest kierowane z urządzenia pokładowego do naziemnego retranslatora. Urządzenia systemu prowadzą korespondencję w paśmie 962-1213 MHz. Modulacja impulsowa z mocą sygnałów 50-1000 W. Częstotliwość zapytania z pokładu samolotu mieści się w paśmie 1025-1150 MHz (126 kanałów zapytania i 126 kanałów odpowiedzi), częstotliwość odpowiedzi jest przesunięta w górę lub w dół o 63 MHz tworząc zgodnie ze standardem ICAO tzw. pary częstotliwości. Sygnał jest nadawany w postaci par impulsów o czasie trwania 3,5 μs i odstępie 12 μs (możliwe, chociaż obecnie nie wykorzystywane są wielkości 36 i 30 μs). Częstotliwość powtarzania impulsów jest zależna od rodzaju pracy i zmienia się w zakresie od 24-30 do 120-150 par imp./s.

Pokładowe urządzenia systemu RSBN¹³⁴ są elementem systemu, który realizuje pomiary odległości i azymutu względem stacji naziemnych. Pomiar azymutu jest dokonywany na pokładzie samolotu metodą pasywną. Częstotliwość sygnału zapytującego w paśmie 770-812,8 MHz. Zapytanie stacji naziemnej dokonywane jest za pomocą grupy dwu sygnałów impulsowych o czasie trwania 1,3-2 μs . Moc sygnału w impulsie nie mniejsza niż 500 W. Częstotliwość powtarzania grup kodowych 20 Hz. Liczba kanałów wynosi 88.

Oprócz tych sygnałów odpowiedzi urządzenie pokładowe generuje również sygnał trójimpulsowy będący odpowiedzią na zapytanie stacji naziemnej. Sygnał ten może być zdublowany w przypadku prowadzenia tzw. rozpoznawania. W tym wypadku przerwa czasowa między paczkami wynosi 50-100 μs . Sygnały te mogą być powtarzane z częstotliwością 300 Hz. Są one jednak generowane przez urządzenie pokładowe jedynie w czasie opromieniowywania samolotu przez wiązkę stacji naziemnej spełniającej rolę odniesienia kąтового. Antena tej stacji obraca się z prędkością 100 obr/min.

Pokładowe urządzenia systemu TACAN¹³⁵ jest on obecnie podstawowym systemem radionawigacyjnym lotnictwa zachodniego na szczeblu taktycznym. Zgodnie z planami ma być sukcesywnie wycofywany z eksploatacji. Docelowo jego wykorzystanie przewiduje się w perspektywie kilkunastu lat ograniczyć wyłącznie do lotniskowców. System pracuje

¹³³ DME -ang. Distance - measuring equipment - system radiolokacyjny do pomiaru odległości obiektów, radiodalmierz.

¹³⁴ Skrót rosyjskiej nazwy oznaczającej radiolokacyjny system bliskiej nawigacji.

¹³⁵ TACAN - ang. Tactical Air Navigation – taktyczna nawigacja powietrzna.

we współrzędnych biegunowych, zgodnie z zasadami systemów VOR i DME. Odległość mierzy się metodą impulsową, zaś azymut metodą fazową. Urządzenie pokładowe generuje sygnały (ciąg par impulsów o częstotliwość 962 - 1213 MHz) i automatycznie określa odległość i azymut na podstawie odebranego sygnału naziemnej radiolatarni odzewowej (faza obwiedni sygnału odpowiedzi jest funkcją azymutu). Moc sygnału wynosi do 1kW.

Pokładowe urządzenia systemu NAVSTAR GPS (ang. Navigation System with Timing and Ranging, Global Positioning System) zapewnia całodobowe określanie trzech podstawowych parametrów o obiekcie (w dowolnym miejscu na kuli ziemskiej), tj.: współrzędnych, wysokości i prędkości ruchu obiektu. Użytkownicy wojskowi mają możliwość określenia pozycji z dokładnością do 15 m z wykorzystaniem kodu P/Y, inni użytkownicy - z dokładnością do 30 metrów w wyniku odbioru kodu C/A. Pomiar prędkości jest możliwy z dokładnością do 0,1 m/s;

Każdy z satelitów nadaje sygnały na dwóch częstotliwościach: 1575,42 MHz (kod C/A) i 1227,60 MHz (kod P/Y). Odpowiednie rozmieszczenie satelitów na orbitach zapewnia jednoczesny odbiór sygnałów z czterech satelitów z dowolnego miejsca na kuli ziemskiej. Do określenia położenia własnego przy pomocy trzech współrzędnych oraz prędkości konieczny będzie jednoczesny odbiór sygnałów z trzech różnych satelitów, a do precyzyjnego pomiaru czasu i korekcji zegara synchronizującego odbiornika - z czterech satelitów. Podobna jest również zasada działania rosyjskiego systemu GLONAS.

Producenci odbiorników GPS zapowiadają modele odbierające dane z obu systemów jednocześnie. Obecnie w celach militarnych używanych jest kilka podstawowych typów odbiorników satelitarnych. Realizują one podobne funkcje z tym, że w zależności od wielkości odbiornika, czy rozwiązań konstrukcyjnych, zwiększają się możliwości i rozszerza baza danych.

Globalny system nawigacyjny może być podatny na zakłócenia emitowane przez przenośne nadajniki zakłóceń (dostępne na rynku, produkowane przez amatorów), co może mieć wpływ na precyzję lokalizacji. Podatność odbiorników systemu GPS na zakłócenia stosowane przez podręczne nadajniki może wpłynąć niekorzystnie na działania wojsk, szczególnie podczas kierowania operacjami w oddalonych obszarach.

Sytuacja ta może stać się poważnym zagrożeniem możliwości wykorzystania systemu w działaniach wojennych, w toku których masowo wykorzystuje się siły i środki walki elektronicznej do emitowania zakłóceń. Nadajniki małej mocy potrafią zakłócić odbiorniki GPS w promieniu do 10 km. Nawet telefony komórkowe są niebezpieczne dla odbiorników GPS. Wykorzystują one sygnały radiowe do synchronizacji w pracy multi-

pleksowej i powodują zakłócenia w torze odbiorczym systemu nawigacji. W celu ochrony przed zakłóceniami firma ERI¹³⁶ zaproponowała uzupełnienie odbiorników systemu GPS w urządzenie eliminujące zakłócenia ISU (Interference Suppression Unit). Składa się ono z modułu elektronicznego. Moduł może być rozmieszczony w pewnej odległości od odbiornika lub tworzyć z nim system zintegrowany. Oprócz eliminacji zakłóceń może sam być źródłem zakłóceń dla innych użytkowników systemu nawigacyjnego.

W przypadkach, w których jest konieczne wykluczenie sił przeciwnika z dostępu do systemu w obszarach, w których nie przewiduje się wykorzystania systemu przez własne siły (np. rejony zapasowe i tyłowe), planuje się rozwinięcie systemów zakłóceń, które będą obejmować zakres częstotliwości roboczych pasmo systemu GPS. Jakkolwiek stosowane techniki zakłóceń mogą oddziaływać zarówno na własne siły, jak i przeciwnika, mogą zapewnić ochronę odbiorników systemu GPS dla własnych sił w celu przeprowadzenia określonych operacji wojskowych.

Urządzenia powyższych systemów nawigacyjnych wspólnie pełnią jedynie rolę urządzeń korekcyjnych dla systemów nawigacyjnych prowadzących nawigację zliczeniową opartą na danych z urządzeń inercjalnych. W takiej roli występują również odbiorniki satelitarnych systemów nawigacyjnych GPS oraz GLONAS, które są jednak wprowadzane w skład wojskowych systemów pokładowych od kilku lat i nie występują na wszystkich statkach powietrznych. Skuteczne zakłócenie systemów radiokorekcyjnych może uniemożliwić kompensację błędów nawigacji zliczeniowej, a przez to może powodować zmniejszenie dokładności ewentualnego rażenia celów naziemnych przez środki napadu powietrznego dla wariantu ataku bez widoczności ziemi. Zasadność zakłócania tych systemów będzie również stosunkowo duża, jeżeli statek powietrzny nie posiada w swoim wyposażeniu inercjalnego systemu nawigacyjnego.

Systemy te posiadają zasięgi pracy ograniczone horyzontem radiowym i w przypadku ataku na większą odległość od stacji naziemnych i tak nie są przez potencjalnego przeciwnika wykorzystywane. Zasięg praktyczny przy wysokości lotu 12 km nie przekracza 400km, na wysokości lotu 3000 – zasięg poniżej 200 km.

W radialno–kołowych systemach, takich jak TACAN (w którym kanał odległości jest tożsamy z systemem DME) oraz RSBN, na potrzeby prowadzonego zakłócania najłatwiej jest zidentyfikować (za pomocą urządzenia systemu rozpoznania) parametry sygnału wykorzystywanego w kanale odległości.

¹³⁶ERI – ang. Electro-Radiation, Incorporated, Fairfield, New Jersey.

Pokładowe urządzenia współpracują w trybie zapytania-odpowiedzi z naziemnymi retranslatorami. Należy oczekiwać, że statki powietrzne operujące w danym rejonie będą współpracowały z tą samą stacją naziemną. Zakłócanie o charakterze blokującym pracę urządzenia może polegać na generowaniu na spodziewanej częstotliwości sygnału od stacji naziemnej sygnału w postaci ciągu impulsów o czasie trwania $3,5\mu\text{s}$ i dużej częstotliwości wypełnienia - na poziomie 0,5-0,2. Poziom generowanego sygnału w zależności od odległości pomiędzy stacją naziemną a samolotami przeciwnika może zmieniać się od kilkudziesięciu do kilkuset W.

Zakłócanie kanału kąтового jest uzależnione od możliwości rozpoznania częstotliwości pracy stacji naziemnej. Za mało prawdopodobną należy uznać możliwość identyfikacji tego sygnału przez naziemne stacje rozpoznania dla systemu RSBN, wykorzystywanego przez statki powietrzne państw należących do dawnego Układu Warszawskiego.

Ostateczna ocena efektywności tego rodzaju przeciwdziałania skierowanego na systemy radionawigacyjne będzie również zależna od typu statku powietrznego będącego w zasięgu skutecznego zakłócania. Dla samolotów nowszych generacji, na których występują nowoczesne systemy inercjalne, będzie ono stosunkowo niewielkie o tendencji wzrastającej dla samolotów starszych. Te ostatnie są i będą sukcesywnie wycofywane z eksploatacji w krajach sąsiadujących z Polską.

Radary meteorologiczne stanowią standardowe wyposażenie samolotów transportowych i komunikacyjnych. Coraz częściej spotykane są również i na innych statkach powietrznych wojskowych i cywilnych. Spełniają rolę urządzenia antykolizyjnego ostrzegającego o obiektach powietrznych i obiektach hydrometeorologicznych oraz coraz częściej o przeszkodach terenowych i obiektach naziemnych. Pasma – 9,345 - 9,375 GHz, modulacja impulsowa o czasie trwania 1 - 6 μs (można spotkać czasy trwania do 20 μs). Moc w impulsie – przeciętnie 10 kW (w ekstremalnych przypadkach do 125 kW). W nowszych wersjach takich radarów możliwe jest stosowanie sygnałów złożonych. Urządzenia te przeszukują przednią strefę w zakresie ± 40 -60 stopni, mogą również prowadzić obserwacje powierzchni Ziemi, zapewniając dodatkową pomoc nawigacyjną. W samolotach bojowych jest to funkcja pomocnicza radaru wielozadaniowego.

Elementy wyposażenia bojowego

Radary pokładowe zapewniają obserwację sektora przestrzeni znajdującego się w przedniej półsferze nosiciela. Sektor obserwacji może zmieniać się w zakresie: azymut ± 30 - 60, elewacja $\pm 30^\circ$ z możliwością niesymetrycznego rozkładu względem osi odnie-

sienia samolotu. Kształt charakterystyki promieniowania (wiązki) zależy od rodzaju wykonywanych zadań i konstrukcji anteny, w przypadku przeszukiwania przestrzeni powietrznej jest to charakterystyka kierunkowa w kształcie cygara o rozwartości $2 - 4^\circ$. W przypadku gdy radar dokonuje obserwacji powierzchni Ziemi mogą być stosowane również inne kształty. Algorytm przeszukiwania przestrzeni powietrznej jest w większości rozwiązań liniowy o zmieniającej się od 1 do 4 ilości linii obserwacji. Okres przeszukiwania jest zależny od aktualnie wykorzystywanego algorytmu sterowania wiązką i może zmieniać się przy obserwacji w zakresie od 2 do 4 s. Radar może również pracować w trybach śledzenia pojedynczego celu nakierowując antenę na jeden wybrany cel. W sytuacjach wykorzystywania rakiet wyposażonych w głowice nakierowujące się na źródło wtórnego promieniowania elektromagnetycznego niektóre radary wykorzystują dodatkowe generatory wielkiej częstotliwości do podświetlania celu. Sygnał wykorzystywany do podświetlania może być zarówno sygnałem ciągłym, jak i impulsowym. W sygnale sondującym mogą być również zawarte dodatkowe kodowane sygnały przeznaczone do sterowania bądź też stabilizacji rakiet (zwykle klasy powietrze - powietrze. Rozwiązania konstrukcyjne poszczególnych radarów są mocno zróżnicowane w zależności od zaawansowania technologii i okresu ich produkcji (generacji radaru). Z tego też względu zostały one podzielone na dwie grupy, których ogólną charakterystykę przedstawiono poniżej.

Radary klasyczne to zwykle radary pokładowe wchodzące w skład wyposażenia wojskowych statków powietrznych, budowane z wykorzystaniem techniki analogowej i zaliczane do starszych generacji. Radary te są radarami niekoherentnymi wykorzystującymi magnetronowe urządzenia generacyjne. Wykorzystują one klasyczne rozwiązania anten. Większość z nich pracuje w paśmie X: 9,2 - 9,8 GHz. Częstotliwość powtarzania impulsów z reguły nie przekracza 1 KHz, czasy trwania impulsów są rzędu 0,5-2 μ s, a moc w impulsie w zależności od rozwiązania 50-150 kW. Sygnały generowane przez te urządzenia są w większości sygnałami prostymi.

Radary wielozadaniowe stanowią wyposażenie najnowszych statków powietrznych wprowadzonych do eksploatacji po 1970 r. Są to radary impulsowo-dopplerowskie. W przeważającej części częstotliwość nośna mieści się w paśmie 9100-9700 MHz. Spotykane są jednak również rozwiązania radarów pracujących w paśmie 18 GHz (Fox Hunter – Wielka Brytania) lub ok. 12 GHz. Większość z nich posiada nadajnik podstawowy pracujący z sygnałami impulsowymi w podstawowym paśmie pracy radaru. Istnieją również rozwiązania posiadające dodatkowy generator wielkiej częstotliwości pracujący w paśmie

wyższym (np. 18 GHz), wykorzystywany do podświetlania celu dla rakiet z głowicami radiolokacyjnymi.

Rodzaj generowanego sygnału jest pochodną aktualnie realizowanej przez radar funkcji¹³⁷ i może dynamicznie zmieniać się w zależności od sytuacji. Zmiana rodzaju sygnału sondującego może być dokonywana również na czas opromieniowania pojedynczego celu (ok. 80 ms). Radary te wykorzystywane są do realizacji zadań zarówno w zakresie walki powietrznej, jak i wykonywania zadań dotyczących powierzchni Ziemi.

Radary te mogą pracować z częstotliwością powtarzania impulsów, zaliczaną do jednej z trzech grup:

- niska – rzędu 1 kHz;
- średnia – 10 - 30 kHz;
- wysoka – 180 - 300 kHz i więcej.

Czasy trwania sygnałów prostych w tych urządzeniach mieszczą się w granicach 0,1-2 μ s, a sygnałów złożonych – do 24 μ s (modulacja fazy kodem Barkera - stosowane przy średniej częstotliwości powtarzania impulsów). W celu eliminacji niejednoznaczności pomiaru częstotliwości dopplerowskiej oraz odległości do celu stosowana jest wielokrotna zmiana częstotliwości powtarzania impulsów w okresie opromieniowania celu. Radary te wykorzystują również zmianę częstotliwości nośnej – LFM. Generowany ciąg sygnałowy jest w efekcie złożony i dynamicznie zmienny. Moc w impulsie nadawanych sygnałów jest bardzo zróżnicowana zarówno dla różnych rodzajów pracy pojedynczego egzemplarza, jak i pomiędzy różnymi rozwiązaniami. Mieści się ona w zakresie od kilkunastu do kilkudziesięciu kilowatów.

Radary pokładowe odgrywają szczególnie istotną rolę w wykrywaniu celów naziemnych, nawodnych i powietrznych przez środki napadu powietrznego, dlatego też ich zakłócanie powinno być jednym z pierwszoplanowych zadań środków (systemów) zakłócania mikrofalowego.

Ze względu na szeroką gamę stosowanych rozwiązań technicznych radarów pokładowych, precyzyjne określenie sposobu przeciwdziałania nie jest możliwe bez przeprowadzenia dokładnej analizy, w tym z koniecznością weryfikacji doświadczalnej. Można sugerować, że głównymi kierunkami takiej analizy powinny być następujące rodzaje zakłóceń:

¹³⁷ Por. Brener T., Komorniczak W., Pietrański J., Pikielny J.: *Istota oraz właściwości radaru wielofunkcyjnego*, [w:] „Materiały z IX Konferencji Naukowej. Sterownice i regulacja w radiolokacji i obiektach latających”, Jelenia Góra 1998.

- aktywne zakłócenia odzewowe:
 - ze zwielokrotnieniem czasowym sygnału,
 - z wprowadzeniem modulacji częstotliwości nośnej,
 - z wprowadzeniem regulowanego, zmiennego w czasie, opóźnienia retranslacji sygnału sondującego;
- zakłócenia aktywne - generatory sygnału szerokopasmowego (szumowe);
- zakłócenia pasywne - pułapki radiolokacyjne (pozorujące i maskujące) o szerokim zakresie widmowym.

Zakłócanie radarów pokładowych może być realizowane zarówno za pomocą urządzeń naziemnych, jak i zabudowanych na statkach powietrznych. W marynarce wojennej urządzenia o takim przeznaczeniu powinny być zabudowane na okrętach oraz w postaci aktywnych pułapek radiolokacyjnych na wystrzeliwanych bojach. Urządzenia pokładowe w obu wypadkach spełniają rolę elementów systemu ochrony indywidualnej. Zakłócają one działanie radaru pokładowego i stanowią pułapki dla aktywnych głowic samonaprowadzających. Niski poziom listków bocznych (do -37dB) oraz stosowanie anten kompensacji listków bocznych powoduje, że stosowanie nakierowanych na odbiór przez listki boczne będzie wymagało znacznie większej mocy lub będzie mało skuteczne. Największej efektywności zakłócania należy oczekiwać przy odbiorze sygnałów zakłócających przez listek główny.

Systemy identyfikacji przynależności państwowej- IFF w większości krajów zachodnich stanowią dodatkową opcję poszerzającą zakres wykorzystania standardowego transpondera pokładowego. Opcja ta jest stosowana jedynie przez statki powietrzne należące do sił zbrojnych. Standardy NATO przewidują obecnie, wykorzystywanie omawianych wcześniej częstotliwości 1030 i 1090 MHz. Transponder taki jest wyposażony w tzw. interogator umożliwiający zapytywanie innych obiektów. Specyfiką odróżniającą wojskowy transponder od cywilnego jest zastosowanie w wojskowych dodatkowego kryptokomputera dekodującego sygnały złożonych kodów wojskowych. W warunkach pokojowych transponder taki może odpowiadać na zapytania wojskowych i cywilnych radarów w kodach kompatybilnych z transponderami cywilnymi. Dodatkowo odpowiada na pojawiające się sygnały zapytania o przynależność państwową. W warunkach wojennych praca transpondera może być w określonych obszarach ograniczona jedynie do kodów wojskowych. W państwach wykorzystujących sprzęt produkcji rosyjskiej, które nie dokonały

przejścia na standardy zachodnie, mogą być wykorzystywane do tego celu transpondery pracujące na częstotliwościach niezależnych od transponderów przeznaczonych do kontroli ruchu lotniczego.

Postępująca unifikacja spowodowała że większość systemów identyfikacji pracuje na standardowych częstotliwościach (1030 i 1090 MHz), a utajnianie jest związane z odpowiednimi kombinacjami parametrów czasowych sygnałów impulsowych zapytania i odpowiedzi. Połączone zostały w jedno urządzenie transpondery wykorzystywane w kontroli ruchu lotniczego oraz urządzenia systemów IFF. Część z nich jest wykorzystywana w warunkach pokojowych, a urządzenie może odpowiadać na zapytania zarówno radarów wojskowych, jak i cywilnych. W sytuacji wojennej mody cywilne nie będą aktywne. W najbardziej zaawansowanej sytuacji transponder będzie odpowiadał jedynie na zapytanie o przynależność.

Prawidłowe i aktualne odtworzenie poprawnych kodów zapytania i odpowiedzi jest mało prawdopodobne. Stosowanie zakłóceń blokujących pracę systemu identyfikacji może być elementem powodującym u przeciwnika utratę zaufania do systemu i ewentualnie wzrost liczby porażonych własnych obiektów. Ta forma przeciwdziałania jest jednak bronią obosieczną i taka sama efektywność będzie uzyskana w stosunku do obiektów własnych. Należy ich używać w sytuacji gdy nie spowoduje to skutków dla własnych sił zbrojnych.

Niektóre armie wykorzystują w ramach systemów wczesnego ostrzegania¹³⁸ samoloty wyposażone w **specjalizowane radary** dokonujące obserwacji dookrężnej lub bocznej na dużych odległościach. Przykładem takiego zastosowania stacji radiolokacyjnej mogą być urządzenia systemów AWACS, A-50, JSTARS.

AWACS (*Airborne Warning and Control System*) to system wczesnego ostrzegania i kontroli. Antena tego radaru była pierwszą praktycznie zastosowaną anteną płaską o ultraniskich listkach bocznych, a powstała w firmie Westinghouse na początku lat 60. Jej praktyczne zastosowanie nastąpiło znacznie później, bo w końcu lat 70, kiedy pierwszy AWACS wszedł do uzbrojenia. Radar systemu AWACS pracuje w paśmie S (ok. 3 GHz), a jego antena jest płaską ścianą złożoną z 28 falowodów z naciętymi szczelinami promieniującymi. Z tyłu do tej ściany przymocowana jest antena IFF, która promieniuje w przeciwnym kierunku. Antena główna ma rozmiary w przybliżeniu 8x1,5m, co daje sze-

¹³⁸ Patrz np. Skwarek Z. "Powietrzne systemy wczesnego wykrywania i powiadamiania", AON, Warszawa 2002.

rokość wiązki ok. $0,9^\circ$ w azymucie i $4,5^\circ$ w elewacji. Rezygnując ze sterowania elektronicznego, w azymucie osiągnięto wysoką precyzję formowania charakterystyki i niski poziom listków bocznych (w płaszczyźnie azymutu poniżej -40dB).

Wykorzystywana w tym systemie stacja radiolokacyjna APY-1/2 zaliczana jest do wielofunkcyjnych. Generuje sygnały proste i złożone, o bardzo dużej mocy w zakresie częstotliwości 3,0 - 3,2 GHz. Stosuje 5 podstawowych rodzajów pracy:

- impulsowo - dopplerowski bez poszukiwania w elewacji, tzw. PDNES;
- impulsowo - dopplerowski z poszukiwaniem w elewacji, tzw. PDES;
- morski;
- impulsowy, nazywany ponadhoryzontalnym, tzw. BTH;
- pasywny, tzw. OTH.

Trzy pierwsze rodzaje pracy zapewniają wykrywanie obiektów ruchomych na tle powierzchni ziemi lub morza, a rodzaj morski – również obiektów nawodnych. W tym rodzaju pracy APY-1 generuje impulsy krótkie ze średnią częstotliwością powtarzania zmienianą skokowo od serii do serii (pięć dyskretnych wartości T_p z przedziału 32-40 μs). W efekcie zapewnione są jednoznaczne pomiary odległości i częstotliwości dopplerowskiej oraz eliminacja silnych odbić od tła. Drugi rodzaj pracy realizuje również określanie kąta w elewacji.

W rodzaju pracy impulsowej APY-1 generuje bardzo długie impulsy o wewnętrznej modulacji częstotliwości (t_i jest większy od 200 μs) i dużej wartości T_p (dwie konfiguracje poczwórnym przemiennych T_p z przedziału 9-10,5 ms). Daje to w efekcie bardzo duży jednoznaczny zasięg wykrywania. Ponieważ ma dwa nadajniki pracujące na różnych częstotliwościach, może równocześnie realizować rodzaje pracy BTH i PDNES. Włączeniem rodzajów pracy w całej przestrzeni wokół samolotu steruje komputer. Przestrzeń ta została podzielona na 24 sektory, w których wybór rodzaju (rodzajów) pracy podyktowany jest przydzielonymi zadaniami oraz zaistniałą sytuacją powietrzną. Czas obrotów anteny – około 10 s.

Radar ten prowadząc obserwację z wysokości 9 km, wykrywa cele na bardzo małych wysokościach do odległości 400km, a inne cele powietrzne – do 520 km. Średnio zakłada się, że obszar obserwacji radaru w takich warunkach wynosi ponad 300 000 km^2 , czyli mniej więcej tyle co obszar Polski. Odpowiednio do warunków wykrywania możliwe są różne rodzaje pracy radaru. Do wykrywania samolotów na bardzo małych wysokościach stosowane są obroty anteny bez przemieszczania wiązki w elewacji. Praca z ruchomą

wiązką jest stosowana selektywnie tylko wtedy, gdy potrzebny jest pomiar wysokości wykrytego celu. Specjalny rodzaj pracy z wąskim impulsem sondującym jest zarezerwowany do wykrywania obiektów nawodnych. Przeplatanie rodzajów pracy odbywa się w 32 sektorach azymutalnych, z których każdy ma indywidualnie zdefiniowany rodzaj pracy. Oprócz aktywnych rodzajów pracy możliwa jest praca z wyłączonym nadajnikiem, kiedy system odbiorczy radaru analizuje zakłócenia aktywne i lokalizuje ich kierunki.

A-50 Mainstay jest rosyjskim samolotem wczesnego ostrzegania i dowodzenia (AEW&C) skonstruowanym w zakładach Beriewa w Taganrogu na bazie samolotu transportowego IL-76MD. W Rosji służy około 250 samolotów tego typu. Do służby w Armii Radzieckiej wszedł w 1984 r. Przeznaczony jest do wykrywania i identyfikacji celów powietrznych. Pełni on także funkcje powietrznego centrum dowodzenia myśliwców przechwytyjących i szturmowych. Jego zadania są podobne do „zachodniego” odpowiednika - systemu AWACS.

Do realizacji zadań wykorzystywany jest system Schnell-M produkcji Vega. Składa się on ze: stacji radarowej, systemu obróbki danych, systemu zawoławczo - odzewowego i transmisji sygnałów, komputera cyfrowego, systemu identyfikacji IFF, łącza danych z myśliwcami, systemu szyfrowania, radiostacji wielopasmowych, systemów telemetrii, systemu rejestracji. System kontroli lotu i nawigacji NPK-T pozwala precyzyjnie nawigować w każdych warunkach pogodowych w dzień i w nocy, w każdym miejscu na ziemi.

Radar/system naprowadzania może równocześnie śledzić od 50 do 60 celów powietrznych, oraz nakierowywać od 10 do 12 myśliwców.

A-50 wyposażony jest w elektroniczny system samoobrony przed kierowanymi raketami przeciwlotniczymi (SAM i AAM). Pokładowe systemy radarowe i komunikacji są w dużym stopniu odporne na zakłócanie i mogą pracować w ciężkich warunkach elektromagnetycznych.

Samolotowy radar *ERIEYE* szwedzkiej firmy Ericsson bywa czasem nazywany „mini -AWACS”. Jest radarem wczesnego ostrzegania montowanym na małych samolotach. Pracuje w paśmie S (3,1-3,3 GHz), z możliwością przestrajania i techniką kompresji impulsu. Jego zasięg dla samolotu myśliwskiego wynosi ok. 350 km, a dla pocisku raketowego 150 km, przy zasięgu instrumentalnym 450 km. W osłonie w kształcie belki znajduje się antena aktywna z elektronicznym sterowaniem w płaszczyźnie azymutalnej. Zbudowana jest w postaci dwu ścian promieniujących złożonych z pionowych odcinków falowodów ze szczelinami. Między tymi ścianami umieszczonych jest ok. 200 modułów

nadawczo odbiorczych, z których kolejne zasilają naprzemiennie dwie ściany antenowe. Rozmiary anteny 8 x 0,7 m pozwalają uformować wiązkę o rozmiarach odpowiednio 0,7 x 9°, a zakres przeszukiwania wynosi $\pm 75^\circ$ względem położenia środkowego. Realizacja anteny w postaci aktywnej daje dużą elastyczność w sposobie sondowania przestrzeni. Między innymi zastosowano zmienną w szerokim zakresie częstotliwość powtarzania (do ok. 17 kHz), przy zmianach szerokości impulsu w granicach 4 – 20 μ s. Duże wypełnienie impulsów sondujących wykorzystano, konsekwentnie stosując w systemie obróbki sygnału filtrację MTD ze współczynnikiem poprawy 80 dB.

Radiolokacyjne urządzenia rozpoznania i kierowania lotnictwem takie jak AWACS czy A-50 są z oczywistych względów traktowane jako ważne obiekty zakłócania o czym świadczą opisane w poprzednim rozdziale specjalizowane urządzenia przystosowane do realizacji tego zadania. Wojsk lądowych problem ten dotyczy jednak głównie w zakresie zagrożenia dla lotnictwa wojsk lądowych i przypuszczać należy, że zakłócanie tego typu urządzeń rozpoznania powinno być w wyłącznej gestii obrony powietrznej. Są to systemy strategiczne, które nigdy nie będą działały w obszarze bezpośredniej styczności z wojskami lądowymi przeciwnika, chociaż ze względu na moc emitowanych sygnałów mogą być rozpoznawane.

E-8C Joint STARS (Joint Surveillance Target Attack Radar System) jest powietrznym systemem wspierania dowodzenia walkami na ziemi. Może on wykrywać, śledzić obiekty naziemne, a także udzielać bezpośrednio niezbędnych danych dowódcom oddziałów naziemnych. E-8C powstał przez zmodyfikowanie samolotu cywilnego Boeing 707-300: w czółenkowej owiewce, o długości 12 metrów, pod przednią częścią kadłuba dodano boczną antenę radarową o długości 7,3 metra z układem fazowanym.

System radarowy może dzięki pokładowym komputerom prezentować operatorom dokładne dane o działaniach naziemnych. Obejmuje on pozycje wojsk sprzymierzonych oraz przeciwnika. Są one przetwarzane w czasie zbliżonym do rzeczywistego i dostarczane do naziemnych stanowisk dowodzenia, kontroli, komunikacji oraz wywiadu. Możliwe jest także transmitowanie danych do konsoli poza horyzontem przez wysokoczęstotliwościowe łącze satelitarne.

Tryby pracy radaru obejmują rozpoznanie szerokopasmowe, wykrywanie celów ruchomych, przeszukiwanie sektorowe oraz z syntetyczną aperturą. Pole widzenia anteny obejmuje 120° po każdej stronie kadłuba pokrywając 50 000 km² w przedziale zasięgu od 50 do 250 km. System radarowy może także wykrywać w ograniczonym zakresie śmi-

głowce, anteny radarowe oraz wolno poruszające się samoloty. Sygnały z anteny radarowej po obróbce komputerowej są prezentowane 18 operatorom systemów wykrywania, dowodzenia, komunikacji i rozpoznania.

Urządzeniem radiolokacyjnym szczególnie często wykorzystywanym ze względu na swoje specyficzne własności, w bezpilotowych środkach rozpoznawczych i radiolokacyjnym rozpoznaniu satelitarnym są tzw. *radary z syntetyczną aperturą (SAR)*. Syntetyczną aperturę można traktować jako bardzo szczególny rodzaj anteny fazowanej, w której jeden element promieniujący przemieszcza się prostolinijnie, pełniąc po kolei rolę poszczególnych elementów szyku liniowego.

Możliwości osiągnięcia wąskiej wiązki są związane z rozmiarem anteny w danej płaszczyźnie, mierzonym liczbą długości fali. Jeżeli możliwości konstrukcyjne ograniczają rozmiar fizycznej anteny, należy się pogodzić z odpowiednio szeroką wiązką antenową. Apertura syntetyczna pozwala w pewnym sensie uchylić tę sprzeczność.

Antena jest umieszczona na ruchomym nośniku, najczęściej z boku kadłuba samolotu, i przyjmuje położenia wzdłuż linii prostej, promieniując w kierunku prostopadłym do kierunku ruchu. W każdym z tych położenia jest wysyłany sygnał koherentny, a odbierane sygnały echa radarowego zostają zarejestrowane w pamięci (zarówno amplituda jak i faza sygnału).

Z chwilą gdy fizyczna antena przyjmie wszystkie położenia na odcinku L , zarejestrowane sygnały podlegają sumowaniu wektorowemu, tzn. z uwzględnieniem ich amplitudy i fazy. W dalszym ciągu przemieszczania anteny cały czas obliczana jest suma wektorowa sygnałów odebranych na odcinku L . Jeżeli utworzona jest zwykła suma wektorowa zapamiętanych sygnałów, bez żadnej ingerencji w ich fazy i amplitudy, otrzymamy syntetyczną antenę o wiązce prostopadłej do kierunku przemieszczania fizycznej anteny. Jeżeli przed sumowaniem wprowadzi się do poszczególnych odczytów z pamięci korekty fazy według tych samych zasad jak dla anten fazowanych, to w rezultacie realizuje się syntezę wiązki odpowiednio odchylonej od położenia centralnego.

Przedstawiony mechanizm syntezy charakterystyki antenowej uzasadnia termin „radar z syntetyczną aperturą” w celu określenia pokładowych radarów wykorzystujących tę technikę; najczęściej termin ten spotykany jest w postaci skrótu SAR, od angielskiego *Synthetic Aperture Radar*.

Szerokość wiązki charakterystyki apertury syntetycznej jest wyznaczana przez jej zastępczy rozmiar. Z punktu widzenia efektów końcowych syntetyczna apertura zasadniczo

nie różni się od realnej. Można powiedzieć, że w pewnym sensie syntetyczna wiązka przeszukuje przestrzeń nie fizycznie, lecz analitycznie – w wyniku operacji realizowanych w komputerze.

Zwiększenie wielkości L powoduje zawężenie charakterystyki antenowej i co za tym idzie wzrost rozróżnialności (dokładności określenia położenia obiektu). Istnieją jednak ograniczenia uniemożliwiające wydłużanie L w nieskończoność:

- apertura nie może rozciągać się dłużej niż na to pozwala rozpiętość obszaru oświetlonego przez rzeczywistą antenę;
- drugim z kolei ograniczeniem jest ograniczenie związane ze strefą Fresnela i strefą pola dalekiego.

Syntetyczna antena działa poprawnie w strefie pola dalekiego, na odległościach nie mniejszych niż wartość określona przez długości syntetycznej apertury i fali roboczej. Dla obserwacji bliżej położonych obszarów niezbędne byłoby wprowadzenie podczas rejestracji sygnałów niezbędnej korekty fazy. Mówi się wówczas o tzw. ogniskowaniu na określonej odległości.

Dzięki antenom syntetycznym możliwe jest osiągnięcie tak wysokiej rozróżnialności, że obraz radarowy powierzchni Ziemi zarejestrowany z samolotu przypomina zdjęcie lotnicze. Realizowane praktycznie rozwiązania osiągają rozróżnialność pojedynczych metrów przy obserwacji powierzchni Ziemi z wysokości 10 km.

Zaprezentowane zalety urządzeń radiolokacyjnych z syntetyczną aperturą uzasadniają wzrost zainteresowania tym typem radaru jako wyposażenia obiektów latających, w których konieczne są małe rozmiary i duża rozróżnialność. Do obiektów tych należą niewątpliwie bezpilotowe aparaty latające.

Obecnie 15 państw europejskich eksploatuje BAL¹³⁹, przeznaczone do rozpoznania powietrznego. Wnioski z wykorzystania BAL podczas ostatnich konfliktów w rejonie Zatoki Perskiej, na terenie byłej Jugosławii i w rejonie północnego Kaukazu wzmogły zainteresowanie rozwojem dziedzin techniki decydujących o możliwościach bojowych tego rodzaju sprzętu wojskowego¹⁴⁰.

¹³⁹ Bezzałogowy aparat latający to zdalnie kierowany, półautonomiczny lub autonomiczny (lub kombinacja tych cech) środek latający, z napędem, zdolny do przenoszenia ładunku użytecznego o różnym przeznaczeniu, dostosowany do wykonywania różnorodnych zadań w atmosferze ziemskiej do wysokości około 20 000 m. definicja ta obejmuje bezzałogowe samoloty, wiroplaty (w tym śmigłowce), aparaty latające powodujące niszczenie celów, treningowe cele latające, samoloty bojowe. Według najnowszej definicji w NATO do tej kategorii zalicza się również pociski manewrujące (ang. Cruise missiles).

¹⁴⁰ J. Cichosz, "Celowość i możliwości wyposażenia sił zbrojnych RP w bezzałogowe aparaty rozpoznawcze", *Myśl Wojskowa* 2/2002.

W kierowniczych kołach sił zbrojnych głównych państw świata panuje przekonanie, że BAL powinny znaleźć zastosowanie podczas realizacji zadań, które są „nudne, brudne i niebezpieczne”. Określenie to obejmuje loty uznawane za długotrwałe i męczące dla pilotów oraz obarczone dużym ryzykiem utraty przez nich życia. Po wielu latach prac badawczo – rozwojowych i konstrukcyjno – doświadczalnych stało się oczywiste, że nie można zbudować uniwersalnego BAL, zdolnego do wykonywania wszystkich zadań stawianych tym środkiem. Z tego względu dominującą tendencją stała się budowa rodzin wzajemnie uzupełniających się BAL, przeznaczonych do zastosowania odpowiednio na szczeblach strategicznym, operacyjnym oraz taktycznym (tabela 3.2.). Siły lądowe są zazwyczaj odpowiedzialne za BAL szczebla taktycznego i operacyjnego. Dominującą tendencją jest konstruowanie BAL zdolnych do wykonywania wąskiego zakresu zadań, przy jednoczesnym dążeniu do stosowania konstrukcji modułowych, co pozwala na zmianę możliwości bojowych przez wymianę modułu.

Tabela 3.2.

Klasyfikacja bezpilotowych aparatów latających

Kategoria	Skrót ang.	Promień działania (km)	Czas lotu (h)
Taktyczne i operacyjne			
Mikro	μ	<10	1
Mini	Mini	<10	<2
Bliskiego zasięgu	CR	10 - 30	2 - 4
Małego zasięgu	SR	30 - 70	3- 6
Średniego zasięgu	MR	70 - 200	1
Głębokiej penetracji na małej wysokości	LADP	>250	1
Dalekiego zasięgu	LR	>500	6 - 13
Lotów długotrwałych	>500	12 - 24	
Strategiczne			
Lotów długotrwałych na małych wysokościach	MALE	>500; pułap > 8000m.	24 - 48
Lotów długotrwałych na dużych wysokościach	HALE	>1000; pułap >20 000	12 - 40

Przyszłość BAL przeznaczonych do prowadzenia rozpoznania w znacznym stopniu będzie uzależniona od składu pakietu urządzeń rozpoznawczych i ich ceny. Postęp techniczny w dziedzinie rozpoznawczych urządzeń termowizyjnych, miniaturyzacji SRL pra-

ujących w trybie SAR¹⁴¹, elementów czujnikowych, powoduje zwiększoną zdolnością rozdzielczą jak również dalszą miniaturyzacją BAL. Postęp techniczny w dziedzinie sprzętu i oprogramowania komputerowego pozwala zakładać, że już wkrótce również na BAL szczebla taktycznego montowane będą SRL pracujące w trybie SAR. Umożliwi to prowadzenie rozpoznania całodobowego, bez względu na warunki pogodowe. Dalszy postęp w dziedzinie techniki radiolokacyjnej umożliwi wykrywanie pól minowych oraz bojowych środków technicznych osłoniętych przez roślinność.

Obecnie stacje radiolokacyjne SAR są instalowane między innymi na BAL typu PREDATOR RQ-1, zaliczanych do strategicznych środków rozpoznania powietrznego. W niedalekiej przyszłości stacje te będą na tyle zmminiaturyzowane, że będą instalowane na BAL szczebla taktycznego. Przykładem tej tendencji jest program SWORD, realizowany wspólnie przez firmy Thomson - CSF Detexies i Dornier. Celem tego programu jest doskonalenie aparatury rozpoznawczej instalowanej w aparacie CL-289 (AN/USD - 502), między innymi przez zainstalowanie SRL SAR. W siłach lądowych nasila się zainteresowanie aparatami BAL pionowego lub skróconego startu. Mają być one zastosowane do prowadzenia rozpoznania w rejonach zurbanizowanych, jak również mają być użyte jako narzędzie walki radioelektronicznej i psychologicznej. Dużym zainteresowaniem cieszą się również możliwości wykorzystania BAL jako latających pułapek pozorujących samoloty bojowe (BAL typu MALD, TARGET -2000). Prowadzone są prace mające zharmonizować funkcjonalnie działanie rozpoznawcze BAL z działalnością dużych samolotów rozpoznawczych, takich jak JSTARS. Oznacza to możliwość bezpośredniego wykorzystywanie na pokładzie samolotu JSTARS danych pozyskiwanych przez BAL z rejonów niewidocznych z miejsca prowadzenia rozpoznania przez JSTARS. Obecny i potencjalny zakres wykorzystania bezzałogowych aparatów latających wyposażonych w urządzenia mikrofalowe przedstawiono w tabeli 3.3.

Wiele państw rozpatruje możliwości stosowania BAL na szczeblu pułku i brygady (w Rosji nawet batalionu), najwięcej państw wykorzystuje je na szczeblu dywizji. Przewiduje się, że urządzenia typu mikro BAL (waga do 50g, czas lotu 30 - 50 min, zasięg 3- 10 km, prędkość 10 - 20 m/s) mogą być w przyszłości stosowane na szczeblu plutonu

¹⁴¹ SRL pracujące w trybie SAR umożliwiają na przykład wykrywanie z odległości do 100km obiektów koszarowych, aktywności wozów bojowych, zmian w stanie zapasów magazynowych na odkrytych powierzchniach, dział artylerii polowej i przeciwlotniczej na stanowiskach ogniowych, budowy przepraw mostowych, stanowisk dowodzenia wyższych szczebli, kolumn marszowych, aktywności na lotniskach. Typowa obecnie zdolność rozdzielcza SRL SAR wynosi od 0,3 - do 1m. na odległościach 10 -25 km.

i kompanii. Koszt może spaść do 1000 dolarów. Mogą być między innymi stosowane do prowadzenia aktywnych zakłóceń radiolokacyjnych.

Tabela 3.3.

Zestawienie typów BAL wyposażonych w środki mikrofalowe

Status	SRL	SAR	WRE	Mikrofalowe środki łączności
Eksploatowane	1	6	12	Pasmo C - 4 Pasmo L - 3 Pasmo S - 3
Gotowe do produkcji	2	7	9	Pasmo C - 4 Pasmo L - 4 Pasmo S - 1 Pasmo Ku - 1
Opracowywane	6	12	11	Pasmo C - 3 Pasmo L - 1 Pasmo Ku - 2

Zakłócanie podstawowych źródeł danych dla systemów informacyjno sterujących przeciwnika, jakimi w przyszłości obok systemów satelitarnych staną się bezpilotowe aparaty latające, stanowić będzie zasadnicze zadanie zakłócania na szczeblu taktycznym. Specyfika użycia tego rodzaju środków rozpoznawczych, niewielkie rozmiary, niski pułap, utrudnione wykrywanie i lokalizacja przy jednoczesnym bardzo dużym zagrożeniu implikują wniosek, że najlepszym sposobem ich zakłócania będzie neutralizacja, a tylko w specyficznych przypadkach modyfikacja dostępnych zbiorów danych (głównie pozorowanie).

Satelity rozpoznawcze są co prawda traktowane jako odrębna grupa środków rozpoznawczych, jednak w zakresie rozpoznania radiolokacyjnego specyfika ich pracy i charakterystyki techniczne stosowanych urządzeń uzasadniają rozpatrywanie ich łącznie z innymi środkami latającymi.

Powodem rozpoczęcia badań nad satelitami wykorzystującymi urządzenia radiolokacyjne mankamenty satelitów rozpoznania fotograficznego, m.in. czas oczekiwania na zdjęcia oraz brak możliwości robienia zdjęć przez chmury. Większość obszaru np. byłego ZSRR dość często była pokryta chmurami.

Pierwszym satelitą rozpoznania radiolokacyjnego był INDIGO. Satelita miał kształt ośmiościennego graniastosłupa o wymiarach 8x4 m, do którego za pomocą kratownicy jest przymocowana antena o długości 27-31m, skierowana w stronę Ziemi.

Kolejnym kosmicznym urządzeniem rozpoznania radiolokacyjnego był satelita typu *LACROSSE*, wyposażony w anteny z elektronicznie sterowaną wiązką, krążący na wysokości 800 km nad powierzchnią Ziemi. Zamontowana na jego pokładzie stacja radiolokacyjna typu SAR pozwalała na wykrywanie zarówno celów statycznych jak i ruchomych, w tym nawet ruchów wojsk. Radar wysyła impulsy szerokości 10-50 μ s z częstotliwością powtarzania ok. 1,5 kHz i mocy od 10 do 20 kilowatów. Do zapisu odebranych impulsów (echa sygnału) i obróbki w trybie SAR wykorzystywany jest pokładowy komputer. Powodem zastosowania stacji radiolokacyjnych typu SAR w rozpoznaniu satelitarnym były jego niewątpliwe zalety związane z relatywnie niewielkimi rozmiarami urządzeń antenowych oraz wysoka rozdzielczość umożliwiająca odwzorowanie powierzchni Ziemi z jakością dorównującą zdjęciom fotograficznym. Radiolokatory pokładowe SAR zaczęto szeroko wykorzystywać do prowadzenia rozpoznania wojskowego w latach pięćdziesiątych. Dla celów cywilnych (tworzenie map pogody) radary zaczęły być używane od 1965 r.

Radar zainstalowany na satelicie *LACROSS* wykrywa obiekty z dokładnością do 1m (podczas fotografowania rozdzielczość wynosi 10 cm), w tym także obiekty zamaskowane w każdych warunkach atmosferycznych. Aby uzyskać penetrację tych obiektów, radar SAR musi pracować w paśmie od 10MHz do 1 GHz. Wykrywa obiekty stacjonarne (lotniska, porty, pola minowe, bunkry), a nawet (według niektórych danych) obiekty podziemne do głębokości 10 m.

Przyszłość radiolokacyjnego rozpoznania satelitarnego to satelity budowane w ramach programu *Discoverer II (D II STARLITE)* prowadzonego przez Narodowe Biuro Rozpoznania (National Reconnaissance Office - NRO), Agencję Badania Zaawansowanych Technologii (Defense Advanced Research Projects Agency - DARPA) oraz siły powietrzne USA.

Prace nad satelitą *STARLITE* rozpoczęły się w 1997 r. Program dotyczył zbudowania systemu składającego się z satelitów posiadających niedrogi radar SAR przeznaczone do ciągłego rozpoznania prowadzonego w każdych warunkach atmosferycznych. Program został zmodyfikowany i uwzględniono w nim także Projekt Identyfikacji Ruchomych Celów Naziemnych HRR-GMTI (High Range Resolution Ground Moving Target Indication).

Obecnie program ten został poszerzony i obejmuje wykorzystanie:

- satelitarnego systemu radarowego STARLITE pozostającego w gestii SP USA;
- bezpilotowych środków rozpoznania (UAV);
- samolotów U-2;
- systemu rozpoznawczo- uderzeniowego JSTARS (Joint Surveillance Targeting Attack Radar System).

Docelowo (po roku 2008) system Discoverer II będzie się składał z 24 satelitów wyposażonych w radary z syntetyczną aperturą. System ten pozwoli na dostarczanie danych nie tylko na najwyższych szczeblach rządowych, ale także dla połączonych sił zbrojnych oraz dowódców taktycznych. Dane o obiektach rozmieszczonych na całej kuli ziemskiej będą przekazywane w czasie nie przekraczającym 15 minut, z dokładnością lokalizacji do 1 m.

Radar wykorzystywany w tych satelitach umożliwia w trybie pracy szerokopasmowej (komórka rozróżnialności o długości 3m) obserwację 700 000 km² na godzinę, w trybie poszukiwania (komórka rozróżnialności o długości 1m) - 100 000 km² na godzinę. W trybie śledzenia umożliwia wykonanie 160 zdjęć na godzinę obszaru o wielkości 4 x 4 km (komórka rozróżnialności o długości 0,3 metra).

Przy lokalizacji ruchomych celów naziemnych – GMTI, radar z 3 metrowym błędem lokalizacji celu może obserwować obszar 2 000 000 km² na godzinę i identyfikować ruchome obiekty poruszające się z prędkością od 1,3 do 100 km/h.

Według oficjalnych danych, podczas operacji „Pustynna Burza” system Discoverer przeznaczał 35% danych dla SP, 35% dla SM i 20% dla SL, 10% zarezerwowano na potrzeby Połączonych Sił Zadaniowych (JTF – Joint Task Forces). Dzień przed uderzeniem sił lądowych koalicji, system dostarczał 20% danych dla SP, 20% dla SM i 50% dla SL, 10 % pozostało zarezerwowane dla JTF. 24 satelity systemu dokonywały około 168 cykli obserwacji terenu Iraku w ciągu doby.

Rosyjskim odpowiednikiem satelity LACROSS jest *Almaz-T/K*. Satelita ten posiada radar typu SAR o dokładności od 10 do 15 m, prowadzi również rozpoznanie sygnałów elektromagnetycznych. Pierwszy satelita tego typu został wystrzelony w 1981r., a następne w latach 1986-1987. Jego następca – satelita drugiej generacji *Almaz-T1* został wyniesiony na orbitę w 1991 r. W 1992 r. firma Machine Building NPO rozpoczęła badania nad nowym satelitą *Almaz-T* wyposażonym w trzy radary SAR i teleskopy optyczne.

Zestawienie porównawcze podstawowych parametrów wybranych stacji radiolokacyjnych SAR montowanych w systemach przedstawiono w tabeli 3.4.

Tabela 3.4.

Zestawienie parametrów satelitarnych SAR¹⁴²

Parametr	ERS-2	SIR-C	SIR-C/X-SAR	Envisat (ASAR)	JERS-1	PRI-RODA	AIMAZ-1	MITI SAR-2
Pasma częst.	C	C, L	X	C	L	L,S	S	L
Kąt widzenia (stopnie)	24	17-60	17-60	20-45	35	35	30-60	20-45
Dokładność (m) /ilość pasów obs.	25/4	25/4	25/4	30/4	18/3	*	15/2	10-100/*
Szerokość pola widzenia (km)	100	15-100	15-40	50-400	76	120	20-45	50-500
Czułość (dB)	-25	-50	-22	*	-20	*	*	-25
Wysokość (km)	785	225	225	600	568	394	300	700
Szerokość pasma (MHz)	13.5	10, 20	10, 20	14	15	*	*	50

Radiolokacyjne rozpoznanie satelitarne jest niewątpliwie przyszłościowym sposobem rozpoznania. Dane uzyskiwane z tego źródła stanowią coraz większy odsetek w zbiorach danych zintegrowanych systemów rozpoznawczych. Nie umniejszając potrzeby i znaczenia zakłócania tych systemów, jednoznacznie należy stwierdzić, że udział wojsk lądowych w tym zakłócaniu powinien być ograniczony do wąskiego zakresu stosowania pasywnych metod modyfikacji dostępnych zbiorów danych. Efekt zakłócenia systemów satelitarnych będzie w tym wypadku efektem ubocznym zakłócania innych systemów rozpoznania radiolokacyjnego. Wszelkie aktywne formy nawet w przypadku dostępności technicznej mogą być stosowane jedynie po ponadnarodowych uzgodnieniach sojuszniczych.

Wnioski do podrozdziału 3.1.1.

1. W lotnictwie wojskowym praktycznie każdy samolot jest nosicielem urządzeń radiolokacyjnych wykorzystywanych w celu zaspokojenia własnych potrzeb informacyjnych. Występują także samoloty, które wykorzystują SRL jako źródło danych dla nadrzędnych systemów informacyjno - sterujących. Mikrofalowe środki radiolokacyjne montowane są coraz częściej również w bezpilotowych aparatach latających i satelitach rozpoznawczych
2. Poprawna praca praktycznie każdego urządzenia radioelektronicznego, w tym również wchodzącego w skład wyposażenia statku powietrznego może zostać uniemożliwiona

¹⁴² Dane opracowane na podstawie G. Nowacki, Rozpoznanie satelitarne na tle ogólnej klasyfikacji rozpoznania, AON, Warszawa 2002.

przez oddziaływanie zewnętrznych środków zakłócających. Nie w każdym wypadku jest to uzasadnione jak również jednakowo łatwe.

3. Zasadniczym środkiem nawigacyjnym, stosowanym nie tylko w urządzeniach latających, ale coraz powszechniej również w pojazdach, są urządzenia odbiorcze systemów globalnej nawigacji satelitarnej (GPS, GLONAS). Większość obecnie wykorzystywanych odbiorników systemu GPS jest urządzeniami starszej generacji, które są podatne na zakłócenia. Odbiorniki te można zakłócić, wykorzystując specjalne nadajniki zakłócające (dostępne na rynku)¹⁴³, co może znacznie pogorszyć precyzję lokalizacji systemu, a tym samym mieć wpływ na wykonanie zadań bojowych. W celu ochrony systemu GPS przed zakłóceniami można wyposażyć go również w urządzenia ISU¹⁴⁴, które zapewniają ochronę własnych odbiorników, a jednocześnie mogą zakłócać odbiorniki przeciwnika.

3.1.2. Pokładowe środki radiolokacyjne sterowania pociskami

Naprowadzane pociski raketowe stosuje się powszechnie przeciwko celom powietrznym i nawodnym. Podyktowane jest to łatwością, z jaką można dokonać wyróżnienia takich celów na typowym tle sygnałów zakłócających, pochodzących od otoczenia. W wypadku obiektów powietrznych, jeśli nawet występują duże zakłócenia bierne od różnego rodzaju hydrometeorów lub od powierzchni ziemi, wykorzystuje się dopplerowskie przesunięcie widma odbieranego sygnału. W wypadku obiektów morskich wykorzystuje się z kolei fakt, że nawet przy wyższych stanach morza powierzchnia skuteczna celów przewyższa powierzchnię skuteczną clutteru w pojedynczej komórce rozróżnialności radaru. W wypadku celów naziemnych sytuacja jest diametralnie różna i mniej korzystna od wspomnianej poprzednio. W typowym, urozmaiconym terenie nie jest łatwo wykrywać niewielkie obiekty wojskowe, np. czołgi, transportery czy samochody, jeśli są one nieruchome. Dobrą dyskryminację takich obiektów zapewnia wprawdzie radar z syntetyczną aperturą, jednak z samej zasady jego działania wynika, że obraz celu i otoczenia nie może powstawać w urządzeniu zbliżającym się do obserwowanego obiektu i w związku z tym trudno omawiany efekt wykorzystywać do naprowadzania pocisków raketowych. Podobnie jest z systemem DBS (Doppler Beam Sharpening), który tak jak wspomniany wcześniej SAR nadaje się znakomicie do tworzenia radiolokacyjnej mapy terenu o niemal fotograficznej dokładności. Również wykorzystanie ruchu obiektów na polu walki, które daje

¹⁴³ Key Position, Navigation Signal Demands Jamming Suppression. W: „Signal”, August 1996.

¹⁴⁴ ISU (Interference Suppression Unit) – urządzenie eliminujące zakłócenia.

dobrze efekty przy ich wykrywaniu, niemal całkowicie zawodzi przy naprowadzaniu się rakiety. Wiąże się to z brakiem możliwości skompensowania dużej energii z listków bocznych urządzenia radiolokacyjnego w pocisku raketowym, będącej źródłem sygnału maskującego obiekty o stosunkowo niedużych prędkościach radialnych. Istnieją wprawdzie doniesienia o możliwości wykorzystania rosyjskich pocisków przeciw okrętowych z radiolokacyjną głowicą naprowadzania pasma cm do niszczenia obiektów na lądzie (pociski KH-31A i KH-22M), jednak można posługując się paroma uproszczonymi wyliczeniami, wykazać, że wystarczająco duża przydatność takiego rozwiązania może mieć miejsce jedynie w warunkach pustynnych i stepowych.

Warto w tym miejscu jeszcze wspomnieć o radiolokacyjnej metodzie naprowadzania pocisków raketowych klasy Cruise. W przypadku pocisku tej klasy radar nie służy do typowego przy naprowadzaniu radiolokacyjnym oświetlenia celu, choć przy naprowadzaniu na duże konstrukcje budowlane jego praca w końcowej fazie może także odegrać pewną rolę. Normalnie radar pracuje jako wysokościomierz, którego dane służą do porównywania metodami korelacyjnymi położenia punktów kontrolnych trasy. Wysokościomierz odznacza się niewielką mocą nadajnika, gdyż pociski tego typu lecą z reguły na wysokości 20-30 m nad lądem. Teoretycznie możliwe jest zakłócenie prawidłowej pracy tego wysokościomierza, ze względów opisanych w poprzednim podrozdziale jest to działalność mało efektywna i niecelowa.

Źródłem nowych możliwości należy upatrywać w dość szybkim opanowywaniu pasma W fal elektromagnetycznych. Nietrudno wyliczyć, że zastosowanie np. w przeciwpancernym pocisku raketowym o średnicy 15 cm urządzenia radiolokacyjnego pasma W umożliwi wytworzenie wiązki antenowej o szerokości ok. $1,5^\circ$. Zakładając, że krótki czas trwania impulsu pozwoli uzyskać rozróżnialność odległościową rzędu 5m, otrzymamy w odległości 1 km od pocisku obszar clutteru o wymiarach ok. 130m^2 . Przyjmując dla dużych kątów padania fali elektromagnetycznej jednostkowa powierzchnię skuteczną gruntu -20 dBm^2 , uzyskamy powierzchnię skuteczną clutteru w jednej komórce rozróżnialności ok. jednego metra, podczas gdy możemy zakładać, że powierzchnia skuteczną czołgu wynosi od kilkunastu do kilkudziesięciu m^2 . Można więc wnioskować, że pocisk raketowy naprowadzany wstępnie w rejon celu według danych z układu nawigacji inercyjnej lub GPS może w odległości powyżej 1 km włączyć swoje urządzenie radiolokacyjne, odnaleźć cel, przejść do fazy śledzenia i zniszczyć obiekt ataku. Przyznać jednak trzeba, że przy prędkościach rzędu 200-300 m/s, w terenie mocno urozmaiconym, gdy ra-

kieta późno uchwyci cel (np. w odległości 500m), procesy sterowania pociskiem za pomocą płaszczyzn aerodynamicznych mogą być nieco utrudnione i może zajść potrzeba zastosowania mechanizmów regulacji wektora siły ciągu silnika. Nieco inne rozwiązanie może zapewnić koncepcja „zatrzymania” pocisku w rejonie celu na spadochronie, aby miał więcej czasu na odszukanie obiektu ataku ze stosunkowo niewielkiej odległości (i przy małej wartości clutteru). Idea ta jest w dodatku o tyle atrakcyjna, że umożliwia zastosowanie jednego nadajnika radiolokacyjnego i wielu stosunkowo tanich subpocisków z biernymi urządzeniami naprowadzania, co pozwoli jednej rakiecie z subamunicją zniszczyć np. rozśrodkowaną kompanię czołgów. Z przedstawionej pokrótce idei wynika, że wprowadzane do uzbrojenia pociski raketowe, przeznaczone do niszczenia małych celów na lądzie, będą charakteryzować się następującymi parametrami:

- pasmo pracy radaru poszukującego (przy wyrzutni) i śledzącego (w pocisku) – 90-100 GHz;
- szerokość wiązki radaru poszukującego – ok.0,5 stopnia;
- szerokość wiązki w pocisku lub subpocisku – 1-2stopnia;
- czas trwania impulsu (radar przy wyrzutni i w pocisku) – 0,03-0,05 μ s;
- moc impulsowa nadajnika rakiety – kilkadziesiąt do kilkuset watów.

Można zatem sądzić, że w niedługim czasie systemy radiolokacyjne zaczną odgrywać dużą rolę także w systemach naprowadzania pocisków raketowych na niewielkie obiekty naziemne¹⁴⁵. Doświadczenia z konfliktów w rejonie Zatoki Perskiej wykazały, że na przykład śmigłowiec AH-64 wyposażony w optoelektroniczny system identyfikacji celów naziemnych wykrywał cele na odległości 2-4 km; czyli znacznie poniżej zasięgu posiadanych rakiet. Wnioski te zaowocowały skonstruowaniem wyposażenia radiolokacyjnego do wersji AH-64 Longbow Apache i uzbrojeniem go w również radiolokacyjnie naprowadzane pociski Helfire. Urządzenia te pracują w zakresie milimetrowym fal radiowych. Dodatkowo z analizy tego konfliktu wyciągnięto wniosek, że pomyłki w rozpoznaniu optoelektronicznym zmuszają do instalowania urządzeń IFF na środkach pancernych.

Zdaniem specjalistów wojskowych¹⁴⁶, w walce z czołgami BWP i transporterami opancerzonymi najskuteczniejsza jest amunicja inteligentna, charakteryzująca się dużą precyzją rażenia i niszczenia. Różni się ona od innych typów amunicji przeciwpancernej

¹⁴⁵ M. Pindral, "Analiza jakości sprzętu technicznego w siłach zbrojnych wybranych państw", Myśl wojskowa 2/2002.

¹⁴⁶ Patrz: J. Garstka, Prognoza rozwoju amunicji inteligentnej, Myśl Wojskowa 5/92.

tym, że sama naprowadza się na cel, który ją wcześniej aktywizuje. Szczególnie użyteczna jest broń o dużej celności rażenia (bron kierowana), zwana bronią precyzyjną¹⁴⁷.

Zastosowanie broni precyzyjnej połączyło rozpoznanie, ogień i niszczenie w całość. Zagrożenie wojsk lądowych wzrosło z chwilą wprowadzenia amunicji inteligentnej do artylerii lufowej i raketowej. Podstawowym warunkiem podjęcia skutecznej obrony przed tą amunicją jest wszechstronne jej poznanie, zwłaszcza sposobów działania oraz możliwości obrony i ochrony przed nią.

W amunicji inteligentnej używa się najczęściej kombinacji czujników. Uzyskuje się w ten sposób wyraźniejsze rozdzielenie celu i tła oraz większą niezawodność całego systemu, również w razie neutralizacji pewnych czujników przez środki przeciwdziałania. W ostatnich latach na Zachodzie w ramach badań nad rozwojem autonomicznej amunicji kierowanej precyzyjnie (APGM) wybrano pewną liczbą opracowań, które można szybko wdrożyć. Opracowania te obejmują:

- amunicję z głowicami przeszukującymi do artylerii lufowej;
- pod pociski kierowane w końcowej fazie lotu do MLRS;
- pociski kierowane w końcowej fazie lotu do artylerii lufowej;
- bezzałogowy aparat latający dla wojsk lądowych.

Amunicja z głowicami przeszukującymi do artylerii lufowej składa się z pocisku - zasobnika zawierającego 3 pod pociski (kaliber 203,2 mm) lub 2 pod pociski (155 mm), które wyszukują cel na powierzchni około 1 km². Pod pociski opadają na spadochronach z wysokości 150 - 300 m ruchem spiralnym i przeszukują teren za pomocą czujników. Jest to najczęściej kombinacja czujników podczerwieni i radarowych pracujących na falach mm. Przechwycony i zidentyfikowany cel jest niszczone od góry ładunkiem uderzającym z wysokości ok. 30 m (prawdopodobieństwo trafienia 0,9). Pod pociski tego typu wymagają znacznie mniejszych nakładów finansowych niż amunicja kierowana w końcowej fazie lotu i z tej przyczyny należy spodziewać się ich szerokiego zastosowania na polu walki.

Amunicja inteligentna do artylerii raketowej to na przykład amunicja kierowana w końcowej fazie lotu, którą otrzymał system raketowy MARS MLRS. Chodzi tu o głowicę (TGW) z umieszczonymi w niej 3 pod pociskami kierowanymi w końcowej fazie lotu (TGSM). Duże prawdopodobieństwo trafienia uzyskuje się dzięki zastosowaniu odpornej na zakłócanie głowicy pracującej na falach milimetrych.

¹⁴⁷Broń precyzyjna to broń kierowana, mogąca porazić cel (obiekt) przy pierwszym wystrzale z prawdopodobieństwem trafienia wynoszącym od 0,5 do 0,9 (według literatury zachodniej).

Nie ulega najmniejszej wątpliwości, że wprowadzenie do uzbrojenia większych ilości sterowanych radiolokacyjne pocisków przeciwpancernych wymusi konieczność wyposażenia środków pancernych w urządzenia do przeciwdziałania ich efektywnemu wykorzystaniu. Obok stosowanych, np. w armii rosyjskiej metod kinetycznego zwalczania wolno lecących pocisków i szerokiej gamy sposobów obrony informacyjnej, wydaje się, że równie skutecznym sposobem może być mikrofalowe zakłócanie systemów informacyjno-sterujących, których czynnikiem wykonawczym są opisywane pociski. Zagrożenie, jakie stanowią tego typu pociski powoduje, że walkę z nimi należy prowadzić wszystkimi dostępnymi siłami i środkami. W zakresie zakłócania mikrofalowego wydaje się, że najbardziej skutecznym sposobem będzie modyfikacja zbiorów dostępnych dla urządzeń przeciwnika danych (zarówno maskowanie jak i pozorowanie) jak również w miarę możliwości technicznych – neutralizacja. Zakłócanie mikrofalowe, ze względu na wykorzystywanie kombinowanych sposobów sterowania, powinno być prowadzone równolegle z innymi formami obrony w zakresie optycznym i optoelektronicznym.

Wnioski do podrozdziału 3.1.2.

1. Osiągnięcia współczesnych technologii elektronicznych umożliwiają umieszczanie stacji radiolokacyjnych w minach oraz głowicach pocisków artyleryjskich i raketowych. Tak wyposażone pociski nazywane są często amunicją inteligentną. Amunicja ta wymaga zastosowania głowicy przeszukującej, która przechwytuje i wybiera cel oraz rozróżnia promieniowanie pochodzące od przedmiotów terenowych i środków walki (celów). W wypadku zastosowania w amunicji radaru średnicę jego anteny określa kaliber pocisku. Promieniowanie własne np. czołgu oraz otoczenia umożliwia na niewielkich odległościach wykorzystanie czujników pasywnych tzw. radiometrów. Jeżeli odległość jest większa, należy zastosować aktywny radar pracujący na falach milimetrycznych.
2. Zakłócanie mikrofalowe jest jedną z perspektywicznych form zmniejszania zagrożenia ze strony systemów wykorzystujących broń precyzyjnego rażenia naprowadzaną zarówno radiolokacyjnie, jak i za pomocą innych sposobów naprowadzania i samonaprowadzania.

3.1.3 Naziemne środki radiolokacyjne

Dynamika współczesnego pola walki, degresja odległości w czasie i przestrzeni powoduje konieczność dysponowania przez decydentów taką bazą danych i takimi urządzeniami rozpoznawczymi, które w dowolnym momencie walki, niezależnie od warunków pogodowych i terenowych, umożliwią terminową i odpowiednią reakcję na zmiany zachodzące na polu walki. Aby skutecznie walczyć należy wyposażyć żołnierzy w narzędzia do

rozpoznawania ruchów i kierunków działania wojsk przeciwnika w obszarze o wymaganej głębokości. Jednym z głównych wymagań, jakie stawia się konstruktorom technicznego sprzętu rozpoznawczego, jest 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.

Wśród naziemnych urządzeń radiolokacyjnych najstarszą i do niedawna najliczniejszą (szczególnie w państwach byłego Układu Warszawskiego) grupę stanowiły stacje radiolokacyjne obrony powietrznej. Rozwój technologii elektronicznych i idąca za tym miniaturyzacja i wzrost możliwości tego typu urządzeń spowodowały coraz szersze stosowanie ich do celów innych niż wykrywanie obiektów powietrznych, przy czym zadanie to w dalszym ciągu uważane jest za jedno z priorytetowych. Problematyka stacji radiolokacyjnych przeznaczonych do wykrywania obiektów powietrznych w aspekcie tematu dysertacji ograniczona została do skróconej analizy środków radiolokacyjnych wspierających obronę przeciwlotniczą w działaniach taktycznych jako czynnika bezpośredniego zagrożenia dla lotnictwa wojsk lądowych. Szerzej omówiona została problematyka szeroko rozumianych radiolokatorów pola walki¹⁴⁸.

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 według kryterium ich przeznaczenia i wykonywanych

¹⁴⁸ Analizie poddano głównie środki radiolokacyjne wykorzystywane w armiach wschodnich sąsiadów RP, ze względu na ilość i zakres zastosowania stanowią bowiem odpowiednią grupę reprezentatywną. Szerzej problematyka ta opisana została w: W. Scheffs, G. Nowacki, W. Błażejczyk, Radiolokacja w wojskach lądowych wschodnich sąsiadów Rzeczypospolitej Polskiej, AON, Warszawa 2002.

zadań można podzielić na trzy grupy:

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

Stacje radiolokacyjne obserwacji pola walki wykorzystywane są przez pododdziały rozpoznawcze (i nie tylko) 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 to pasmo cm (I i J). W większości są to tzw. radary dopplerowskie.

Przeznaczeniem SRL obserwacji pola walki wojsk lądowych jest przede wszystkim wykrywanie i śledzenie naziemnych celów ruchomych i nieruchomych, określenie ich miejsca położenia w terenie, kierunku i prędkości poruszania się oraz identyfikacja wykrytego celu w taktycznym pasie działania. W szczególnych wypadkach stacje te mogą wykrywać cele lecące na małych wysokościach np. śmigłowce, bezpilotowe aparaty latające (BAL) lub samoloty. Zwykle nie tworzą one systemów, są wykorzystywane jako pojedyncze urządzenia rozpoznawcze. Ich podstawowe zadania to:

- nadzorowanie określonego 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 dzieli się często według kryterium przestrzennych możliwości wykrywania obiektów na trzy kategorie¹⁴⁹: radiolokatory bliskiego, średniego i dalekiego zasięgu.

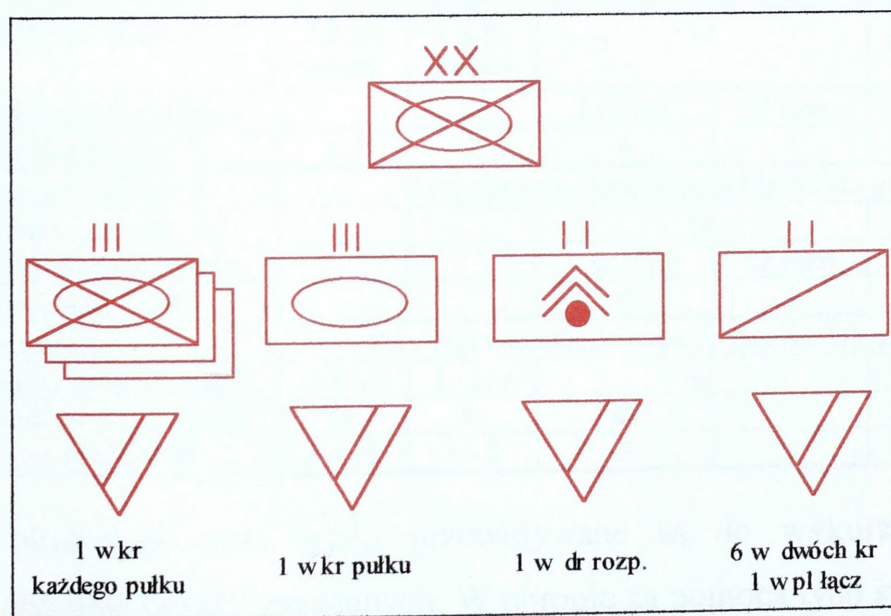
Radiolokatory obserwacji pola walki bliskiego zasięgu (do 10 km) są urządzeniami wykorzystywanymi głównie przez patrole rozpoznawcze z jednostek wojsk lądowych. Pododdziałami, które prowadzą rozpoznanie pola walki i obserwację celów ruchomych w wojskach lądowych państw wschodnich, są przede wszystkim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

¹⁴⁹ Nie wszystkie rodzaje wykorzystywane są w każdej armii. Na przykład siły lądowe Rosji obecnie nie wykorzystują stacji radiolokacyjnych obserwacji pola walki dalekiego zasięgu. Można przypuszczać, że nie posiadają tego typu stacji.

nych. Oprócz tych organicznych pododdziałów rozpoznawcze 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 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 $0,6^\circ$ 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 (patrz rys 3.1). Liczba ta nie jest stała i w zależności od miejsca stacjonowania dywizji ulega zmniejszeniu lub zwiększeniu, przede wszystkim w kompaniach rozpoznania pułków. Istnieją sygnały o planach dosyć radykalnego zwiększenia liczby stacji radiolokacyjnych w pododdziałach wojsk zmechanizowanych. Docelowo mają to być 2 stacje radiolokacyjne małego zasięgu na szczeblu kompanii, 1 stacja średniego zasięgu i 3 wozy rozpoznawcze wyposażone w stacje radiolokacyjne na szczeblu batalionu. Plany takie powstały w wyniku analizy efektywności wykorzystania stacji radiolokacyjnych w działaniach w Czeczenii.



Rys. 3.1. 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, może być ich łącznie 19. Tak duża liczba stacji występuje w dywizjach rozmieszczonych na najważniejszym kierunku operacyjnym. W innym wypadku 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 daje łączną liczbę stacji w ZT 20, nie licząc stacji w batalionie rozpoznawczym. Natomiast w ZT w głębi kraju liczba SRL w pułkach może być ograniczona do jednej SRL lub może ich w ogóle nie być. 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 3.5.

Tabela 3.5.

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 po-

zonych 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. 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.

Porównanie nasycenia SRL w wybranych trzech armiach państw wschodnich przedstawiono w tabeli 3.6.

Tabela 3.6.

Zestawienie porównawcze ilości SRL pola walki występujących w pasie działania dywizji pancernej armii wschodnich sąsiadów RP

	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	

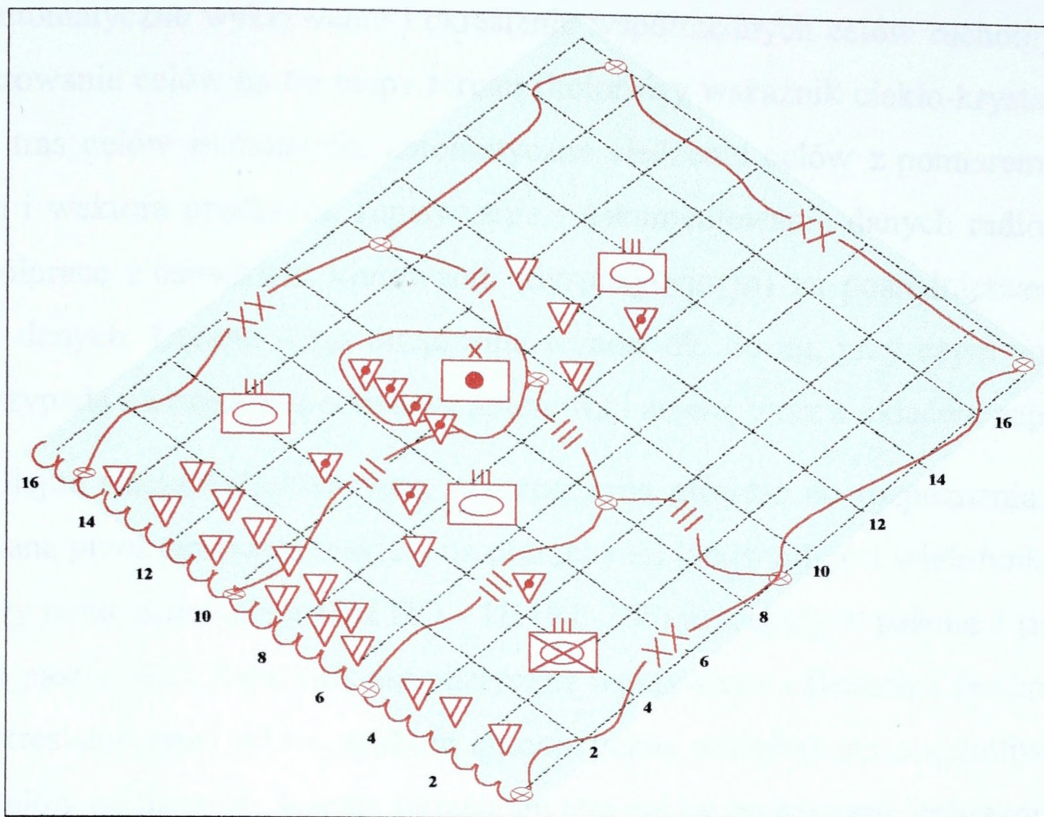
Zakładając powyższe ilości stacji radiolokacyjnych w strukturach, przyjąć możemy, że w pasie działania ZT¹⁵⁰ może się znajdować ok. 30 SRL obserwacji pola walki. Ich schematyczne rozmieszczenie w ugrupowaniu na przykładzie rosyjskiej dywizji pancerniej typu 92 przedstawiono na rys. 3.2.

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 obecnie wykorzystywanych w armiach państw wschodnich typów stacji radiolokacyjnych rozpoznania pola walki skoncentrowano się na kilku, których parametry techniczne, technologia wykonania oraz zasady wykorzystania na polu

¹⁵⁰ Założono następujące rozmiary pasa rozpoznania ZT: szerokość 15 km; głębokość 25 km. Daje to powierzchnię 375 km².

walki predestynują je do uznania za współczesne typowe rozwiązania dla poszczególnych grup stacji w tych państwach.



Rys. 3.2. Urzutowanie SRL pola walki w ugrupowaniu dywizji panczernej typu 92 Rosji

W siłach lądowych Rosji jedną z nowszych stacji radiolokacyjnych obserwacji pola walki jest przenośna stacja FARA-1. Przeznaczona jest ona głównie do wykrywania naziemnych ruchomych celów, ale również 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 (o masie 16 kg) może być wykorzystana jako 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 – odbiorcze (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. Ewentualnego wyprowadzenia danych do ośrodków dyspozycyjnych dokonuje się w sposób automatyczny przez standardowy interfejs.

Do radiolokatorów obserwacji pola walki zalicza się również przenośna stacja KREDO-M1 dopplerowska impulsowa stacja radiolokacyjna pracująca w paśmie J. Zapewnia automatyczne wykrywanie i określenie współrzędnych celów ruchomych, kolorowe zobrazowanie celów na tle mapy terenu (kolorowy wskaźnik ciekło-krystaliczny), 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. 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). 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 $0,12^{\circ}$ w azymucie. Przy wadze całego urządzenia około 105 kg, 18kg to waga anteny.

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. Antena obrotowa zapewnia rozpoznanie w kącie pełnym w azymucie i sektorze $\pm 18^{\circ}$ w elewacji.

Zestawienie zasadniczych danych wybranych stacji radiolokacyjnych obserwacji pola walki przedstawiono w tabeli 3.7.

Zestawienie ważniejszych parametrów SRL obserwacji pola walki

Typ SRL	Pasma	Zasięg wykrywania [km]				Dokładność określania współrzędnych		Waga [kg]
		człowiek	pojazd	pocisk	śmigłowiec	Odległość [m]	Azymut [°]	
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

W dostępnej literaturze przedmiotu badań problematyka stosowania na polu walki opisanych powyżej urządzeń oraz zagrożeń wynikających z ich użycia praktycznie nie jest podejmowana¹⁵¹. Powodem takiej sytuacji jest prawdopodobnie fakt, że urządzenia tego typu na szerszą skalę stosowane są od niewielu lat, brak jest również wiarygodnych i udokumentowanych danych na temat ich bojowego wykorzystania, lub są one niedostępne. Wymagania współczesnego pola walki, szczególnie nielinearność i wysoka manewrowość, są głównym czynnikiem stymulującym rozwój radiolokatorów rozpoznania pola walki. Pomyłkowe bombardowania i przypadki niewykrywania ważnych obiektów na polu walki w czasie ostatnich konfliktów zbrojnych wykazały, że satelity rozpoznawcze nie mogą być jedynym źródłem danych. Według ekspertów amerykańskich w czasie „Wojny w Zatoce” uwidoczniła się słabość rozpoznania powietrznego realizowanego przez TR-1, U-2 i taktyczne RF-4C, które prowadziły rozpoznanie z dużej wysokości. Konsekwencją tych wniosków jest szybki rozwój rozpoznania opartego na bezpilotowych aparatach latających (głównie USA) i rozwój radiolokatorów rozpoznania pola walki (głównie Rosja). W konkluzji powyższych rozważań stwierdzić należy, że:

Utrudnianie prowadzenia rozpoznania przez środki rozpoznawcze o niewielkim zasięgu staje się priorytetowym zadaniem walki elektronicznej. W tym kontekście szczególne zadanie przypada urządzeniom zakłócania mikrofalowego ponieważ znaczna część tych środków pracuje z wykorzystaniem tego zakresu fal elektromagnetycznych. Oznacza to również, że zadania zakłócania informacyjnego będą głównie realizowane na szczeblu taktycznym, a nie, tak jak dotychczas operacyjnym. Konieczność zakłócania radiolokacyjnych środków rozpoznania pola walki nie ulega najmniejszej wątpliwości,

¹⁵¹ Próby określenia potrzeb w zakresie rozpoznawania tych środków dokonano w: W. Scheffs, Pasywne rozpoznanie radiolokacyjne, rozprawa doktorska, AON 2001.

do ustalenia pozostaje tylko określenie sposobów realizacji i stworzenie odpowiedniego potencjału zakłócania informacyjnego w tym zakresie.

Radiolokatory urządzeń obrony indywidualnej to stacje o małym zasięgu prowadzonego rozpoznania, ale o bardzo dużej rozróżnialności. Potrafią wykryć pociski artyleryjskie z odległości 1,5 do 3 km. Ostrzegają przed zbliżającymi się pociskami, jak również sterują urządzeniami obrony przeciw pociskowej. Mają zwykle niewielkie wymiary i pracują w bardzo dużych częstotliwościach - zakres mm (pasmo L i M). Zaletą tych stacji jest bardzo duża rozróżnialność w kierunku i odległości (rzędu centymetrów). Podstawowym zadaniem tych radiolokatorów jest wczesne i niezawodne wykrycie zagrożenia i uruchomienie środków przeciwdziałania.

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 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.

Budowa modułowa systemów DROZD i DROZD-2 pozwala wyposażyć w nie dowolny pojazd mechaniczny. Oferta przemysłu rosyjskiego przewiduje możliwość dostosowania

wania ich do każdego typu pojazdu, w tym również zagranicznego. Obecnie w siłach zbrojnych większości krajów występują w dużych ilościach czołgi produkowane w latach 80., 70., a nawet 60. 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) niewyposażonymi 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 przeciw pocisku 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, 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. 3.8

Podstawowe dane taktyczno - techniczne

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

Innym systemem aktywnej obrony jest zestaw ARENA-E przeznaczony 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. 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° do 270° , 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.

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).

Tab. 3.9.

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 $\pm 110^\circ$
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	$< 30 \text{ dm}^3$
Liczba ładunków	= 22

Efektywność użycia czołgów i BWP wyposażonych w tego typu systemy znacznie wzrasta w wypadku 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).

Urządzenia obrony indywidualnej środków pancernych są kolejnym etapem w prowadzonego od początku istnienia broni pancernej wyścigu w dziedzinie jakości środków rażenia i środków obrony. Zastosowanie w tych urządzeniach zaawansowanych technologii elektronicznych wymusi na zasadzie kontrakcji użycie równie zaawansowanych technologii w tej dziedzinie. Kumulując fakt, że opisane powyżej urządzenia służą do obrony przed kierowanymi pociskami przeciwpancernymi, oraz że takie pociski są obecnie jednym z głównych środków walki ze środkami opancerzonymi dochodzimy do konstatacji:

Przy szerokim zastosowaniu środków obrony indywidualnej pojazdów w postaci radiolokacyjnie sterowanych przeciw pocisków warunkiem koniecznym efektywnego

użycia przeciwpancernych pocisków kierowanych będzie uprzednie uniemożliwienie poprawnej pracy tych urządzeń. Możliwe to będzie do realizacji jedynie za pomocą aktywnych środków zakłócania mikrofalowego drogą neutralizacji lub maskowania elektro-nicznego (modyfikacji zbiorów danych dostępnych dla radiolokatorów sterujących systemami obrony).

Stacje radiolokacyjne koordynowania ognia artylerii pracują w paśmie E, F, G lub H, a ich coraz szersze stosowanie związane jest ze zmianami w prowadzeniu współczesnej walki, wyrażającymi 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 potrzebnych do wypracowania decyzji ogniowych;
- określanie danych do poprawiania ognia oraz ocenę 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 odgrywają stacje radiolokacyjne kierowania ogniem artylerii – jako środek rozpoznania działający skutecznie bez względu na warunki atmosferyczne i porę dnia.

W siłach zbrojnych większości wysoko utecniczonych państw 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 PRP¹⁵²-4M „DIEJTERIJ”, zbudowanego na bazie BMP, a więc chroniona 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.

Innym przedstawicielem tej grupy sprzętu są stacje radiolokacyjne typu SNAR służące do wykrywania naziemnych (nawodnych) celów ruchomych oraz strzelających dział i moździerzy. Stacja radiolokacyjna SNAR-10 może wyznaczać współrzędne obiektów ruchomych zarówno w dzień jak i w nocy (w warunkach ograniczonej widoczności), a także miejsc wybuchów pocisków własnej artylerii. Może być zatem wykorzystywana do określania położenia środków pancernych i zmechanizowanych oraz artylerii przeciwnika, a także korygowania ognia i oceny jego skutków. Może również służyć do dowiązania geodezyjnego elementów ugrupowania bojowego własnej artylerii¹⁵³.

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 sygnału odbitego wiązki elektromagnetycznej). Stacja SNAR-10 może prowadzić rozpoznanie pojedynczego obiektu (czołg, BWP, TO, etc.) na głębokość 18 i więcej km, oraz wyznaczać współrzędne wybuchów pocisków własnej artylerii (o kalibrze 120 mm i większym) na głębokość 4-10 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

¹⁵² PRP - ros. Podwiznoj Razwidywatelnyj Punkt - Ruchomy Punkt Rozpoznawczy.

¹⁵³ Użycie wojsk raketowych i artylerii w operacji i walce, AON, Warszawa 1995, s.94.

ogniowego przeciwnika wzrastają znacznie przy współdziałaniu z sejsmiczno - akustycznym zestawem rozpoznania artylerii (S-AZRA). Stacje radiolokacyjne amerykańskich zestawów AN/TPQ-36,37 Firefinder określają stanowiska środków artyleryjskich na podstawie obserwacji toru lotu pocisków z dokładnością 10–12 m. Do zestawów tego rodzaju, wykorzystywanych między innymi w SZ FR, należy modernizowany artyleryjski radiolokacyjny zestaw rozpoznania i korygowania ognia artylerii naziemnej ARK-1M „RYS”. Jest on przeznaczony do rozpoznawania po wystrzałach (starcie) stanowisk ogniowych moździerzy, artylerii, wieloprowadnicowych wyrzutni raketowych, 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.

Innym przedstawicielem tego rodzaju urządzeń jest zestaw rozpoznania i zabezpieczenia strzelań własnej artylerii „ZOO-PARK-1”, 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. W skład zestawu wchodzi monoimpulsowa, trójwspółrzędna stacja radiolokacyjna z anteną o fazowanej aperturze na podwoziu gąsienicowym, autonomiczne środki orientowania i topodowiązania. Stacja radiolokacyjna pracuje w paśmie G, H.

Zestawienie porównawcze niektórych parametrów rosyjskich zestawów ZOO-PARK i RYS przedstawiono w tabeli 3.10.

W uzupełnieniu dodać należy, że według danych amerykańskich¹⁵⁴ nowa III generacja stacji radiolokacyjnych rozpoznania artylerii uważana jest za gwałtowny skok w dziedzinie możliwości wykrycia i lokalizacji stanowisk ogniowych artylerii przeciwnika. Wzrosły one z około 100 km^2 do około 1200 km^2 w pasie działania własnej dywizji z równoczesną możliwością obserwacji pasów dywizji sąsiednich (ok. $2 \times 800 \text{ km}^2$). Łącznie maksymalne możliwości rozpoznania dywizyjnego zestawu "Firefinder" sięgają 2800 km^2 terenu zajętego przez przeciwnika. Możliwości w zakresie wykrywania wynoszą

¹⁵⁴ S. Adamowicz, Kierunki doskonalenia metod zwalczania artylerii w operacji obronnej, Artyleria w operacji i w walce, WSO im. Gen.J. Bema, Toruń 1995 nr2, s. 105.

ok. 360 celów wykrytych i śledzonych w ciągu godziny przez jednowiązkową stację radiolokacyjną tego zestawu.

Tabela 3.10.

Wybrane parametry rosyjskich zestawów rozpoznania artylerii

Nazwa urządzenia	ARK – 1M „RYŚ”	„ZOOPARK - 1”
Maksymalna odległość rozpoznania [km]:		
– moździerzy	16 - 17	13 - 17
– haubic	13 - 15	10 - 12
– wieloprowadnicowych wyrzutni rakietowych	30	15 - 22
– rakiet taktycznych	40	40 - 45
Zasięg zabezpieczania strzelania własnych środków do stanowisk [km]:		
– moździerzy	12-13	18 - 22
– haubic	7-9	15 - 20
– wieloprowadnicowych wyrzutni rakietowych	20-30	25 - 35
– rakiet taktycznych	30	40 - 45 .
Średni błąd określenia współrzędnych	30 - 90 m	
Ilość obsługiwanych celów	2 - 3/min	12
Czas rozwijania	5 min.	5 min.

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 Dopplera, a dokładność pomiaru wynosi zwykle mniej niż 0,1%. Stosowane wspólnie urządzenia pozwalają na pomiary prędkości wylotowej z częstotliwością 5 - 6 poc./min.

Z grupy opisanych rodzajów artyleryjskich stacji radiolokacyjnych niewielką celowość wydaje się mieć jedynie zakłócanie stacji przeznaczonych do określania prędkości wylotowej pocisku, ponieważ wysiłek włożony w zakłócanie z punktu widzenia efektywności działania znacznie lepiej skoncentrować na stacjach wskazywania celów i koordynacji ognia¹⁵⁵.

Skuteczne zakłócenie stacji rozpoznania stanowisk artylerii może stanowić „być albo nie być” własnych środków ogniowych, lub co najmniej w znaczący sposób decydo-

¹⁵⁵ Odwrotna sytuacja ma miejsce w wypadku rozpoznawania tych grup stacji, gdzie rozmieszczone z przyczyn technicznych bezpośrednio przy stanowiskach ogniowych stacje kontroli prędkości pocisku są z oczywistych przyczyn znacznie bardziej opłacalnym celem rozpoznawania. (przyp. aut.)

wać o wysiłku (organizacyjnym i ekonomicznym) poniesionym przez przeciwnika na realizację zadań ogniowych¹⁵⁶.

Stacje radiolokacyjne obrony przeciwlotniczej szeroko wykorzystywane są w jednostkach OPL w tym szczególnie w nowoczesnych zestawach raketowych. Na podstawie analizy systemów przeciwlotniczych i ich miejsca w strukturze organizacyjnej wojsk lądowych należy stwierdzić, iż ich struktura i wyposażenie są bardzo zróżnicowane, nie tylko w zależności od kraju, ale również wewnątrz jednych sił zbrojnych. Przykładem może być wysoce zróżnicowana struktura jednostek przeciwlotniczych wojsk lądowych Rosji, gdzie nie ma jednakowej organizacji jednostek OPL w armii czy korpusie. Począwszy od szczebla armii, a na batalionie kończąc, wykorzystywany sprzęt ma różną klasę i różne możliwości¹⁵⁷. Wykorzystuje się zarówno autonomiczne SRL środków ogniowych, jak i SRL wstępnego poszukiwania i wykrywania pododdziałów dowodzenia, które także prowadzą rozpoznanie na potrzeby ogniowe.

Organizacja jednostek OPL w armii rosyjskiej uzależniona jest od typów zestawów raketowych. Począwszy od szczebla armii i korpusu, organizowane są brygady raket przeciwlotniczych, ale o różnych zestawach raketowych. W strukturach organizacyjnych, oprócz SRL występujących w brygadach, dodatkowo występuje od 1 do 2 batalionów radiotechnicznych w składzie czterech kompani radiotechnicznych. W każdej kompanii występują po dwie stacje określające wysokość (elewację) i odległość wraz z azymutem. Bataliony te tworzą autonomiczny system rozpoznania radiolokacyjnego na potrzeby armii lub korpusu.

Szeroka gama stosowanych w wojskach OPL typów środków radiolokacyjnych uniemożliwia zamieszczenie analizy ich parametrów technicznych i taktycznych w ramach niniejszej rozprawy. Zadana w zakresie możliwego zakłócania częściowo zobrazować może tabela 3.11., w której przedstawiono ilości SRL występujących w poszczególnych typach pułków i brygad raket przeciwlotniczych na szczeblu armii, korpusu armijnego i dywizji SZ Rosji.

Analiza strukturalna systemów radiolokacyjnych OP w innych państwach wschodnich sąsiadów wykazuje, że zarówno jakościowe, jak i ilościowe wskaźniki wyposażenia

¹⁵⁶ Przybliżony sposób określania progresji tego wysiłku zawarty jest w: L. Ciborowski, *Walka informacyjna*, Europejskie Centrum Edukacji, Toruń 1999.

¹⁵⁷ Bardziej szczegółowo problematykę tę opisano w: W. Scheffs, G. Nowacki, W. Błażejczyk, *Radiolokacja w wojskach lądowych wschodnich sąsiadów Rzeczypospolitej Polskiej*, AON, Warszawa 2002.

wojsk w zakresie radiolokacyjnych środków OPL przedstawiają się podobnie jak w armii rosyjskiej.

Tabela 3.11.

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 raketowych występuje kilka SRL montowanych na jednym pojeździe

Ogólną liczbę stacji radiolokacyjnych w pasie działania ZT z podziałem na odcinki głębokości rozpoznania przedstawiono w tabeli 3.12¹⁵⁸.

Tabela.3.12.

Liczba SRL OPL występujących w pasie rozpoznania ZT przypadających na 5 km¹⁵⁹ 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	

¹⁵⁸ Tabele 3.11. i 3.12. opracowano na podstawie W. Scheffs, G. Nowacki, W. Błażejczyk, Radiolokacja w wojskach lądowych wschodnich sąsiadów Rzeczypospolitej Polskiej, AON, Warszawa 2002.

¹⁵⁹ Założono, że pas rozpoznania ZT wynosi ok. 1200 km² 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.

Z danych przedstawionych w tabeli wynika, iż największe nasycenie SRL występuje pomiędzy rubieżą styczności bojowej wojsk a głębokością do 5 km, oraz pomiędzy 15 a 20 km. 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).

Analiza struktur organizacyjnych oddziałów i pododdziałów OPL w armiach państw NATO wykazała, że są one także niejednakowe. Występują dywizjony, pułki oraz grupy rakiet i artylerii przeciwlotniczej. Na przykład, w amerykańskim korpusie armijnym nie ma stałej struktury organizacyjnej sił i środków OPL. Może on otrzymywać na okres prowadzenia działań zaczepnych (obronnych) grupę rakiet i artylerii przeciwlotniczej w składzie kilku dywizjonów. W składzie tych dywizjonów występują środki radiolokacyjne, tworząc system rozpoznania radiolokacyjnego dla przydzielonych sił OPL. W dywizji amerykańskiej występuje mieszany dywizjon rakiet i artylerii przeciwlotniczej. W korpusie i dywizji niemieckiej występują odpowiednio pułk rakiet przeciwlotniczych i pułk przeciwlotniczy. Natomiast brygada niemiecka nie ma organicznych pododdziałów przeciwlotniczych. Na czas prowadzonych działań może otrzymać wzmocnienie od jednej do trzech baterii przeciwlotniczych różnego typu.

Należy zauważyć że w korpusach, dywizjach i brygadach SZ państw NATO nie ma organicznych oddziałów (pododdziałów) radiotechnicznych. Natomiast środki radiolokacyjne znajdują się pododdziałach dowodzenia jednostek OPL (w pułkach, dywizjonach, bateriach przeciwlotniczych). Autonomiczne środki radiolokacyjne w pełni zabezpieczają aktywne środki walki OPL w odpowiedni jakościowo zestaw danych radiolokacyjnych. Jednocześnie aktywne środki walki OPL wykorzystują dane o sytuacji powietrznej z jednolitego systemu rozpoznania OP NATO, poszerzone o dane z sytuacji powietrznej przekazane przez system wczesnego wykrywania AWACS i systemy rozpoznania kosmicznego. Taki poziom zabezpieczenia ZO i ZT w zakresie danych radiolokacyjnych w pełni pokrywa zapotrzebowanie tych oddziałów w walce z ŚNP.

Duża ilość SRL występujących w poszczególnych korpusach i armiach SZ Rosji, powiększona dodatkowo o posterunki radiolokacyjne na bazie batalionów radiotechnicznych, podyktowana jest zapewnieniem ciągłej strefy dopływu danych radiolokacyjnych na małych wysokościach (od 100m), co gwarantuje osłonę ogniową zgrupowania wojsk. Są to głównie systemy naziemne, w odróżnieniu od państw zachodnich, które rozbudowały systemy obserwacji radiolokacyjnej z powietrza.

Generalnie systemy przeciwlotnicze 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.

Wprowadzane do wyposażenia SRL działają z wykorzystaniem kompresji impulsów, modulacji wewnątrzimpulsowej, pracy wieloczęstotliwościowej, trójwspółrzędnego pomiaru położenia celów, elektronicznego kształtowania i sterowania wiązką antenową, adaptacyjnego rodzaju pracy układów przeciwwzakłóceń. Nowe rozwiązania spowodowały opracowanie jakościowo nowych nadajników, anten, układów obróbki sygnałów, wskaźników zobrazowania oraz powszechne zastosowanie elektronicznej techniki obliczeniowej.

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 przez 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 rozdzielności rzędu 10 – 30 cm, małych mocy promieniowania rzędu watów i redukcji listków bocznych prawie do zera. Jednocześnie zachowano pożądaną odległość wykrywania.

O potrzebie zakłócania tego rodzaju środków radiolokacyjnych wymownie świadczy fakt, że według ocen specjalistów amerykańskich gdyby siły sprzymierzone w czasie wojny w rejonie Zatoki Perskiej nie użyły umiejętnie środków walki elektronicznej, iracka OP i OPL byłyby w stanie zestrzelić do 50% więcej samolotów biorących udział w nalotach. Problematyka ta dotyczy jednakże przede wszystkim lotnictwa (oczywiście w tym również lotnictwa wojsk lądowych). Ze względu na położenie w ugrupowaniu wojsk i specyfikę pracy zakłócanie tego rodzaju środków wymaga wyniesienia nadajników zakłóceń ponad powierzchnię ziemi. Zasadniczym środkiem takiego zakłócania powinny być zatem pokładowe urządzenia osłony indywidualnej statków powietrznych ewentualnie, wykorzystane w niewielkim stopniu nadajniki zakłóceń jednorazowego użytku umieszczone w bezpośredniej bliskości zakłócanych stacji radiolokacyjnych.

Wnioski z podrozdziału 3.1.3

Naziemne środki radiolokacyjne (w tym szczególnie stacje rozpoznania pola walki i szeroko rozumiane stacje rozpoznania artyleryjskiego) ze względu na rosnącą ich ilość i znaczenie dla powodzenia w działaniach wojsk lądowych stają się coraz bardziej opłacalnym celem dla zakłócania informacyjnego. Rozwój tego rodzaju środków rozpoznania jest szczególnie szybki w tych krajach, które nie posiadają w dostatecznym stopniu rozwiniętego systemu rozpoznania powietrznego, umożliwiającego dopływ bieżących danych o sytuacji pola walki. Zarówno w krajach Europy Zachodniej, jak i wschodniej brak jest autonomicznych systemów rozpoznania radiolokacyjnego LWL, które występowałyby w ZT lub ZO. W niektórych krajach występują pojedyncze egzemplarze śmigłowców ze SRL obserwacji pola walki (śmigłowiec K-31 z sił powietrznych Rosji) lub systemy z jednym bądź kilkoma śmigłowcami (amerykański SOTAS z czterema śmigłowcami, francuski system AS-532 UL Cougar Horizon z 1–3 śmigłowcami czy włoski AB-412 CRESO z jednym śmigłowcem). Kompetencje w zakresie zakłócania muszą być dostosowane do fizycznych i energetycznych możliwości zarówno rozpoznania tego rodzaju środków radiolokacyjnych, jak również odnośnych możliwości w zakresie zakłócania. W skali niewielkich przestrzeni na których rozmieszczone są zarówno stacje radiolokacyjne przeciwnika, jak i własne stacje rozpoznania i zakłócania szczególną uwagę należy skupić na zapewnieniu kompatybilności elektromagnetycznej.

3.1.4. Wnioski wynikające z analizy środków radiolokacyjnych

1. Środki i systemy radiolokacyjne przeciwnika, z którymi mogą się spotkać w swoich działaniach wojska lądowe rozmieszczone są na pokładach środków latających i satelitarnych lub są urządzeniami naziemnymi. Pokładowe środki radiolokacyjne do niedawna będące jedynymi celami dla zakłócania informacyjnego w zakresie mikrofal, z punktu widzenia wojsk lądowych tracą swój dominujący charakter. Nowe systemy naprowadzania zarówno samolotów, jak i pocisków raketowych na obiekty stacjonarne powodują, że osłona radiolokacyjna takich obiektów staje się coraz mniej potrzebna. Zasadniczymi obiektami wymagającymi osłony radiolokacyjnej będą szeroko rozumiane obiekty ruchome (od pojedynczego wozu bojowego do stanowisk dowodzenia ZO), zaś podstawowymi przedmiotami zakłócania – stacje radiolokacyjne naprowadzania i samonaprowadzania pocisków oraz zarówno pokładowe, jak i naziemne stacje rozpoznania pola walki.
2. Bojowe środki walki, ze względu na swoją ruchliwość, będą w dalszym ciągu celem dla rakiet naprowadzających się za pomocą aktywnej głowicy radiolokacyjnej, szczególnie w porze nocnej, kiedy głowice optoelektroniczne mają znacznie mniejsze zastosowanie. Prowadzone są także prace nad wdrożeniem nowej generacji środków raketowych z naprowadzaniem radiolokacyjnym pracującym w paśmie W (milimetrowy zakres fal), których dokładność trafienia dorównuje środkom optoelektronicznym. Z drugiej strony szerokie zastosowanie wspomaganych radiolokacyjnie aktywnych systemów osłony broni pancernej wymusić może konieczność stosowania środków zakłócających w celu umożliwienia skutecznego ataku przeciwpancernymi pociskami kierowanymi.
3. Stacje radiolokacyjne występujące na szczeblu ZT lub ZO, to głównie stacje artyleryjskie i obserwacji pola walki. Wykorzystywane są jako pojedyncze stacje, z zasady nie tworzą systemów. Ich przeznaczeniem jest wykrywanie obiektów stacjonarnych i ruchomych w zakresie dostępności fizycznej w rejonach zainteresowania dla ich dysponentów. Ich ilość kształtuje się na różnym poziomie, w zależności od kraju, rodzaju wojsk i szczebla dowodzenia. Artyleryjskie stacje radiolokacyjne służą głównie na potrzeby jednostek artyleryjskich, będąc częścią ich systemu rozpoznawczego, a SRL obserwacji pola walki wykorzystują pododdziały rozpoznawcze do oceny sytuacji w obszarze odpowiedzialności rozpoznawczej ZT (ZO).

4. Niewątpliwe potrzeby w zakresie zakłócania systemów informacyjno - sterujących wykorzystujących jako źródła danych stacje radiolokacyjne pola walki wymuszają przesunięcie kompetencji i możliwości zakłócania do coraz niższych szczebli taktycznych. Jest to wynikiem przestrzennych zasięgów zarówno środków zakłócających, jak i zakłócanych oraz ograniczeniami czasowymi odnośnie do podjęcia decyzji o zakłócaniu. Uzyskanie wymaganej głębokości zależy przede wszystkim od technicznych możliwości stacji zakłóceń oraz ich właściwego rozmieszczenia w terenie, stosownie do położenia zakłócanych obiektów oraz odległości, stanowiącej kompromis pomiędzy ich zasięgiem i bezpieczeństwem. Niezależnie od charakteru prowadzonych działań, stacje zakłóceń powinny być rozmieszczane poza zasięgiem głównej masy ognia środków strzelających na wprost, z wyjątkiem środków zakłócających, które powinny być w wyposażeniu grup specjalnych i rozpoznawczych. Jako argumentu na rzecz potrzeby zakłócania radiolokatorów pola walki nawet na najniższych możliwych szczeblach użyć można planowanego wprowadzenia radiolokatorów na przykład w wojskach lądowych SZ Rosji nawet od szczebla kompanii i plutonu. W dużym stopniu problem ten dotyczy również grup rozpoznawczych i specjalnych (zakłócanie radiolokatorów osłony), a także pododdziałów walczących w szczególnych środowiskach (tereny miejskie, góry) w obrobie przed rozpoznaniem przez środki radiolokacyjne bliskiego zasięgu i pokładowych SAR środków bezpilotowych.

3.2. Środki łączności mikrofalowej

Przeprowadzone badania wykazały, że coraz wyższe zakresy częstotliwości radiowych wykorzystują nie tylko urządzenia radiolokacyjne. Tendencja ta dotyczy również łączy radioliniowych, łączności radiowej bliskiego zasięgu oraz łączności satelitarnej, która od początku swojego istnienia funkcjonowała w zakresie mikrofalowym. Kierunek tych działań związany jest z rozwojem nowoczesnych technologii oraz z zapotrzebowaniem na nowe, niezakłócone i niezajęte pasma częstotliwości radiowych. Potwierdzeniem owych tendencji może być procentowe wykorzystanie wyższych zakresów częstotliwości w siłach powietrznych i wojskach lądowych.

Choć w ostatnim czasie wielką karierę robi telefonia komórkowa GSM¹⁶⁰, łączność satelitarna jest nadal atrakcyjna, szczególnie jako „telekomunikacyjne okno na świat” dla obszarów pozbawionych rozbudowanej naziemnej infrastruktury telekomunikacyjnej. Dzięki tej łączności można w danym kraju z pomocą naziemnej stacji satelitarnej oraz satelity na orbicie geostacjonarnej (obsługującym dany region) oraz analogicznej stacji satelitarnej na drugim kontynencie stworzyć dwukierunkowe łącze międzykontynentalne o dużej przepustowości. Satelita telekomunikacyjny spełnia rolę przemiennika radiowego, odbierając sygnały nadawane z wielu naziemnych stacji satelitarnych z obszaru, który ob-

¹⁶⁰ Standardowa częstotliwość - 0,9 lub 1,8 GHz.

sługuje, transponując je następnie w inne wyjściowe pasmo nadawcze i wysyła je, z odpowiednią mocą, na obsługiwany obszar (region).

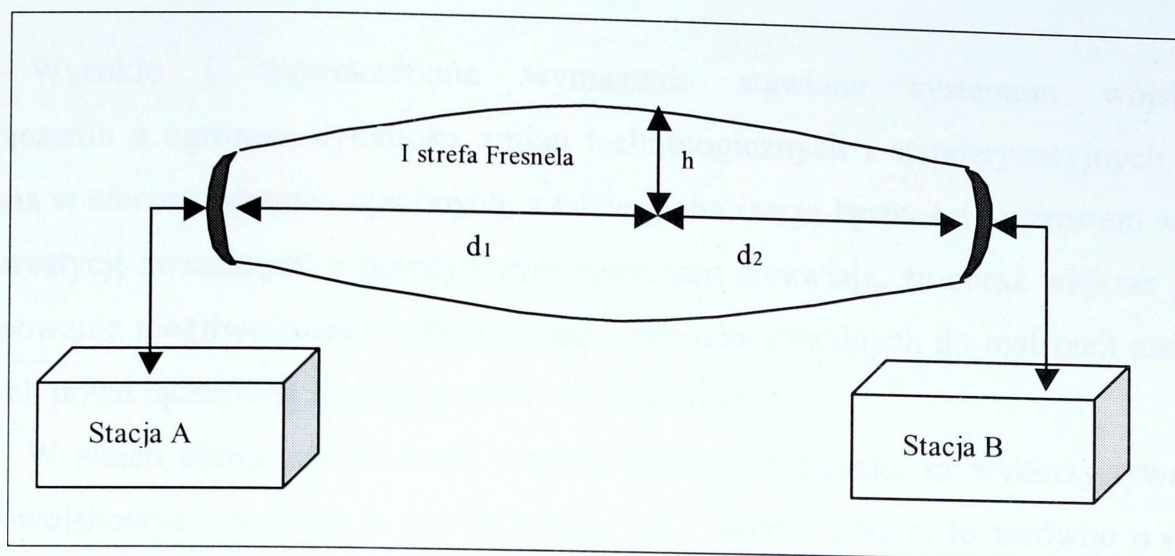
Pierwszy satelita INTELSAT umożliwiał retransmitowanie zaledwie 240 kanałów telefonicznych albo (zamiennie) jednego kanału telewizyjnego pomiędzy USA a Europą. Obecnie, po około 40 latach od tamtego historycznego wydarzenia, przy intensywnym rozwoju techniki łączności satelitarnej oraz elektroniki, satelity INTELSAT najnowszej generacji są w stanie retransmitować do 22 500 kanałów telefonicznych.

Łączy mikrofalowych zaczęto używać pod koniec II wojny światowej. Służyły one początkowo do łączenia systemów radiolokacyjnych oraz radiowych systemów telefonii nośnej. Po wojnie wykorzystywano je zwłaszcza do transmisji sygnałów telewizyjnych i na szeroką skalę w telefonii. Wraz z rozwojem techniki półprzewodnikowej i cywilnym wykorzystaniem technologii kosmicznych, na świecie zaczęto stosować radiolinie również poza wymienionymi dziedzinami. W miejsce dużych i ciężkich stacji radioliniowych powstały niewielkie kompaktowe urządzenia, łatwe do instalacji, nie wymagające dużych inwestycji. Obecnie radiolinie są wykorzystywane również do przesyłania sygnałów w telewizji przemysłowej, przy tworzeniu rozległych sieci komputerowych, zastosowano je również w systemach zabezpieczeń terenów rozległych, do monitorowania środowiska, tworzenia systemów telefonii mobilnej. Można oczekiwać, że dalszy burzliwy rozwój zastosowań łączy mikrofalowych nastąpi wraz z rozwojem Internetu. W miejscach gdzie dotychczasowe przyłącza sieci telefonicznych nie są dostateczne a budowa sieci ISDN nieekonomiczna, budowa łączy mikrofalowego rozwiązuje problem szybko i skutecznie.

Z reguły (są wyjątki) radiolinia składa się z dwóch współpracujących ze sobą stacji. Przestrzeń między antenami, w której odbywa się transmisja, musi być całkowicie wolna. Nie mogą się tam znajdować drzewa, wyniesienia terenowe czy jakiegokolwiek zabudowania. Transmisja energii odbywa się w tzw. 1 strefie Fresnela, mającej kształt elipsoidy (tj. bryły obrotowej o eliptycznym przekroju podłużnym). Promień przekroju poprzecznego tej strefy, w wybranej odległości od obu anten, możemy wyznaczyć ze wzoru:

$$h = \sqrt{\frac{\lambda}{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}}} \quad 3.2.1$$

gdzie: λ – długość fali
 d_1 i d_2 – jak na rys. 3.2.1.



Rys. 3.2.1. Przestrzenny kanał transmisji radioliniowej

W środkowej części trasy potrzebna jest kilkumetrowa wolna przestrzeń wokół osi anten. Bliżej anten wystarczy mniejsza. W wypadku pracy jednokierunkowej (telewizja, radio, monitoring) jedna ze stacji pracuje jako stacja nadawcza, druga jako odbiorcza. Nadajniki wykonuje się na konkretną częstotliwość nośną, leżącą w przedziale od kilku do kilkudziesięciu GHz (tabela 3.2.1.). Wykonuje się je standardowo na moc od ułamków wata do kilku watów. Szerokość zajmowanego pasma uzależniona jest od szybkości transmisji oraz od przyjętego sposobu modulacji. Dla różnych interfejsów będą one różne - od 3,5 MHz do 28 MHz (Ethernet). W wykonaniu specjalnym może być to nawet 200 MHz (kilkanaście programów TV).

Po stronie odbiorczej sygnał przez konwerter przesyłany jest do modemu jako zmodulowany przebieg fali pośredniej częstotliwości. W warunkach rzeczywistych częstotliwość pracy ustalona jest przez współpracujący z konwerterem nadajnik. Odbiornik dostrajany jest do konkretnego kanału roboczego. Przesyłany z konwertera sygnał po demodulacji w tunerze jako baseband poddawany jest dalszej obróbce w celu ukształtowania go do postaci wymaganej przez stosowany interfejs (np. L+P, MPX, G703, Ethernet itd.).

Tabela 3.2.1

Przykładowe zakresy częstotliwości roboczych radiolinii

Typ linii radiowej	Zakres częstotliwości [GHz]
Przewoźna cyfrowa linia radiowa City Link 155	18,23 lub 25
Cyfrowa linia radiowa NL185	14,5 – 15,35
RWŁC-10/K/T	1,35 – 1,85
Mobilna cyfrowa linia radiowa MCLR	14,5 – 15,35
Ericsson RL432 E	1,35 – 2690
Ericsson seria Mini Link	7,1 – 39,4 (7 podpasm)

Wysokie i wszechstronne wymagania stawiane systemom wojskowym w połączeniu z ogromną dynamiką zmian technologicznych i standaryzacyjnych, obserwowaną w sferze systemów cywilnych, a także globalizacją łączności i wzrostem wysokości inwestycji związanych z pojedynczym systemem sprawiają, że coraz większe jest zainteresowanie możliwościami wykorzystania systemów cywilnych do realizacji zadań stawianych przed łącznością służącą potrzebom wojskowym.

W siłach zbrojnych Australii cywilne systemy łączności są wykorzystywane dla celów wojskowych zarówno w czasie pokoju jak i wojny. Chodzi tu zarówno o systemy przewodowe, jak i radiowe, w tym łącza SDH i ATM, sieć komórkową GSM i systemy satelitarne. W ramach tej strategii australijski operator sieci komórkowej GSM wynajmuje część swoich zasobów radiowych armii australijskiej. SZ Australii umożliwia to ograniczenie nakładów inwestycyjnych, skrócenie czasu realizacji inwestycji, możliwości łatwej rozbudowy systemu i nadążania za najnowszymi rozwiązaniami technologicznymi.

Wojskowa wersja systemu GSM, tzw. MGSM, wymaga pewnych rozszerzeń w stosunku do klasycznego systemu GSM. Rozszerzenia te dotyczą m.in.:

- uzyskania przepływności infrastruktury systemu;
- umożliwienia działania w ramach tzw. systemów 1-komórkowych;
- poprawy zabezpieczeń systemu;
- wprowadzenia priorytetowania wywołań w zależności od hierarchii wojskowej.

Połączenia tzw. przewoźnej stacji bazowej (COW – ang. Cell on Weel) z infrastrukturą sieci GSM realizowane są za pośrednictwem satelity. Dodatkowym atutem jest możliwość wykorzystania systemu do łączności w wypadku klęsk żywiołowych.

W armii USA również wyraźnie zaznacza się tendencja do coraz szerszego stosowania systemów cywilnych na potrzeby wojskowe. W ramach tej tendencji, przewidywane jest wykorzystanie systemu GBS¹⁶¹ (ang. Global Broadcasting System – globalny system rozsyłczy). Za wykorzystaniem systemu przemawiał fakt, że ilość danych przesyłanych z centrum dowodzenia na pole walki jest zwykle dużo większa od ilości danych przesyłanych w kierunku odwrotnym.

Nowe techniki informacyjne, w tym multimedialne, wymagają większych przepływności kanału transmisyjnego. Zdaniem specjalistów najbardziej perspektywicznym dla systemów łączności taktycznej będzie zakres 60 GHz (szybkość transmisji około 10Mbit/s, zasięg łączności około 10km). Sygnał o tej częstotliwości jest mocno tłumiony w atmosfery

¹⁶¹ System ten wykorzystuje transmisję satelitarną na częstotliwościach 12 i 17 GHz.

rze, co utrudnia przeciwnikowi, ze względu na odległość, wykrycie źródła promieniowania i prowadzenie zakłóceń. Wykorzystanie tego zakresu częstotliwości spowoduje również zmniejszenie rozmiarów anten i ułatwi kształtowanie ich charakterystyk kierunkowych. System taki wykorzystywany jest między innymi w armii niemieckiej.

Celowość i potrzeby zakłócania łączności w zakresie mikrofalowym, jak również sposoby jego prowadzenia w zasadzie nie odbiegają od zakłócania w innych zakresach częstotliwości, szeroko opisanego w literaturze specjalistycznej. Nieco inaczej przedstawia się możliwości technicznej realizacji. W wypadku łączności satelitarnej i radioliniowej szczególne utrudnienia stwarzają silnie kierunkowe charakterystyki promieniowania anten, umożliwiające zakłócanie tylko z określonego zakresu przestrzeni geometrycznej lub bardzo silnym sygnałem z niewielkiej odległości. Podobnie sytuacja przedstawia się w wypadku zakłócania taktycznych środków łączności pracujących na silnie tłumionych w atmosferze zakresach częstotliwości. Dodatkowym utrudnieniem jest fakt, że przy wyższych częstotliwościach łatwiejsze w realizacji jest stosowanie transmisji danych z modulacjami szerokopasmowymi SS¹⁶². Jedną z nich jest modulacja ze skokową zmianą częstotliwości nośnej FH. Ważnym parametrem określającym możliwości skutecznego zakłócania w tym wypadku jest szybkość stosowanych zmian częstotliwości w łączy transmisyjnym. Jest oczywiste, że większa szybkość zmian częstotliwości (w systemie szerokopasmowym FH) stwarza większe problemy zarówno zakłócania, jak i wykrywania emisji oraz namierzania nadajnika. Badania dowodzą że skuteczność zakłócania wyrafinowanymi zakłóceniami śledzącymi, posiadającymi zdolność wyszukiwania i zakłócania chwilowych transmisji, jest duża dla transmisji na poszczególnych częstotliwościach dłuższych od czasów propagacji do i od źródła zakłóceń¹⁶³. W praktyce, w wypadku używania radiostacji na polu walki w bezpośredniej styczności z przeciwnikiem, skuteczność zakłócania maleje ze względu na trudności w poszukiwaniu i śledzeniu sygnałów z powodu dużej ilości jednocześnie pracujących radiostacji. Efektywność zakłócania oczywiście wzrasta w wypadku gdy sygnał szerokopasmowy FH jest silny i przewyższa wszystkie inne sygnały znajdujące się w paśmie rozpraszania. Sytuacja taka może mieć miejsce np. w przypadku sąsiedztwa urządzenia zakłócającego i nadajnika zakłócanej transmisji szerokopasmowej. Oznacza to, że wbrew standardom obowiązującym w zakłócaniu, mniej istotna jest w tym wypadku odległość: nadajnik zakłóceń – zakłócany odbiornik niż odległość:

¹⁶² SS - ang. Spread Spectrum - widmo rozproszone, FH - Frequency Hopping - skacząca częstotliwość.

¹⁶³ Por. L. Latos, Wybrane problemy odporności systemów szerokopasmowych FH na zakłócenie, wykrywanie i namierzanie, Materiały z konferencji.

nadajnik zakłóceń – nadajnik sygnału użytecznego. Rzeczą charakterystyczną, na którą również warto zwrócić uwagę jest fakt, że wraz ze wzrostem częstości zmian radykalnie pogarszają się współczynniki kompatybilności elektromagnetycznej. Wynika z tego, że ucieczka od zakłóceń drogą zwiększania tej częstości jest jednocześnie drogą do silnego wzrostu prawdopodobieństwa samozakłócenia. Dodać należy, że stwierdzenia zwiększonej odporności na zakłócenia dotyczą zakłócenia sygnałami wąskopasmowymi (selektywnymi), w wypadku sygnału zakłócającego w postaci białego szumu gaussowskiego szerokopasmowość i szybkość zmian przestaje mieć zasadnicze znaczenie.

Wnioski z podrozdziału 3.2

1. Zasadniczym problemem w zakresie zakłócania środków łączności zakresu mikrofalowego są fizyczne ograniczenia związane z własnościami propagacyjnymi fal elektromagnetycznych tego zakresu. Problem zakłócania transmisji danych w pojedynczym systemie szerokopasmowym FH, nawet w wypadku dużej szybkości zmian częstotliwości, nie jest trudny do rozwiązania przy współczesnym poziomie technologii. Jednak w wypadku jednoczesnego wykorzystywania wielu sieci radiowych pracujących w trybie FH problem ten staje się bardziej złożony, lecz z kolei sytuacja taka powoduje wzrost prawdopodobieństwa naruszenia kompatybilności elektromagnetycznej w systemach przeciwnika.
2. Perspektywnym zadaniem dla sił i środków WE jest rozwiązanie problemu zakłócania łączności niskiego szczebla, zrywania radiodostępu i łączności na radioliniach mikrofalowych a w perspektywie również możliwość zakłócania „cywilnej” łączności komórkowej. Argumentem są doświadczenia konfliktu w byłej Jugosławii, gdzie według powojennych analiz, pomimo bombardowania nie udało się sparaliżować pracy 3 istniejących w Jugosławii sieci telefonii komórkowych. Zbombardowano wiele stacji przekaźnikowych, ale nie miało to większego wpływu na sprawność systemów.
3. Najbardziej skutecznym sposobem zakłócania w zakresie łączności mikrofalowej będzie neutralizacja elektroniczna i aktywna modyfikacja dostępnych danych za pomocą nadajników zakłóceń jednorazowego użytku.

3.3 Wnioski wynikające z rozwiązania problemów zawartych w rozdziale trzecim

1. Najczęściej używanymi na polu walki urządzeniami elektronicznymi wykorzystującymi fale elektromagnetyczne zakresu mikrofalowego są urządzenia radiolokacyjne, które są jednocześnie urządzeniami w największym stopniu decydującymi o zagrożeniu. W coraz szerszym zakresie wykorzystywane są również środki telekomunikacyjne pracujące w tym zakresie częstotliwości. Przy utrzymaniu się obecnych tendencji rozwojowych w najbliższej przyszłości proporcje w zakresie ilościowym ulegną odwróceniu.
2. Zasięg urządzeń zakłócających pasma mikrofalowego ograniczony jest przez horyzont radiowy i zależy w dużym stopniu zarówno od warunków terenowych, jak i od przestrzennego wzajemnego usytuowania systemów antenowych urządzenia zakłócającego i zakłócanego.
3. Wykorzystywane w SZ i gospodarce narodowej stacje radiolokacyjne i szczególnie środki łączności w zakresie mikrofalowym ze względu na swoje zunifikowane normami międzynarodowymi parametry techniczne i charakterystyki sygnałowe mogą być trudne do rozróżnienia, szczególnie w warunkach prowadzenia działań nie będących konfliktem zbrojnym. Tendencje do wykorzystywania przez SZ cywilnych rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych dodatkowo potęgują przyszłe problemy związane z identyfikacją wykrytych emisji, komplikując tym samym podjęcie decyzji o zakłócaniu. Ocenia się, że w obszarze odpowiedzialności rozpoznawczej ZT może pracować około 350 egzemplarzy różnych typów stacji radiolokacyjnych przeciwnika, z czego ok.60% na głębokości do 25 km a więc w strefie możliwego zakłócania środków naziemnych. Do tej ilości należy doliczyć środki radioliniowe, których liczba może wahać się w granicach 100 - 150. Przy unifikacji sprzętu, nawet w przypadku identyfikacji typu urządzenia, podjęcie racjonalnej decyzji o zakłócaniu wymagać będzie znajomości struktur, norm i zasad rozmieszczania urządzeń mikrofalowych w ugrupowaniu przeciwnika. Jest to istotne tym bardziej, że w odróżnieniu od radiolokacji dalekiego zasięgu utrudnione, a nawet wręcz niemożliwe jest tworzenie baz danych umożliwiających identyfikację egzemplarza sprzętu mikrofalowego i jego przynależności.
4. Ocenia się, że w najbliższych latach wejdą do powszechnego użytku elementy półprzewodnikowe pozwalające na wykonywanie kompaktowych nadajników w paśmie J o średniej mocy od 1 do 10W. Rozwój nisko szumowych technologii wykonania układów odbiorczych pozwoli na znaczne zredukowanie poziomu szumów własnych w zakresie częstotliwości mikrofalowych. W celu zwiększenia dokładności pomiarów i redukcji zakłóceń jeszcze szerzej wykorzystywane będzie cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Szeroko wykorzystywana będzie również praca wieloczęstotliwościowa i układy antenowe z elektronicznie skanowaną w dwu wymiarach wiązką antenową o niskim poziomie listków bocznych.
5. Przedsięwzięcia zakłócania mikrofalowego powinny zapobiegać lub ograniczać możliwości efektywnego wykorzystania przestrzeni mikrofalowej przez przeciwnika i poprzez to ograniczyć jego możliwości dowodzenia i wykorzystania środków walki. Zakłócanie to powinno być prowadzone na wszystkich szczeblach dowodzenia (w tym i na szczeblu taktycznym) we wszystkich rodzajach działań wojsk, w różnych warunkach terenowych i meteorologicznych, w stosunku do różnorodnych środków elektronicznych, w które wyposażone są wojska przeciwnika.
Zasadniczymi obiektami zakłócania mikrofalowego powinny być:
 - w systemach łączności – różnego rodzaju urządzenia bezprzewodowej łączności, wykorzystujące ten zakres fal elektromagnetycznych;
 - w systemach radionawigacyjnych – pokładowe i naziemne urządzenia nawigacyjne;

- w systemach radiolokacyjnych – naziemne stacje radiolokacyjne OP, OPL, rozpoznania pola walki, stacje kierowania ogniem oraz pokładowe stacje radiolokacyjne lotnictwa i sił morskich;
 - w systemach samonaprowadzania – urządzenia odbiorcze pokładowych stacji radiolokacyjnych oraz urządzenia elektroniczne głowic samonaprowadzających się bomb, pocisków, rakiet, itp.;
 - w systemach radiotelesterowania – różnego typu środki i urządzenia zapewniające zdalne sterowanie uzbrojeniem wojsk, bezpilotowymi środkami latającymi oraz pociskami raketowymi (przeciwpancernymi, przeciwlotniczymi itp.).
6. W podjętej próbie analizy celowości i możliwości zakłócania poszczególnych rodzajów urządzeń uwzględniono szacunkową ocenę efektywności zakłócania tj. szacunku poniesionych nakładów techniczno organizacyjnych w stosunku do uzyskanego efektu. Jako efekt należy rozumieć uniemożliwienie wiarygodnej pracy zakłócanego urządzenia. Drugim kluczowym elementem oceny jest celowość zakłócania danego urządzenia. Przez pojęcie to rozumiano ocenę istotności danego urządzenia w systemie informacyjno – sterującym przeciwnika. Te dwa kryteria rozpatrywane łącznie powodują konieczność oceny wpływu stosowania zakłócania danego urządzenia na ostateczny efekt polegający na zmniejszeniu w opłacalnym stopniu zdolności wykonywania przez niego założonego zadania bojowego. Należy mieć również na uwadze, że totalne zastosowanie zakłóceń szczególnie aktywnych może być bronią obosieczną oddziałującą również na podobne wyposażenie własnych statków powietrznych. W wyniku analizy rodzaje urządzeń mikrofalowych wykorzystywanych przez przeciwnika podzielono na grupy, przyjmując jako kryterium celowość zakłócania.

Urządzenia których zakłócanie nie jest wystarczająco uzasadnione:

- nawigacyjny radar dopplerowski;
- radiowysokościomierz;
- SRL określania prędkości wylotowej pocisków.

Urządzenia, których zakłócanie może być celowe w określonej sytuacji taktycznej:

- urządzenia systemów nawigacyjnych (RSBN, TACAN, DME, GPS);
- transpondery pokładowe;
- radiolokacyjne elementy systemów kierowania lotnictwem;
- środki mikrofalowej łączności radiowej;
- środki sterowania systemami obrony indywidualnej pojazdów.

Urządzenia, których zakłócanie jest celowe:

- radary pokładowe sterowania uzbrojeniem;
- urządzenia IFF, w tym również zamontowane na pojazdach bojowych wojsk lądowych;
- stacje radiolokacyjne rozpoznania powierzchni ziemi (w tym głównie SAR);
- środki naprowadzania i samonaprowadzania pocisków.

Powyższy podział jest subiektywną próbą klasyfikacji opartą na wiedzy autora i dostępnych w literaturze opiniach przedstawicieli środowiska naukowego. Nie może zatem pretendować do statusu w pełni naukowo uzasadnionego, jest to raczej pierwsze przybliżenie zestawienia, które na potrzeby budowy potencjału informacyjnego zakłócania mikrofalowego powinno być wypracowane przez ekspertów ze szczegółowym uwzględnieniem potrzeb i możliwości zakłócania.

4. POŻĄDANY STAN MIKROFALOWEGO ZAKŁÓCANIA INFORMACYJNEGO W WOJSKACH LĄDOWYCH SIŁ ZBROJNYCH RZECZPOSPOLITEJ POLSKIEJ

CEL

Poszukiwanie elementów i związków funkcjonalnych, które mogłyby posłużyć do stworzenia modelu umożliwiającego zorganizowanie racjonalnego systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych Sił Zbrojnych RP.

PROBLEMY

1. Jakie są implikacje procesu zakłócania systemów informacyjno – sterujących przeciwnika w kontekście teorii organizacji i zarządzania?
2. Jakie ograniczenia organizacyjne i techniczne wynikają ze zmian w poglądach na prowadzenie walki i procesu integracji ze strukturami wojskowymi NATO?
3. Jakie wymagania należy uwzględnić przy budowie (projektowaniu) nowej struktury organizacyjnej mikrofalowego zakłócania informacyjnego?
4. Jaka powinna być organizacja mikrofalowego zakłócania informacyjnego?

HIPOTEZA

Organizację systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego należy oprzeć na wiedzy zaczerpniętej z ogólnych podstaw teorii organizacji i zarządzania. Na właściwą organizację systemu wpływa wiele czynników. Do jednych z ważniejszych zaliczyć należy potrzeby użytkowników prowadzonej

walki, warunki taktyczno-techniczne zakłócania sygnałów mikrofalowych, czas organizowania systemu, możliwości finansowe organizatorów.

Współczesne pole walki charakteryzuje się częściowym przeniesieniem wysiłku jej prowadzenia z obszaru lądowego w obszar powietrzny, a wszystkie poczynania są powiązane kolejnym wymiarem działań, jakim jest walka informacyjna w przestrzeni elektromagnetycznej i innych. Urządzenia elektroniczne stały się wszechobecne. Można powiedzieć, że są sercem prawie każdego środka walki obecnie używanego w wojskach. Duże nasycenie środków walki urządzeniami elektronicznymi, szczególnie nadawczymi, a co za tym idzie zajętość pasm częstotliwości, spowodowało konieczność wykorzystywania wyższych pasm częstotliwości.

W ramach zapewnienia interoperacyjności z innymi armiami NATO konieczne jest osiągnięcie i utrzymanie kompatybilności elektromagnetycznej środków elektronicznych, w tym między innymi automatycznego wyłączenia zakłóceń w wypadku zakłócania własnych (sojuszniczych) środków elektronicznych.

Wymogi organizacyjne i sprzętowe, jakie są stawiane w ramach integracji przez NATO, wymuszają zmianę formy użycia systemów zakłócania oraz konieczność modernizacji sprzętu w celu dostosowania parametrów do natowskich standardów.

Tworzenie nowoczesnego systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych powinno obejmować problemy związane zarówno z coraz wyższymi częstotliwościami, podlegającymi monitorowaniu i zakłócaniu, oraz z coraz większym obszarem wykorzystania źródeł mikrofalowych. Przyszły system powinien spełnić te podstawowe wymagania.

Biorąc pod uwagę osiągnięcia polskiej myśli technicznej w dziedzinie radiolokacji, należy przypuszczać, że projektowany w przyszłości sprzęt będzie maksymalnie spełniał potrzeby w zakresie zakłócania informacyjnego. Krajowy przemysł jest w stanie w stosunkowo krótkim czasie opanować produkcję miniaturowych nadajników zakłóceń. Elementami czynnymi w tych nadajnikach mogą być tranzystory, lub – bardziej perspektywicznie – lampy próżniowe z emisją polową.

4.1. Implikacje teorii organizacji i zarządzania w organizacji mikrofalowego zakłócania informacyjnego

Każde działanie charakteryzuje się ogólnymi zależnościami, niezależnie od obszaru wiedzy i środowiska, w którym się ono odbywa. Przyjęte w teorii organizacji i zarządzania ustalenia znacznie zwiększają szansę uzyskania założonych celów działania.

Wielu teoretyków i klasyków współczesnych szkół teorii organizacji i zarządzania wykazało, że wynik określonego działania zależy od wielu czynników, m.in. kolejności działań środków i metod jakimi się posługujemy, warunków, w jakich coś wykonujemy. Powyższe obserwacje pozwoliły na sformułowanie reguł obowiązujących w procesie dochodzenia do założonego celu, powinny one uczynić funkcjonowanie mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych uporządkowanym ciągiem przedsięwzięć i czynności, skierowanych świadomie na osiągnięcie zamierzonego celu, w określonych warunkach, za pomocą środków pozwalających właściwie kształtować przedmiot działania. Organizowanie jest podstawą każdego działania, które w następstwie stworzonego współdziałania może powodować powstanie efektu synergicznego. Istotą synergii jest to, że efekt działania zorganizowanego nie jest prostą sumą efektów poszczególnych elementów działających w sposób zorganizowany. Inaczej mówiąc, efekt synergii polega na tym, że współdziałające elementy dają wypadkowy wynik pod jakimś względem większy niż prosta suma skutków wywołanych przez każdy z nich osobno¹⁶⁴. Przyjmując (za poglądami wyrażanymi w literaturze), że podstawą dowodzenia wojskami jest decyzja dowódcy¹⁶⁵ oraz biorąc pod uwagę, że zasadniczy wpływ na trafność decyzji mają informacje¹⁶⁶, zgodnie z zasadami określającymi wpływ walki informacyjnej na walkę zbrojną¹⁶⁷, sugerować można, iż:

Właściwa organizacja mikrofalowego zakłócania informacyjnego przyczyni się do osiągania jego celów, przy minimalnych nakładach, co spowoduje, w pewnym sensie, mniejsze angażowanie sił i środków oraz uzyskanie tą drogą większych efektów zakłócania informacyjnego.

¹⁶⁴ Por. L. Krzyżanowski, Podstawy nauki zarządzania, PWN, Warszawa 1985, s. 157.

¹⁶⁵ R. Wróblewski: Taktyka ogólna jako dyscyplina naukowa, rozprawa habilitacyjna, WAP, Warszawa 1987., s. 163.

¹⁶⁶ „Nawet geniusza można sprowokować do nonsensownych decyzji, jeśli dostarczy mu się fałszywą informację. Tymczasem systemy informacyjne są najczęściej odporne na informacje fałszywe”. Cz. Flanek, Elementy teorii podejmowania decyzji, CSOP, Koszalin 2000, s. 252.

Współczesne pole walki to ogromna ilość danych, których zbieraniem, przetwarzaniem i dystrybucją zajmują się wyspecjalizowane komórki sztabowe i podległe im siły i środki przeciwnika. Należy zaznaczyć, że zakłócanie informacyjne to nie tylko utrudnianie przeciwnikowi zdobywania wiarygodnych danych, ale również, a może nawet przede wszystkim, zakłócanie terminowości ich pozyskiwania, dążenie do sytuacji, w której zdobyte przez przeciwnika dane będą niepewne i mało aktualne. Czas, jaki upłynie od uaktywnienia źródła danych systemu informacyjno-sterującego przeciwnika do zadziałania środków zakłócania informacyjnego niejednokrotnie decyduje nie tylko o powodzeniu, ale również i celowości zakłócania.

Efektywne wykorzystanie potencjału zakłócania informacyjnego wymaga wiedzy i umiejętności praktycznych w zakresie organizowania procesu monitorowania zbiorów danych dostępnych dla mikrofalowych źródeł danych systemów informacyjno-sterujących przeciwnika jak również adekwatnego do sytuacji i potrzeb oddziaływania na te zbiory i elementy funkcjonalne systemów. Osiągnięcie celu wymaga współdziałania ze sobą organów walki informacyjnej w złożonym układzie techniczno-osobowym.

Postrzegając przedmiot zakłócania informacyjnego jako „proces celowego wnoszenia entropii informacyjnej do systemów informacyjno sterujących przeciwnika” oraz jako „proces będący nieodłącznym zjawiskiem walki zbrojnej (także funkcjonowania wyspecjalizowanych organów militarnych w czasie pokoju dla budowania niezbędnego potencjału zakłócania informacyjnego) i stanowiący jej zabezpieczenie oraz działalność naukowo-badawcza związana z poznawaniem tego procesu”, należy zadać sobie pytanie: czym jest organizacja zakłócania informacyjnego jako pojęcie ogólne, a czym jest organizacja mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych jako jeden z jej czynników?

Na podstawie badań identyfikujących, za organizację zakłócania informacyjnego (w ujęciu rzeczowym), w której występuje system mikrofalowego zakłócania informacyjnego, uważać należy potencjał walki informacyjnej stanowiący uporządkowany zbiór elementów rozpoznania, zakłócania i obrony informacyjnej, między którymi zachodzą więzy współdziałania, zorientowane na wnoszenie entropii informacyjnej do systemów informacyjno-sterujących przeciwnika.

¹⁶⁷ Patrz: L. Ciborowski, *Walka informacyjna*, ECE, Toruń 1999; G. Nowacki, *Walka informacyjna – próba kategoryzacji*, rozprawa doktorska, AON, Warszawa 1999.

Taka organizacja może składać się z wielu podsystemów lub elementów sprzężonych ze sobą zwrotnie. Poprzez wyjścia i wejścia organizacja (system) sprzęga się zwrotnie z organizacjami wyższymi (nadsystemami). Organizacja będzie sprzężona także z otoczeniem, które w zależności od potrzeb może być rozpatrywane amorficznie bądź jako zbiór lub system.

Organizacja mikrofalowego zakłócania informacyjnego w ujęciu czynnościowym, czyli organizowanie mikrofalowego zakłócania informacyjnego, będzie kompleksem przedsięwzięć planistycznych i wdrożeniowych realizowanych przez wyspecjalizowane siły i środki w celu stworzenia systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego o takiej strukturze organizacyjnej i takich więziach hierarchicznych, funkcjonalnych informacyjnych i technicznych, które zapewnią możliwość oddziaływania na systemy informacyjno sterujące przeciwnika w zakresie niezbędnym dla potrzeb wojsk lądowych.

Proces organizacyjny można rozpatrywać w dwóch zasadniczych aspektach: diagnostycznym i prognostycznym.

Pierwszy polega na ustaleniu wzajemnych powiązań i relacji podmiotu, przedmiotu warunków rzeczowych i narzędzi działania¹⁶⁸. Drugi aspekt polega na przekształceniu istniejących relacji i powiązań w jakościowo nowe relacje i powiązania w odniesieniu do przestrzeni, w której dane działanie ma się odbywać. W efekcie powyższego uzyskujemy określony model cyklu o innym stopniu zdeterminowania.

Ujęcie tych właściwości w ramy schematu znalazło najpełniejszy wyraz u Le Châtelierra¹⁶⁹. Według niego każde zorganizowane działanie obejmuje pięć następujących po sobie etapów „mniej lub bardziej rozwiniętych zależnie od wypadku, jednak zawsze chociażby w zarodku istniejących”; a mianowicie:

- 1) postawienie jasno i ściśle określonego celu;
- 2) zbadanie warunków i środków, które trzeba zastosować, aby osiągnąć zamierzony cel;
- 3) przygotowanie warunków i środków uznanych za niezbędne do zastosowania;
- 4) urzeczywistnienie, czyli wykonanie zamierzonej czynności stosownie do powyższego planu;
- 5) kontrola otrzymanych wyników i wyciągnięcie z nich wniosków.

¹⁶⁸ Podmiot to własny system walki informacyjnej ; przedmiot to mikrofalowe źródła danych i elementy funkcjonalne systemów informacyjno-sterujących przeciwnika ; narzędzia działania to mikrofalowe sygnały zakłócające.

¹⁶⁹ Zob. H. L. Le Châtelier: *Filozofia systemu Taylora*, Warszawa 1926 r., s. 14-15.

Etapom tym nadano rangę warunków wszelkiego zorganizowanego działania, cały zaś schemat ustalony przez Le Châteliera został przyjęty i stał się powszechnie znany pod nazwą cyklu zorganizowanego działania albo po prostu – cyklu organizacyjnego.

Biorąc pod uwagę obecny stan mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych, na potrzeby niniejszej pracy autor ograniczył cykl organizacyjny mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych tylko do etapu pierwszego, nazywanego często w literaturze etapem preparacji.

W etapie tym należy określić w przedmiotowym aspekcie:

- cel prowadzenia mikrofalowego zakłócania informacyjnego;
- siły i środki niezbędne do wykonania stawianych zadań;
- warunki, które będą potrzebne do osiągnięcia założonego celu (celów).

Zaprezentowane dotychczas efekty poznania stanowią wystarczającą podstawę do pozytywnego rozwiązania problemów wynikających z określenia celu mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych. Bacząc jednak na element praktyczny, należy uwzględnić także dotychczasowy potencjał WP w zakresie mikrofalowego zakłócania informacyjnego i wymagania wynikające z przewidywanej kooperacji z systemami mikrofalowymi sojuszników oraz wymagania wynikające ze zmian w poglądach na sposób prowadzenia walki w warunkach powszechnej elektronizacji i wzrostu znaczenia walki informacyjnej. Zespolenie tych elementów w całość może stanowić bazę wyjściową do racjonalnego rozwiązania problemu.

Z przeprowadzonej dotychczas analizy wynika, że merytoryczne i teoretyczne podstawy do projektowania organizacji systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych zawarte są w trzech różnych zbiorach wartości:

Pierwszy zbiór wartości stanowią dotychczasowe efekty poznania zawarte w rozdziałach od 1 do 3;

Drugi zbiór wartości stanowią doświadczenia i materialne zasoby Wojska Polskiego w zakresie mikrofalowego zakłócania informacyjnego;

Trzeci zbiór wartości stanowią wymagania wynikające ze zobowiązań sojusznicznych, spodziewane oczekiwania potencjalnych użytkowników środków mikrofalowego zakłócania w świetle prognozowanych warunków prowadzenia walki w wojnach i konfliktach przyszłości.

Wnioski z podrozdziału 4.1

1. Rozważania na temat organizacji i zarządzania mają na celu usystematyzowanie pewnych ściśle określonych pojęć mikrofalowego zakłócania informacyjnego stosowanych w teorii oraz przywrócenie używanym sformułowaniom znaczenia pierwotnego. Umożliwia to określenie płaszczyzn, na których te badania są prowadzone. Zaprezentowane implikacje związane są z organizacją mikrofalowego zakłócania informacyjnego przez pryzmat ogólnej teorii organizacji i zarządzania, wskazują, jak należy postrzegać organizację w sensie rzeczowym, atrybutowym i czynnościowym. Dają też podstawę do precyzyjnego używania słów i właściwego definiowania pojęć.
2. Treścią organizowania jest ustalanie nośników działania, tzn. podmiotu, przedmiotu i narzędzi działania, doboru odpowiednich warunków i środków działania oraz ich łączenie i uporządkowanie w przestrzeni i czasie.
3. Przedstawione podstawowe wymagania dotyczące organizowania mikrofalowego zakłócania informacyjnego skłaniają do przekonania, iż jest to problem trudny do rozwiązania, między innymi z powodu braku tego typu sił i środków w wojskach lądowych, a posiadane doświadczenia w zakresie realizacji zadań mikrofalowego zakłócania informacyjnego (a właściwie zakłócania pokładowych stacji radiolokacyjnych lotnictwa) są mało przydatne w radykalnie zmienionych warunkach współczesnego pola walki. Konflikty ostatniego dziesięciolecia dowodzą dość jednoznacznie, iż przyszłe działania taktyczne będą miały charakter manewrowy. Stąd konieczność zorganizowania tak elastycznego systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego, który będzie w stanie sprostać tym wymogom.

4.2. Rola i miejsce zakłócania informacyjnego w działaniach wojsk lądowych

Carl von Clausewitz w swoich rozważaniach o sztuce wojennej ostrzegał przed uzależnianiem wszelkich prób teoretycznych od czasu, w jakim mają one miejsce. Próby takie w niewystarczającym stopniu uwzględniają fakt, iż działania wojenne odnoszą się do splotu niepowtarzalnych uwarunkowań. Przekonanie, że wojny nie przebiegają według takich samych, powtarzających się wzorców, zyskuje na znaczeniu w czasie, gdy trudno jest objąć różnorodne formy ewentualnych wojen i prawie niemożliwe jest przewidzenie, czy określony konflikt przerodzi się w wojnę. Wszystko, co obecnie wiemy (nie zapominając o historii) o naukach wojskowych, wskazuje, że prognozowanie zmian,

jakie mogą nastąpić w sposobach prowadzenia walki zbrojnej, jest problemem bardzo trudnym i złożonym. Nie ulega jednak wątpliwości, że organizowanie mikrofalowego zakłócania informacyjnego powinno być zdeterminowane paradygmatem uwzględniającym wymogi pola walki przyszłości. Zdaniem specjalistów¹⁷⁰, podobnie jak w wypadku wzrostu masy ognia, zwiększenie jego precyzji wpłynie na zmiany w uzbrojeniu, sprzęcie, taktyce i organizacji sił lądowych XXI wieku. Precyzja rażenia spowoduje, że w wielu wypadkach ilość zostanie zastąpiona jakością. Wprowadzenie broni dużej energii, dział elektromagnetycznych, superprzewodności i innych, jeszcze do końca niezidentyfikowanych technologii¹⁷¹, umożliwi dalszy wzrost precyzji i masy ognia. Należy oczekiwać, że mocno rozśrodkowane siły lądowe XXI wieku będą ciągle zwiększać siłę i precyzję ognia z bardzo wysokim prawdopodobieństwem trafienia celu pierwszym pociskiem (salwą). Zdolność ta będzie rosła w wyniku coraz szerszego wykorzystania zintegrowanych technologii w technice wojskowej.

Cyfrowe pole walki – to znaczący skok naprzód w prowadzeniu działań wojennych. Należy oczekiwać, że zastosowane technologie zwiększą możliwości małych jednostek w zakresie prowadzenia działań lub będą one prowadzone mniejszymi środkami, a kompleksowe wykorzystanie tych technologii zrewolucjonizuje procedury dowodzenia. Inteligentne systemy dowodzenia i kierowania spowodują jednakowe postrzeganie pola walki na różnych szczeblach dowodzenia, co ułatwi szybkie zmasowanie środków walki (broni precyzyjnej i jednostek manewrowych) w celu szybkiego osiągnięcia zakładanych celów.

Efekty wzrostu skuteczności rażenia i rozproszenia zmasowania i wzrostu precyzji ognia, a wreszcie integrującej roli technologii elektronicznych kumulują się warunkując powstanie czwartej - wzrostu znaczenia i zdolności bojowych stosunkowo niewielkich sił. Należy więc przewidywać, że jednym z zasadniczych problemów w najbliższym czasie będzie odpowiednie przygotowanie podległych dowódców zdolnych do szybkiego podejmowania samodzielnych decyzji zgodnych z ogólnym zamiarem przełożonego. Powyższe stwierdzenia oznaczają, że wbrew pojawiającym się czasem opiniom o automatyzacji dowodzenia, nawet w XXI wieku znacznie częstszym zjawiskiem będzie decentralizacja niż centralizacja dowodzenia.

¹⁷⁰ Por.: Krauze M., Szulc B. pr. zb.: Sztuka wojenna, konteksty teoretyczne i praktyczne, Adam Marszałek, Toruń 2000; Ścibiorek Z.: Wojna czy pokój, Ossolineum, Wrocław 1999; A. Bujak, Środowisko walki jako determinant działań bojowych, ZN AON, 4/2000.

¹⁷¹ Por.: M. Kaku, Wizje czyli jak nauka zmieni świat w XXI wieku, Warszawa, Prószyński i S-ka 2000

Według „futurologów” sztuki wojennej, Heidi i Alvina Tofflerów¹⁷², oddziały armii przyszłości będą „odmasowione” tzn., że systemy inteligentne będą odgrywały decydującą rolę na polu walki, szczególnie bronie inteligentne będą same rozpoznawały, decydowały i niszczyły cel (MASINT). Skala, czyli liczebność oddziałów ulegnie zmniejszeniu. Brygada III fali będzie zdolna wykonać te same zadania co dywizja II fali, mały oddział (batalion) zastąpi brygadę. Podobnym zmianom ulegać będzie struktura organizacyjna. Wojsko będzie odchodzić od systemu kontroli biegnącej z góry w dół na rzecz większych kompetencji poszczególnych dowódców.

Według ocen specjalistów walka w terenie trudnym, a szczególnie zabudowanym, będzie dominować w XXI wieku¹⁷³. Już obecnie można dostrzec symptomy zacierania się wyraźnego dotychczas podziału na rodzaje i formy walki. Działania obronne, zaczepne, opóźniające, ruch (manewr) będą się coraz bardziej wzajemnie przeplatać i uzupełniać. Ostrość wspomnianego podziału w dalszym ciągu będzie występować jedynie na najniższych poziomach dowodzenia.

Na podstawie prowadzonych rozważań można postawić tezę:

Postęp techniczny będący determinantem zmian w taktyce i sztuce operacyjnej stawia przed nią nowe wyzwania, których efektem musi być stopniowe przeobrażanie się tych specjalności sztuki wojennej.

Wyzwania te to między innymi:

- zwiększenie dynamiki działań i ruchliwości wojsk na polu walki;
- pełne wykorzystanie technicznych środków rażenia;
- zapewnienie skuteczności działań w zwiększonym obszarze odpowiedzialności;
- przeniesienie działań w głąb ugrupowania przeciwnika;
- maskowanie i mylenie;
- ogniskowy charakter walki;
- skracanie czasu reakcji;
- zwiększenie samodzielności elementów ugrupowania działających wojsk.

¹⁷² Toffler A. i H.: *Wojna i antywojna. Jak przetrwać na progu XXI wieku*, MUZA S.A., Warszawa 1997; *Trzecia fala*, PIW, Warszawa 1986.

¹⁷³ J.Lasswell, *Wall to Wall. Sea dragon's Next Phase Explores Urban Warfighting Tactics For 21st Century*, *Armed Forces Journal International* January 1998 (USA)

Płynące z tego stanu rzeczy wnioski powinny prowadzić do zmiany w organizacji wojsk, ich wyposażenia i szkolenia. W ocenie specjalistów wojskowych¹⁷⁴ przygotowanie do walki w specyficznych środowiskach w XXI wieku powinno obejmować:

- ukierunkowanie organizacji i dyslokacji wojsk na wymagania walki w terenie trudno dostępnym, zanim ta walka się zacznie;
- rozwój i wprowadzanie systemów broni i sprzętu przystosowanych do walki w terenie trudno dostępnym;
- weryfikacja i zmiana priorytetów w szkoleniu wojsk i zasadach walki¹⁷⁵.

Wszystkie te powyższe uwarunkowania i wnioski dotyczą oczywiście również mikrofalowego zakłócania informacyjnego jako nieodłącznego komponentu działań na przyszłym polu walki. Zmiany w stosowanych technologiach militarnych i sposobach prowadzenia walki wydają się potęgować zakres jego zastosowania i znaczenie dla końcowego efektu działań.

Przykładem rosnącego znaczenia środków walki elektronicznej (w tym również zakłócania mikrofalowego) w ramach walki informacyjnej jest zakres ich zastosowania przewidywany przez specjalistów wojskowych głównych państw NATO¹⁷⁶. Ogólne założenia prowadzenia walki elektronicznej na szczeblu taktycznym przez wojska NATO traktują WE jako rodzaj działań, który umożliwia uzyskanie przewagi w sferze informacyjnej nad przeciwnikiem i pozwala, według ich oceny, zwiększyć ogólne możliwości ogniowe oraz manewrowe wojsk do 30%. Za główny cel walki elektronicznej w działaniach bojowych zgrupowań wojsk lądowych szczebla taktycznego uważa się efektywną dezorganizację dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki przeciwnika w strefie bezpośredniego kontaktu bojowego wojsk. Cel ten zamierzają osiągnąć przez:

- poszukiwanie, lokalizację i identyfikację źródeł promieniujących energię elektromagnetyczną oraz przechwytywanie i analizowanie ich emisji w celu wykrycia struktury i zgromadzenia danych niezbędnych do skutecznego oddziaływania na elektroniczne elementy systemów dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki przeciwnika;

¹⁷⁴ Por. Zieliński J.: „Zadania wojsk lądowych w aspekcie zagrożeń militarnych i niemilitarnych”, Praca naukowo-badawcza pk. „Zagrożenie”, AON, Warszawa 2000.

¹⁷⁵ J. Hollis, L. West, „Walka w terenie trudno dostępnym”, Armed Forces Journal International 1988.

¹⁷⁶ Na podstawie: K. Sikorski, „Doskonalenie obrony radioelektronicznej DZ w obronie w początkowym okresie wojny”, Rozprawa doktorska, AON, Warszawa 1989.

- obezwładnianie elektroniczne i ogniowe obiektów radioelektronicznych oraz stosowanie dezinformacji w celu zdezorganizowania pracy radioelektronicznych systemów dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki;
- ochronę własnych środków elektronicznych przed obezwładnianiem radioelektronicznym i rozpoznaniem przez przeciwnika w celu zapewnienia możliwości swobodnego ich wykorzystywania do dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki w warunkach wojny elektronicznej.

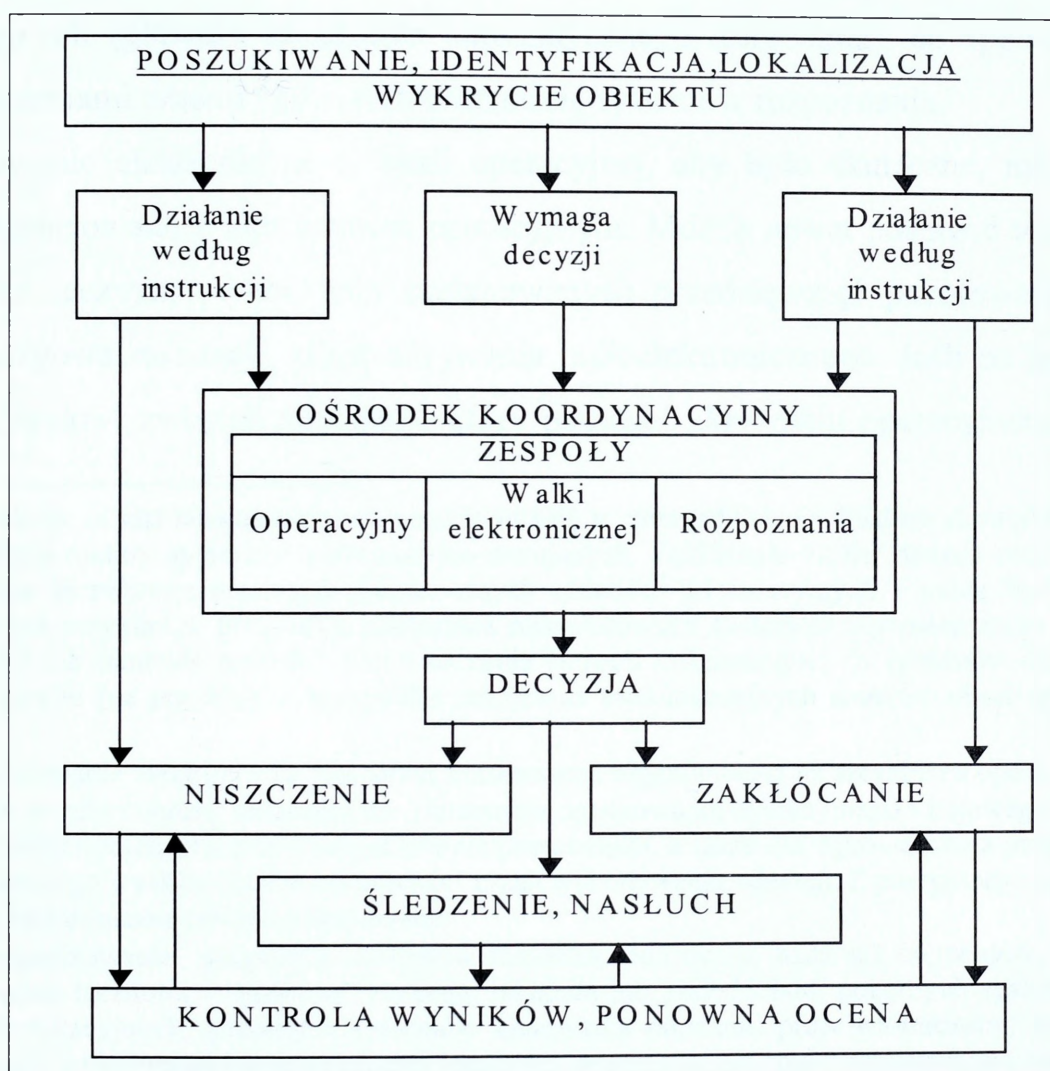
Według amerykańskiego regulaminu dowódca powinien m.in. przewidzieć sposób wykorzystania systemów radioelektronicznych przez przeciwnika. Zobowiązany jest traktować je jako zbiór celów posiadających kapitalne znaczenie dla dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki przeciwnika. Podkreśla się, że kolejność, sposób i rodzaj oddziaływania na te systemy dowódca ustala w zależności od tego, jakie mają one w danej sytuacji operacyjno – taktycznej znaczenie dla przeciwnika lub w zależności od ich przydatności bojowej.

Według regulaminowego algorytmu zakłada się funkcjonowanie w systemie wojny elektronicznej podsystemów umożliwiających: wykrywanie obiektów oraz natychmiastową reakcję aktywnych środków obezwładniania elektronicznego według zawczasu zaprogramowanych sposobów działania; kierowanie poszczególnymi urządzeniami oraz wypracowanie decyzji dotyczących sposobu reakcji systemu; niszczenie, obezwładnianie elektroniczne lub śledzenie obiektów; obieg danych między elementami systemu.

Jeśli podsystem rozpoznania wykryje obiekt przeciwnika, informacje o tym obiekcie są natychmiast przekazywane do ośrodka koordynacyjnego dywizji lub KA celem wykorzystania przez odpowiednie zespoły sztabowe, szczególnie jednak przez zespoły operacyjny (działań bojowych), WE i rozpoznania. Podejmują one decyzję, czy dany obiekt należy obezwładniać elektronicznie, niszczyć ogniowo, czy też wykorzystać w celach rozpoznawczych. Podjęta decyzja o dalszym rozpoznawaniu obiektu jest co pewien czas weryfikowana. Przyjmuje się, że dowódca określa które obiekty mają istotne znaczenie taktyczne dla przeciwnika, lub mniej istotne dla rozpoznania. Niektóre cele np. środki zakłócające przeciwnika, dowódca może nakazać niszczyć ogniem.

W wypadku wykorzystania systemów rozpoznawczo–uderzeniowych i rozpoznawczo–zakłócających zawczasu określana będzie grupa celów przeznaczonych do niszczenia lub zakłócania w trybie w pełni zautomatyzowanym, natychmiast po ich wykryciu. Zautomatyzowany sposób działania – podziału i rozdziału celów, włącznie do

ich wyeliminowania z pola walki działać będzie bardzo precyzyjnie. Obecnie przewiduje się, że w tym systemie wzorce rozpoznawcze¹⁷⁷ obiektów stanowiących cele umieszczone będą w pamięci komputerów sterujących systemami. W czasie walki komputery otrzymywać będą z podsystemu rozpoznania w czasie rzeczywistym dane o indywidualnych i grupowych cechach rozpoznawczych wykrywanych obiektów. Jeżeli dane rozpoznawcze pokrywać się będą z którymś z zakodowanych w pamięci wzorców rozpoznawczych, komputer w trybie automatycznym zainicjuje reakcję systemu stosownie do zaprogramowanych wcześniej instrukcji. Natomiast jeżeli komputer nie będzie zdolny jednoznacznie sklasyfikować wykrytego obiektu wówczas dane o tym obiekcie przekaże do ośrodka koordynacyjnego, w którym zostaną podjęte odpowiednie decyzje. Model takiego działania w formie algorytmu przedstawiono na rys. 4.1.



Rys. 4.1. Algorytm działania zaawansowanych technologicznie środków walki elektronicznej

¹⁷⁷ Wzorce rozpoznawcze – termin zapożyczony z amerykańskiej terminologii wojskowej. Według amerykańskiego regulaminu: „wzorce rozpoznawcze są analitycznym narzędziem dowódcy służącym do przywiązania działalności przeciwnika do terenu i pogody. Przedstawiają one sobą graficzne lub opisowe wzorce (schematy, modele) obiektów, ich wskaźników operacyjno – taktycznych i technicznych, oraz sposobów zachowania się w typowych sytuacjach (przechodzenie do natarcia, obrony, odpierania kontrataku itp.). wzorce te opracowywane są w czasie pokoju, a następnie sukcesywnie weryfikowane w miarę uzyskiwania nowych informacji rozpoznawczych.

Biorąc pod uwagę powyższe uwarunkowania i zbiory wartości poznawczych zawarte w poprzednich rozdziałach, jako determinanty określić można wymagania jakie powinien spełniać przyszłościowy system mikrofalowego zakłócania informacyjnego.

W aspekcie operacyjno – taktycznym uwzględnić należy fakt, że celem zakłócania w zależności od sytuacji powinny być zarówno źródła danych, jak i wtórne elementy odbierające (decydenci)¹⁷⁸, aczkolwiek z czysto technicznego punktu widzenia zakłócaniu podlegają zawsze układy odbierające (źródła danych) systemów informacyjno –sterujących przeciwnika. W drugim wypadku zakłócanie mikrofalowe stanowić powinno nieodłączną część szeroko rozumianego maskowania operacyjnego (głównie w formie pozorowania elektronicznego)¹⁷⁹. Przypuszczać jednak należy, że w przyszłości zasadniczym obiektem zakłócania będą głównie systemy informacyjno-sterujące o krótkich łańcuchach decyzyjnych (głównie urządzenia automatycznego sterowania), co spowodowane jest ograniczeniami czasowymi i wielodrożnością systemów rozpoznania.

Pozorowanie elektroniczne w skali operacyjnej, aby było skuteczne, musi być ściśle zsynchronizowane z ukrywaniem operacyjnym. Można nawet postawić tezę, że warunkiem koniecznym powodzenia zaplanowanych przedsięwzięć pozorowania jest pełna i drobiazgowa realizacja zasad ukrywania radioelektronicznego. Jeśli na przykład przeciwnik wykrył związek taktyczny, który podlegał ukrywaniu operacyjnemu, to wysiłki

¹⁷⁸ Konkluzja ta jest nawiązaniem do prezentowanej w poprzednich rozdziałach skomplikowanej, wielo-
członowej struktury systemów informacyjno-sterujących. Zakłócaniu źródeł danych rozumiane jest jako
zakłócanie pierwszego segmentu elementarnych układów informacyjnych i może być celem samym
w sobie (na przykład w przypadku zakłócania mikrofalowych systemów automatycznego naprowadzania
pocisków) lub stanowić pośredni etap wnoszenia entropii informacyjnej do systemów decyzyjnych wyż-
szych szczebli (na przykład w przypadku zakłócania radiolokacyjnych środków obserwacji powierzchni
ziemi).

¹⁷⁹ Pozorowanie elektroniczne jest formą maskowania organizowaną na szczeblach operacyjnych. Prowa-
dzi się je w celu ochrony zasadniczych elementów ugrupowania operacyjnego i bojowego oraz ich obiek-
tów radioelektronicznych przed rozpoznaniem przeciwnika, a także dla wprowadzenia przeciwnika w błąd
co do głównego wysiłku działań obronnych i czasu wykonywania uderzeń. Z powyższego wynika, że pozoro-
wanie elektroniczne powinno obejmować:

- organizowanie pozornych systemów radioelektronicznych, bądź ich elementów, np.: pozornego węzła łączności związku taktycznego, oddziału lub pododdziału; pozornych systemów (stacji) radiolokacyjnych; pozornych systemów kierowania rakietami przeciwlotniczymi; pozornych systemów wykrywania i naprowadzania lotnictwa; pozornych systemów rozpoznania i walki elektronicznej;
- wprowadzanie przeciwnika w błąd co do możliwości technicznych sprzętu radioelektronicznego lub systemu, w którego skład wchodzi kilka środków;
- wprowadzanie przeciwnika w błąd co do organizacji i sposobów działania poszczególnych systemów radioelektronicznych w różnych sytuacjach pola walki.

Stosowanie pozorowania rejonów rozmieszczenia (ześrodkowania) wojsk, rakiet i artylerii, SD, stanowisk ogniowych oraz innych obiektów wojskowych powinno zapewnić uzyskanie zasadniczych celów maskowania na współczesnym polu walki. Obiekty pozorne muszą być jednak upodobnione do obiektów rzeczywistych w takim stopniu, aby przeciwnik - stosując dostępne mu środki rozpoznania - nie mógł dostrzec demaskujących różnic. Muszą więc mieć wszystkie cechy charakterystyczne dla obiektów rzeczywistych.

pozorowania, choćby najbardziej przekonujące, będą nieskuteczne. Dodatkowo zgodnie z opiniami specjalistów¹⁸⁰ wielkości środków wydzielanych do prowadzenia pozorowania (sięgające 50% faktycznie wykorzystywanych), biorąc pod uwagę, że powinny to być deficytowe środki łączności mikrofalowej i radiolokacyjne wydaje się mało opłacalne i trudne w realizacji.

Z punktu widzenia działań wojsk lądowych zasadniczym celem mikrofalowego zakłócania informacyjnego powinno być przeciwdziałanie efektywnemu wykorzystaniu przez przeciwnika naprowadzanych radiolokacyjnie środków rażenia (pozorowanie, maskowanie, neutralizacja) oraz uniemożliwienie bądź utrudnienie monitorowania obszaru działania wojsk lądowych i wykorzystania przez przeciwnika mikrofalowych środków łączności (maskowanie, neutralizacja).

W tym miejscu należy zaznaczyć, że istnieją rozbieżne czasem opinie, czy zastosowane środki zakłócania są *stricte* zakłócaniem czy obroną informacyjną. Wydaje się jednak, że składowe walki informacyjnej są tak silnie skorelowane, iż nie sposób jednoznacznie wyodrębnić ich rozdzielnych zbiorów narzędziowych. Nie jest to zresztą konieczne ani wskazane z punktu widzenia militarnego zastosowania tych środków.

Wychodząc z zaprezentowanej w poprzednim rozdziale próby określania celowości zakłócania poszczególnych typów urządzeń, można stwierdzić, że etapem wstępnym tworzenia struktur mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych powinno być zbudowanie szczegółowej bazy danych obejmującej źródła mikrofalowe, które są, będą lub mogą być wykorzystywane przez potencjalnych przeciwników. Budowanie potencjału opierać się powinno na schemacie: źródła mikrofalowe przeciwnika – zbiór dostępnych dla nich postaci danych - efektywne sygnały zakłócające – techniczne rozwiązania środków zakłócania.

Proces budowy bazy danych na potrzeby mikrofalowego zakłócania informacyjnego w działaniach wojsk lądowych (obejmujący między innymi dwa pierwsze segmenty przedstawionego powyżej schematu) powinien obejmować okres przygotowania działań oraz ich prowadzenia. Okres przygotowania obejmuje zdobywanie, odpowiednio wcześniej, danych o potencjalnym przeciwniku, terenie i panujących tam warunkach. Przygotowanie to właściwie trwa już w czasie pokoju, wtedy to bowiem na potrzeby mikrofalowego zakłócania informacyjnego skompletować należy bazę danych niezbędnych w możliwych przyszłych działaniach. Dane te powinny być gromadzone i weryfikowane

¹⁸⁰ Patrz np. J. Janczak, *Obrona informacyjna*, Rozprawa habilitacyjna, AON, Warszawa 2002.

na bieżąco, a baza danych o siłach i środkach potencjalnego przeciwnika powinna obejmować zbiory dotyczące¹⁸¹:

- struktur organizacyjnych jednostek wykorzystujących urządzenia mikrofalowe państw obcych, składu bojowego, organizacji;
- poziomu rozwoju technicznego sił zbrojnych, modernizacji poszczególnych rodzajów broni (przede wszystkim w zakresie systemów łączności, rozpoznania i walki elektronicznej), wzrostu ich możliwości ogniowych oraz rozpoznawczych.;
- kierunków rozwoju sztuki operacyjnej i taktyki w poszczególnych państwach;
- przebiegu manewrów i ćwiczeń, procesów dydaktyczno-wychowawczych oraz zmian w koncepcjach ich prowadzenia oraz sposobach zabezpieczenia;
- przebiegu lokalnych konfliktów zbrojnych oraz taktyki użycia sił i środków wykorzystujących urządzenia mikrofalowe.

Równolegle z budowaniem bazy danych stanowiącej punkt wyjściowy w zakresie identyfikacji zagrożenia ze strony środków wykorzystujących technikę mikrofalową należy przygotowywać potencjał walki informacyjnej w celu ewentualnego przeciwdziałania tym zagrożeniom.

W czasie przewidywanej walki (zagrożenia wojennego) struktura bazy danych¹⁸² powinna zostać uzupełniona (uaktualniona) w stosunku do bazy okresu pokojowego i obejmować dane dotyczące:

- sygnałów alarmowych, zarządzeń dotyczących wprowadzania wyższych stanów gotowości bojowej w jednostkach używających SRL potencjalnego przeciwnika;
- zmian dyslokacji (bazowania), przegrupowania wojsk potencjalnego przeciwnika oraz operacyjnego rozwijania jego sił zbrojnych;
- stanu gotowości stacjonarnych oraz rozwijanych polowych systemów dowodzenia, łączności i rozpoznania radiolokacyjnego;
- rejonów rozmieszczenia kluczowych obiektów przeciwnika;
- stanu ilościowego i ugrupowania wojsk przeciwnika w strefach przygranicznych oraz obszarach operacyjnego rozwinięcia jego sił zbrojnych, a także możliwości narastania sił w wyniku mobilizacji lub przerzutów z innych kierunków operacyjnych;
- zmian operacyjnego przygotowania terenu w rejonach przygranicznych i na kierunkach potencjalnych działań.

¹⁸¹ Zob. Nowacki G., *Walka informacyjna-próba kategoryzacji*, AON, Warszawa 1999 r., s. 64-65.

¹⁸² Tamże, s. 65.

W czasie działań wojennych system mikrofalowego zakłócania informacyjnego powinien posiadać dane o składzie wojsk, rejonach koncentracji i rozwijaniu głównych sił przeciwnika, o miejscach rozmieszczenia stanowisk dowodzenia, o zmianach w ugrupowaniu i wprowadzaniu do walki odwodów przeciwnika.

Struktura bazy danych okresu wojny powinna stanowić uzupełnienie (uaktualnienie) dwóch poprzednich baz oraz obejmować dane dotyczące:

- głównych zgrupowań uderzeniowych pierwszego rzutu operacyjnego przeciwnika, kierunków działania oraz prawdopodobnych zadań;
- składu i rejonów rozmieszczenia drugich rzutów oraz odwodów wojsk operacyjnych, ich przegrupowań do obszaru działań wojennych, możliwych kierunków, rubieży oraz terminów ich wprowadzenia;
- przebiegu formowania i możliwości nowych jednostek używających środków mikrofalowych, stopnia osiągania przez nie gotowości bojowej oraz prawdopodobnego czasu zdolności do działań;
- dyslokacji jednostek lotniczych, zmian ich bazowania oraz sposobów ich wykorzystania w ramach wsparcia i zabezpieczenia działań wojsk;
- zmian w rozmieszczeniu i działaniu sił morskich, sposobów ich użycia;
- czasu, kierunków i rejonów oraz celu użycia wojsk powietrznodesantowych;
- zmian w strukturach organizacyjnych wojsk oraz w taktyce i sztuce operacyjnej;
- zmian w uzbrojeniu oraz w specjalistycznych środkach technicznych wprowadzanych do wyposażenia wojsk.

Dobór sygnałów zakłócających (według zasad przedstawionych w rozdziale drugim) w połączeniu z wcześniejszym określeniem obiektów zakłócania powinien opierać się na kryterium efektywności rozumianej jako stosunek wartości uzyskiwanych (przewidywanych) efektów do wartości poniesionych nakładów. Rodzaj wybranego sygnału zakłócającego związany jest nierozdzielnie z określeniem sposobu zakłócania.

Do zakłócania aktywnego wykorzystywane były w wojskach lądowych stacje zakłóceń radiolokacyjnych będące rozbudowanymi zestawami służącymi do wykrywania i zakłócania określonych typów pokładowych stacji radiolokacyjnych lotnictwa. Biorąc pod uwagę wnioski z analizy aktualnego stanu w zakresie mikrofalowego zakłócania informacyjnego w polskich siłach zbrojnych, wymagania, jakie stawia przed zakłócaniem mikrofalowym współczesne pole walki, oraz światowe tendencje w tym zakresie uważa

się, że rozwój aktywnych urządzeń mikrofalowego zakłócania informacyjnego należy prowadzić w trzech kierunkach:

1. Modułowe urządzenia zakłóceń bliskiego i średniego zasięgu przeznaczone do indywidualnej osłony środków bojowych przed atakiem środków rakietowych naprowadzanych metodą aktywnej radiolokacji. Urządzenia te powinny posiadać konstrukcję 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 nadajników pracujących w różnych podzakresach częstotliwości lub pracę równoległą kilku nadajników w jednej konstrukcji modułowej.
2. Miniaturowe nadajniki zakłóceń bliskiego zasięgu, przeznaczone do obezwładniania pracy wielu grup naziemnych środków mikrofalowych. Poszczególne ich wersje powinny uwzględniać różne sposoby umieszczania w pobliżu np. naziemnych stacji radiolokacyjnych przeciwnika (grupy specjalne, zrzut z samolotu) z przeznaczeniem na jednorazowe użycie. Urządzenia te, w zmodernizowanej postaci, mogą być również wykorzystane do montażu na środkach bezpilotowych.
3. Zestawy rozpoznawczo zakłócające dalekiego zasięgu, przeznaczone do osłony ważnych naziemnych obiektów wojskowych i cywilnych przed rozpoznaniem radiolokacyjnym z powietrza i atakiem rakietami naprowadzającymi się metodą aktywnej radiolokacji.

Większość **modułowych urządzeń zakłócających** powinna być średniego zasięgu (od 20 do 40 km), a nieliczne – bliskiego zasięgu (od 10 do 15 km). Urządzenia zakłócające wchodzące w skład tej grupy powinny znaleźć się w wyposażeniu środków bojowych lub pododdziałów ogólnowojskowych. Uważa się, że powinny być projektowane pod kątem zakłócania pracy:

- stacji radiolokacyjnych pola walki;
- samolotowych i rakietowych urządzeń radiolokacyjnych wykorzystywanych do naprowadzania rakiet na cele naziemne. Stacje te pracują w zakresie cm i mm.

Omawiana wersja środków powinna mieć możliwość zakłócania obu ww. obiektów. Jednak priorytetowo powinien być potraktowany potencjał zakłócania mikrofalowego, dla którego przedmiotem zakłócania są radiolokacyjne środki pola walki, w tym szczególnie stacje radiolokacyjne rozpoznania artyleryjskiego. Potrzeba opracowania urządzeń do zakłócania stacji radiolokacyjnych naprowadzania rakiet budzi wśród spe-

cialistów w ostatnich latach sporo kontrowersji. Wynika to z ograniczonego (jak dotychczas) stosowania środków raketowych naprowadzanych metodą radiolokacji (pracujące w dotychczasowych zakresach częstotliwości) na obiekty naziemne, po wprowadzeniu do uzbrojenia nowoczesnych środków naprowadzania innymi metodami o dużej dokładności trafienia (laserowa, telewizyjna, z czujnikami magnetycznymi). Problem ten stanie się aktualny po masowym wprowadzeniu do wyposażenia innych armii rakiet z głowicami pracującymi w paśmie W (90-100GHz). Doświadczenia z działań, np. na terenie byłej Jugosławii, wskazują, że przy bombardowaniach prowadzonych z wysokości co najmniej 5 km (ponad zasięgiem serbskiej OPL) szybko okazało się, że w złych warunkach pogodowych (pokrycie chmurami), nad zalesionym górzystym terenem trudno jest wykryć i zidentyfikować czołg czy transporter. Okazało się też, że systemy naprowadzania laserowego nie są na tyle precyzyjne, by wskazywać cel wielkości czołgu z samolotu z odległości kilku kilometrów. Z kolei uzbrojenie wykorzystujące satelitarny system GPS nadaje się jedynie do atakowania rozpoznanych wcześniej celów stacjonarnych. Doświadczenia te wskazują na prawdopodobny wzrost znaczenia naprowadzania radiolokacyjnego projektowanych w przyszłości środków przeciwpancernych

Wersja lądowa¹⁸³ modułów zakłócających, powinna być przeznaczona w pierwszej kolejności do pododdziałów rozpoznawczych ZT oraz w drugiej kolejności dla oddziałów ogólnowojskowych. Urządzenia te powinny być przewidziane do okresowego lub stałego montowania na określonej liczbie wozów rozpoznawczych, czołgów i wozów piechoty.

W pasie działania jednego ZT w operacji zaczepnej należy spodziewać się od kilku do kilkunastu SRL obserwacji pola walki potencjalnego przeciwnika. Podobna liczba modułów zakłócających powinna być w dyspozycji własnego batalionu rozpoznawczego. Przewidywać zatem można potrzebę wprowadzenia do użytkowania po trzy moduły zakłócające do każdej kompanii rozpoznawczej. W wypadku podjęcia decyzji o przekazaniu modułów zakłócających pododdziałom ogólnowojskowym, przeznaczonym głównie do osłony przeciwraketowej, przewidywać należy, że na zgrupowanie kompanii czołgów (wozów piechoty) jednocześnie mogą być wykonywane 1 – 2 ataki raketowe. Dlatego też w dyspozycji tego pododdziału powinna być analogiczna ilość modułów. Uważa się, że w skali ZT omawiane moduły powinny posiadać ok. 50% pododdziałów.

¹⁸³ Zbliżone konstrukcyjne, czy wręcz zunifikowane modułowe nadajniki zakłóceń powinny być wykorzystywane również w innych rodzajach wojsk. Jednolitość urządzeń powinna minimalizować koszty produkcji (zakupu) przy jednoczesnym ułatwieniu procesów obsługowych i remontowych.

Nadajniki te powinny wykorzystywać dwie odmiany zakłóceń

- maskujące selektywne (szumowe lub szumowo – impulsowe);
- imitujące (pozorujące).

Należy zaznaczyć, że omawiana grupa sprzętu nie powinna być przeznaczona jedynie dla pododdziałów specjalnych WRE, lecz powinna wejść do wyposażenia środków bojowych.

Miniaturowe nadajniki zakłóceń jednorazowego użytku przewiduje się do wykorzystywania w operacyjno–taktycznej strefie działań bojowych w celu:

- uniemożliwienia skutecznego wykorzystania radiolokacyjnych środków rozpoznania artyleryjskiego;
- obniżenia skuteczności obrony plot przeciwnika, na przykład w okresie uderzenia przez własne lotnictwo;
- obniżenia skuteczności monitorowania przez przeciwnika przedniego skraju pola walki w okresie poprzedzającym i podczas wykonywania natarcia.

Powinno być wykorzystywanych kilka odmian konstrukcyjnych tych nadajników¹⁸⁴, w zależności od przewidywanego sposobu ich przenoszenia. Środki przenoszenia w decydujący sposób wpływają będą na głębokość umieszczania w ugrupowaniu przeciwnika. Obiektami ich oddziaływania będą następujące rodzaje naziemnych stacji radiolokacyjnych:

- obserwacji przestrzeni powietrznej;
- kierowania ogniem artylerii raketowej i lufowej;
- rozpoznania (obserwacji) pola walki.

Celowe jest, aby operacyjne planowanie użycia, a także fizyczne przenoszenie NZJU w rejon działania było również w gestii i możliwości wojsk lądowych.

NZJU przeznaczone dla wojsk lądowych powinny być przenoszone przez środki artyleryjskie, ponieważ obiekty przeznaczone do zakłócania (SRL obserwacji pola walki) znajdują się w strefie na głębokości od kilku do kilkunastu km od linii styczności. W pasie działania dywizji pododdziały rozpoznawcze przeciwnika mogą jednocześnie wykorzystywać kilkanaście omawianych SRL.

Dokładność położenia tych SRL oraz dokładność umieszczenia w tej strefie NZJU przez artylerię jest stosunkowo duża dlatego też nadmiarowość zrzutu w tym wypadku

należy przyjąć minimum 3–5 NZJU na obezwładniany obiekt. Biorąc powyższe pod uwagę, szacunkowe potrzeby NZJU dla ogółowojskowego ZT wyniosą na jeden kontratak ok. 30–50 NZJU. Zapasy tych środków powinny zapewnić wykonanie minimum 10 kontrataków.

Preferowanym rodzajem zakłóceń będą zakłócenia maskujące typu zaporowo – selektywnego. W celu zapewnienia możliwie długiego czasu pracy zakłócenia powinny być promieniowane z przerwami lub tylko w czasie opromieniowania przez SRL. Realizacja tego będzie możliwa tylko w wypadku posiadania przez NZJU czujników realizujących następujące funkcje:

- określenie kierunku na SRL;
- określenie momentu opromieniowania;
- określenie podpasma częstotliwości pracy.

Ze względu na duże odległości należy raczej wykluczać stosowanie zdalnego sterowania. Bardzo cenna byłaby jednak możliwość zdalnego uruchamiania specjalnym zakodowanym sygnałem wysyłanym drogą radiowa. Daje to możliwość wcześniejszego umieszczania NZJU w rejonie SRL przy rozpatrywaniu kierunków rozwoju tego typu uzbrojenia. Celowe jest także udzielenie odpowiedzi na pytanie: czy z punktu widzenia stanu obecnej techniki możliwa jest skuteczna praca NZJU bez własnych układów wykrywających. Taki sposób zmusza do stosowania dookólnego promieniowania zakłóceń oraz pracy ze znacznie szerszym widmem

Armia polska ma duże doświadczenie w wykorzystywaniu **zestawów rozpoznawczo – zakłócających** przez jednostki naziemne. Dotychczas typowymi obiektami oddziaływania dla tych środków były uniwersalne SRL samolotów oraz radiolokacyjne celowniki bombowe. W latach 80 nowa generacja stacji umożliwiła również zakłócanie pracy SRL obserwacji bocznej przed wykonywaniem map radiolokacyjnych terenu. Jak już wspomniano w poprzednim rozdziale, szybki rozwój nowych technik naprowadzania samolotów na cel, a także systemów kierowania uzbrojeniem samolotowym, powoduje obniżenie potrzeb organizowania osłony przeciwradiolokacyjnej dla dużej liczby obiektów. Szczególnie spadło zapotrzebowanie na osłonę obiektów stałych o znanych współrzędnych (mosty, ważne zakłady przemysłowe itd.).

Niezmiennie duże pozostało zapotrzebowanie na zakłócanie pracy stacji radiolokacyjnych obserwacji bocznej, które wykorzystywane są przez samoloty i śmigłowce

¹⁸⁴ Por. W. Wojtasik, L. Szugajew, Szerokopasmowe źródło szumów dużej mocy na pasmo L, Materiały z XI Konferencji Naukowej. Sterownie i regulacja w radiolokacji i obiektach latających”, Jelenia Góra 2000.

a obecnie coraz częściej również przez środki bezpilotowe w strefie przyfrontowej do rozpoznania zmian w ugrupowaniu wojsk lądowych.

Biorąc pod uwagę powyższe uwarunkowania, nowa generacja zestawów rozpoznawczo – zakłócających powinna być przystosowana do zakłócania:

- SRL obserwacji bocznej, pracujących w zakresie cm;
- samolotowych SRL obserwacji przestrzeni powietrznej dalekiego zasięgu;
- uniwersalnych samolotowych SRL;
- głowic radiolokacyjnych rakiet klasy powietrze – ziemia.

Ten rodzaj środków zakłóceń byłby kontynuacją głównej części istniejącego jeszcze (aczkolwiek nie w wojskach lądowych) potencjału zakłóceń radiolokacyjnych.

Wersja lądowa tego typu urządzenia¹⁸⁵ przeznaczona do obezwładniania pracy samolotowych SRL rozpoznania powierzchni ziemi (głównie obserwacji bocznej) oraz w drugiej kolejności samolotowych uniwersalnych SRL i rakiet. Może ona wejść do wyposażenia zarówno wojsk lądowych jak i WL i OP. Dotychczasowe doświadczenia wskazują na potrzebę odejścia od tworzenia osłony przeciwradiolokacyjnej typu obiektowego na rzecz osłony strefowej. Wymaga to jednak zapewnienia przez zestawy nowej generacji bardzo dużej gęstości mocy zakłóceń (widmowej i przestrzennej).

Odejście od osłony obiektowej, przy jednoczesnym zmniejszeniu roli rozpoznania radiolokacyjnego w procesie naprowadzania samolotów na cele naziemne, powoduje znaczne obniżenie potrzeb ilościowych sprzętu. Nie mniej jednak w dalszym ciągu planuje się organizować na szczeblu centralnym i operacyjnym kilu stref osłanianych przed rozpoznaniem radiolokacyjnym. Powyższe strefy powinny obejmować ważne mobilne lub doraźnie organizowane obiekty wojskowe podlegające szczególnej ochronie (np. SD i ZSD dowódcy danego szczebla lub ważne zgrupowania wojska). Każdy zestaw rozpoznawczo–zakłócający powinien zapewnić obsługę minimum 5 celów radiolokacyjnych działających na jednym kierunku. Osłonę strefy mógłby organizować specjalny pododdział walki elektronicznej posiadający od 3 do 4 zestawów rozpoznawczo zakłócających. Biorąc powyższe pod uwagę, zapotrzebowanie na wersję lądową omawianego sprzętu szacuje się na poziomie od 15 do 20 zestawów (przyjęto osłonę 5 stref o rozmiarach 900-1200 km²).

¹⁸⁵ Podobnie jak w przypadku modułowych nadajników zakłóceń wskazana byłaby unifikacja tych urządzeń wykorzystywanych potencjalnie przez wojska lądowe, wojska lotnicze i marynarkę wojenną.

Nadajniki zakłóceń dużej mocy powinny posiadać rozbudowany zestaw zakłóceń. Dotychczas sprzęt tej klasy projektowany był pod kątem wytwarzania zakłóceń maskujących ciągłych lub impulsowych mających cechy zakłóceń imitujących. Nowa generacja tego sprzętu, w pierwszym etapie rozwoju, powinna być projektowana z myślą o wytwarzaniu zakłóceń maskujących typu ciągłego z wewnętrzną modulacją dostosowaną do widma sygnałów SRL. W celu zapewnienia dużej gęstości widmowej mocy i obsługi wielu celów zakłócenia powinny być realizowane jako zaporowo – selektywne. Ten rodzaj zakłóceń znacząco obniża parametry odbiorcze SRL, jest trudno uswalny przez układy PZ oraz mało podatny na zmiany struktury sygnałów.

W drugim etapie rozwoju należy opracować układy do stosowania zakłóceń pozorujących (imitujących), głównie na potrzeby zwodzenia rakiet. Układy te mogą rozszerzyć możliwości sprzętu lub stanowić bazę dla nowej wersji zestawów rozpoznawczo – zakłócających. Źródłem tych zakłóceń mogą być własne układy generacyjne lub układy retranslacyjno – wzmacniające.

Rozwój omawianej grupy sprzętu w stosunku do stanu obecnego należy rozumieć zarówno jako rozwój jakościowy, jak i ilościowy. Dotychczas wykorzystywane stacje osłony przeciwradiolokacyjnej obiektów naziemnych i zgrupowań wojsk występowały tylko w armiach bloku wschodniego, dlatego ich ewentualne dalsze uzupełnianie możliwe jest drogą produkcji własnej lub importu. Z uwagi na chlubne prawie pięćdziesięcioletnie tradycje oraz wysoki poziom krajowego przemysłu radiolokacyjnego, coraz lepiej współpracującego z krajowymi ośrodkami naukowo-badawczymi, oraz suwerenność Polski wskazane jest, aby pozyskanie dla armii technicznego sprzętu zakłócania mikrofalowego odbyło się przez uruchomienie własnej produkcji¹⁸⁶, natomiast import należy ograniczyć do niezbędnego minimum. Podjęcie własnej produkcji uzależnione jednak będzie od możliwości projektowo-konstrukcyjnych przemysłu obronnego i zaplecza naukowo – badawczego, a także od możliwości zabezpieczenia kompatybilności¹⁸⁷ tego sprzętu walki elektronicznej z importowaną techniką bojową (np. urządzeniami samolotów importowanych z innych państw). Dobrym prognostykiem w tym zakresie jest wdrożenie nadajników zakłóceń w paśmie L i S oraz opinie środowiska naukowego w kwestii możliwości uruchomienia krajowej produkcji elementów elektronicznych z emisją polową.

¹⁸⁶ Propozycje tego typu zawiera między innymi uchwała XXXII Konferencji Naukowo – Technicznej Radiolokacji n.t. „Kierunki rozwoju polskiej radiolokacji w powiązaniu z wymogami NATO”, Jelenia Góra 2000.

¹⁸⁷ Funkcja wyłączania zakłóceń w trybie automatycznym dostosowana do parametrów technicznych poszczególnych stacji radiolokacyjnych.

Zakłócanie pasywne, aczkolwiek zapoczątkowane, podobnie jak cała technika radiolokacyjna, na potrzeby wojsk lotniczych, było stosowane również przez wojska lądowe głównie jako element maskowania lub pozorowania obiektów w ramach przeciwdziałania pokładowym stacjom radiolokacyjnym lotnictwa. W wojskach lądowych wykorzystywane są głównie odbijacze kątowe (są obecnie w wyposażeniu polskich wojsk lądowych), w odróżnieniu od lotnictwa, gdzie wykorzystywane są głównie odbijacze dipolowe. Obecnie za sposób mikrofalowego zakłócania informacyjnego należy uznać również środki zmniejszające skuteczną powierzchnię odbicia. Zastosowanie tych technologii jest oczywiście niezwykle korzystne w wypadku środków lotnictwa wojsk lądowych, bezpilotowych aparatów latających, a biorąc pod uwagę potencjalne możliwości szerokiego zastosowania środków radiolokacyjnych obserwacji pola walki i naprowadzania pocisków przeciwpancernych – również w odniesieniu do lądowych środków bojowych.

Dipole odbijające stosowane są dotychczas przede wszystkim do maskowania samolotów oraz pozorowania celów powietrznych i nawodnych. Idea ich wykorzystania polega na tym, że dipole pod wpływem dochodzącej do nich energii EM ze stacji radiolokacyjnej przeciwnika powodują wtórne jej promieniowanie (zachowują się jak antena). Mikrofalowe zakłócanie informacyjne w wojskach lądowych za pomocą dipoli odbijających powinno polegać – analogicznie do innych rodzajów wojsk – na wystrzeliwaniu przez specjalne wyrzutnie zamontowane na środkach walki¹⁸⁸ (czołgach, transporterach opancerzonych, armatach, raketach) pocisków dipolowych lub na wyrzucaniu z samolotów paczek z dipolami w chwili wykrycia ich opromieniowania¹⁸⁹. Liczba tych pocisków powinna być każdorazowo dostosowywana do potrzeb.

Przewidywać należy również możliwość zastosowania odbijaczy dipolowych do zakłócania łączności mikrofalowej i środków nawigacyjnych. Uważa się¹⁹⁰, że utworzony za pomocą kilku pocisków artyleryjskich na wysokości kilkuset metrów obłok dipoli o odpowiednio dobranych długościach fal elektromagnetycznych opadając na ziemię w rejonie wybranego obiektu, jest w stanie zakłócić pracę bezprzewodowych urządzeń teletransmisyjnych, w tym środków łączności satelitarnej i radioliniowej a także urządzeń

¹⁸⁸ Przykładem mogą być wyrzutnie dipoli „Jastrząb” montowane na okrętach Marynarki Wojennej RP.

¹⁸⁹ W tym celu środki walki powinny być wyposażone – podobnie jak samoloty lub okręty - w indywidualne lądowe odbiorniki ostrzegawcze o opromieniowaniu radiolokacyjnym. Koncepcję takiego odbiornika przedstawiona jest w materiałach IV konferencji NT „Systemy Rozpoznania i WRE, wyd. BIL-GRAL s.c. Babice Stare 1999r., s.228.

¹⁹⁰ Patrz: K. Sikorski „Doskonalenie obrony radioelektronicznej DZ w obronie w początkowym okresie wojny”. Rozprawa doktorska, AON, Warszawa 1989, s. 227.

GPS i IFF na okres od kilkunastu do kilkudziesięciu minut. W wypadku potwierdzenia, przez badania praktyczne, tych przypuszczeń można stwierdzić, że zastosowanie dipoli odbijających będzie nie tylko tanim, lecz również bardzo skutecznym sposobem zakłócania w niewielkiej skali pracy systemów informacyjno – sterujących przeciwnika. Stanowić może swojego rodzaju namiastkę krótkotrwałej neutralizacji środków mikrofalowych (i nie tylko) osiągniętych za pomocą środków pasywnych.

Co do neutralizacji elektromagnetycznej jako środka mikrofalowego zakłócania informacyjnego stwierdzić należy, że jest to niewątpliwie perspektywiczna forma zakłócania. Biorąc jednak pod uwagę charakter współczesnych konfliktów zbrojnych i przewidywania co do charakteru przyszłego pola walki, należy przypuszczać, że szczególnie radykalne sposoby realizacji tego zakłócania (niszczenie elektromagnetyczne) będą miały zastosowanie w stosunkowo niewielkiej skali ze względu na swój „totalny” charakter i działanie zarówno przeciwko obu stronom konfliktu, jak i grupom niezaangażowanym w bezpośrednie działania. Poza uzasadnionymi taktycznie przypadkami selektywnej neutralizacji wybranych rejonów (izolacja informacyjna rejonu konfliktu) należy ten rodzaj zakłócania traktować raczej jako potencjalną formę zagrożenia ze strony na przykład grup terrorystycznych.

Dynamika współczesnego pola walki i idące za tym ograniczenia czasowe powodować będą, że odbiorcami sygnałów informacyjnych będą bezpośrednio coraz niższe szczeble dowodzenia. Do tej specyfiki należy dostosować również system zakłócania informacyjnego w zakresie mikrofalowym. Powinien on mieć możliwości pracy w różnych ugrupowaniach, nie wyłączając samodzielnej pracy części systemu czy wręcz autonomicznej pracy pojedynczej stacji (urządzenia) zakłócającej, w zależności od ugrupowania i warunków terenowych. Integralną częścią systemu zakłócania powinny być również środki indywidualnej osłony przeciwradiolokacyjnej, w tym zarówno aktywne, jak i pasywne. Coraz większe tempo działania powoduje ograniczenia czasowe (patrz tabela 4.1) wymagające coraz szerszej automatyzacji nie tylko bezpośrednio urządzeń rozpoznawczych i zakłócających ale również urządzeń nimi sterujących.

Automatyzacja tego typu działań nie jest problemem nowym, była i jest stosowana w tego typu urządzeniach. Konieczna jest jednak ich miniaturyzacja i dostosowanie do potrzeb działania w trybie autonomicznym w nowych, znacznie bardziej skomplikowanych warunkach określanych przez zmniejszanie czasu reakcji i radykalny wzrost liczby obiektów mogących stanowić zagrożenie bądź zakłócać poprawną pracę urządzeń. Bojo-

we środki walki, ze względu na swoją ruchliwość, są i będą bowiem w dalszym ciągu celem dla rakiet naprowadzających się za pomocą aktywnej głowicy radiolokacyjnej, prowadzone są prace nad wdrożeniem nowej generacji środków raketowych z naprowadzaniem radiolokacyjnym pracującym w paśmie W (milimetry zakres fal), których dokładność trafienia dorównuje środkom optoelektronicznym. Natomiast ilość sprzętu radiolokacyjnego wykorzystywanego na polu walki z roku na rok się zwiększa i dotyczy to wszystkich rodzajów sił zbrojnych. Szacuje się, iż w Europie Zachodniej i Środkowej liczba obecnie wykorzystywanych radiolokatorów wynosi około 35 tysięcy¹⁹¹.

Tabela 4.1.

Wymagany czas reakcji urządzeń na promieniowanie radarowe

Urządzenie	Platforma obiektu stanowiącego zagrożenia	Typ zagrożenia	Pasmo pracy [GHz]	Wymagany czas reakcji urządzenia
Powietrzne	Naziemne	Rakiety	0,5-20	Natychmiast
		Artyleria	8-20	Natychmiast
		Wczesne ostrzeżenie	0-2	Kilka sekund
	Powietrzne	Rakiety	8-20	Natychmiast
		Radary przechwytywania	8-20	Natychmiast
Naziemne	Powietrzne	Rozpoznanie celu	6-10	Kilka s.
		Bombowce	8-20	Kilka s.
		Nawigacja	6-20	Sekundy
		Rakiety	8-20	Natychmiast
	Naziemne	Wczesne ostrzeżenie	0,25-2	Minuty
		Rozpoznanie pola walki	8-20	Kilka sekund
		Artyleria	8-20	Kilka sekund

Należy również podkreślić, że inteligentne systemy uzbrojenia (a do takich niewątpliwie należałoby zaliczyć automatyczne urządzenia zakłócające), nie wyposażone w stosowne bazy danych i wiedzy oraz odpowiednie do sytuacji procedury ich przetwarzania, nie będą prawdopodobnie przydatne bojowo, nie będą prawdopodobnie zdolne do szybkiego przystosowania swojego działania do nieprzewidzianych warunków otoczenia¹⁹². Stąd też między innymi w propozycjach sprzętowych modułowość stosowanych

¹⁹¹ 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.

¹⁹² W. Świątnicki, Z. Świątnicki, Bronie inteligentne, Wydawnictwo Bellona, Warszawa 1992, s. 178-179.

urządzeń pozwalająca przy stosunkowo niewielkiej ingerencji człowieka na dostosowanie ich do aktualnych wymagań wynikających z sytuacji na polu walki.

Wnioski z podrozdziału 4.2.

1. Współczesne mikrofalowe zakłócanie informacyjne powinno mieć charakter wieloetapowy realizowany na kilku poziomach. Etapy obywatelniania to przygotowanie i udział w operacjach zaczepnych i obronnych. Mikrofalowe zakłócanie informacyjne powinno być prowadzone na wszystkich szczeblach dowodzenia.
2. W świetle rosnących wymagań organów dowodzenia w stosunku do organizacji systemu zakłócania informacyjnego należy prognozować, że architekturę przyszłościowego systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych powinny tworzyć, wcześniej przygotowane do działania, następujące grupy podsystemów:
 - obrony indywidualnej środków walki;
 - podsystemy szczebla taktycznego (głównie nadajniki zakłóceń jednorazowego użytku);
 - podsystemy szczebla operacyjnego.
3. Obok wymagań w sferze funkcjonowania przyszłego systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego niezmiernie ważną rolę jest spełnienie wymagań technicznych sprzętu realizującego proces zakłócania. Biorąc powyższe pod uwagę, w jednostkach walki elektronicznej należy dokonać, na wzór zachodni, stosownych zmian organizacyjnych. Jednostki te należy wyposażyć w sprzęt nowej generacji (rozpoznawczy i zakłócający). Za najważniejsze przedsięwzięcia należy uznać:
 - budowę zestawów (stacji) RZ o konstrukcji stałej dla dużych zasięgów i modułowej – dla małych i średnich zasięgów;
 - wytwarzanie modułowych nadajników zakłóceń przystosowanych do pracy autonomicznej oraz w zestawach modułowych;
 - opracowanie nowych bloków odzewowo – zakłócających pracujących w zakresie fal milimetrowych;
 - opracowanie NZJU o parametrach technicznych adekwatnych do potrzeb wynikających z zadań na polu walki i środków przenoszenia;
 - podjęcie badań nad zintegrowanym systemem zakłócającym (obejmującym bazę danych, układ priorytetów, szerokopasmowy nadajnik zakłóceń).

4.3. Wnioski wynikające z rozwiązania problemów zawartych w rozdziale czwartym

W wyniku badań teoretycznych uzyskano następujące efekty poznawcze:

1. Ustalono trzy etapy cyklu organizacyjnego: preparacji, realizacji i kontroli. Jednocześnie ze względu na istniejące ograniczenia wzięto pod uwagę jedynie etap planowania, uznając, że w cyklu organizacyjnym jest on podstawą do osiągnięcia celu.
2. Ustalono trzy zbiory wartości niezbędne przy projektowaniu organizacji systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego dla wojsk lądowych:
 - a) teoretyczne możliwości realizacji przedsięwzięć mikrofalowego zakłócania informacyjnego i oceny jego efektywności;
 - b) doświadczenia i materialne zasoby Wojska Polskiego w zakresie mikrofalowego zakłócania informacyjnego;
 - c) wymagania wynikające ze zobowiązań sojuszniczych, spodziewane oczekiwania potencjalnych użytkowników środków mikrofalowego zakłócania w świetle prognozowanych warunków prowadzenia walki w wojnach i konfliktach przyszłości.
3. Ustalono podstawowe wymagania techniczne i taktyczne dla sprzętu mikrofalowego zakłócania informacyjnego, które powinny zapewnić jego skuteczne użycie na przyszłym polu walki w aspekcie wsparcia działań wojsk lądowych. Sugeruje się, aby pozyskiwanie tego rodzaju sprzętu oparte było na produkcji krajowej. Przemawiają za tym zarówno aspekty ekonomiczne, jak i suwerenności kraju. Krajowy przemysł jest w stanie w stosunkowo krótkim czasie opanować produkcję miniaturowych nadajników zakłóceń. Elementami czynnymi w tych nadajnikach mogą być tranzystory lub – bardziej przyszłościowo – lampy próżniowe z emisją polową.
4. Na podstawie analizy rozwiązań światowych, badania opisów patentowych można wnioskować, że wysiłki specjalistów w dziedzinie pasywnego zakłócania w dziedzinie mikrofal koncentrują się nie tylko na opracowaniu materiałów maskujących, lecz również na obniżaniu skutecznej powierzchni odbicia obiektów. W tym celu wykorzystywane są pokrycia specjalne pochłaniające lub rozpraszające energię elektromagnetyczną oraz wszelkiego rodzaju ekrany radiolokacyjne i sztuczne urządzenia odbijające (odbijacze kątowe i dipolowe) itp. Modyfikują one natężenie sygnałów echa odbitych od maskowanych obiektów. Całkowite bowiem ukrycie obiektów wojskowych przed obserwacją radiolokacyjną jest bardzo trudne. Zadawalające wyniki maskowania można osiągnąć dopiero wówczas, gdy natężenie

sygnałów odbitych od obiektów zostanie zmniejszone setki a nawet tysiące razy. Trudność tę pogłębia fakt, że urządzenia rozpoznawcze pracują w szerokim zakresie częstotliwości i dysponują znacznym dynamicznym potencjałem wykrywania. Pasywne maskowanie jako forma zakłócania informacyjnego może okazać się bardziej skuteczne przeciwko środkom np. łączności mikrofalowej niż przeciwko stacjom radiolokacyjnym standardowo wyposażonym w urządzenia przeciwwzakłócenio-owe. Pozorowanie radiolokacyjne w wojskach lądowych powinno polegać – analogicznie jak w innych rodzajach wojsk – na wystrzeliwaniu przez specjalne wyrzutnie pocisków z dipolami zamontowanymi na środkach walki (czołgach, transporterach opancerzonych, armatach, rakietach lub na wyrzucaniu z samolotów paczek z dipolami w chwili wykrycia ich opromieniowania).

5. W odniesieniu do struktur WE współczesnych państw zachodnich można zauważyć, że w armiach NATO lądowych stacji zakłócających jest bardzo niewiele. Armie te wyposażone są głównie w urządzenia zakłócające montowane na samolotach i urządzenia ochrony indywidualnej środków walki. Skutecznym i szeroko stosowanym środkiem zakłóceń są również NZJU zrzucane bezpośrednio w sąsiedztwie zakłócającej stacji. Mogą być one przenoszone przez pociski artyleryjskie i raketowe lub zrzucane na spadochronach z samolotu. Nadajniki te pokrywają pasma częstotliwości stosowane w radiolokacji. Ich czas pracy wynosi od kilku minut do godziny. Włączają się one w momencie zrzutu lub po osiągnięciu powierzchni ziemi.
6. Wstąpienie SZ RP do Układu Północnoatlantyckiego oraz prognozowane zmiany w zakresie przyszłego środowiska walki powoduje konieczność dokonania zmian w zakresie procesu decyzyjnego, między innymi w zakłócaniu informacyjnym. Dotychczasowy system stawiania i realizacji zadań musi – z przyczyn obiektywnych – być w znacznej części zautomatyzowany, co wydaje się być warunkiem koniecznym osiągnięcia celów walki stawianych przez przełożonych. W zasadniczy sposób musi zatem ulec zmianie zarówno filozofia myślenia, jak i działania, pociągając za sobą konieczność weryfikacji procesów szkoleniowych.

5. ZESTAWIENIE EFEKTÓW POZNANIA WYNIKAJĄCYCH Z ROZWIĄZANIA PROBLEMÓW BADAWCZYCH

W wyniku przeprowadzonych badań teoretycznych uzyskano następujące efekty poznawcze:

1. Zdefiniowano podstawowe pojęcia odnoszące się do zakłócania informacyjnego, elektromagnetycznego zakłócania informacyjnego i w szczególności do mikrofalowego zakłócania informacyjnego. Precyzja pojęć stanowi podstawy do dokładnego komunikowania się i interpretowania poszczególnych znaczeń i zjawisk związanych z zakłócaniem informacyjnym w środowisku fal elektromagnetycznych. W konsekwencji umożliwiło to określenie przedmiotu i przestrzeni mikrofalowego zakłócania informacyjnego oraz określenia narzędzi niezbędnych do jego realizacji.
2. Ustalono, iż organizacja systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego w działaniach wojsk lądowych każdorazowo podporządkowana jest celom i zadaniom stojącym przed dowódcą określonego szczebla dowodzenia. Mimo że zakłócanie to może być realizowane w wielu punktach (czasowych i przestrzennych), powinno być postrzegane jako jeden obszar działania, jednolicie planowany pod kątem sposobu rozegrania walki przez dowódcę. Realizatorami zadań zakłócania informacyjnego są wszyscy uczestnicy walki zbrojnej, a ogólnie pojętym przedmiotem są procesy informacyjno - sterujące, w szczególności te elementy systemów informacyjno - sterujących, które funkcjonują w oparciu o wykorzystanie fal elektromagnetycznych zakresu mikrofalowego. Ustalono także, że zakłócanie systemu informacyjnego przeciwnika można realizować przez niszczenie jego elementów funkcjonalnych lub modyfikację zbioru danych dostępnych dla detektorów jego układów informacyjnych. Modyfikacja tego zbioru polega na „maskowaniu” wybranych danych lub tworzeniu danych odzwierciedlających sytuacje „pozorne”. Skuteczność tego zakłócania uwarunkowana jest między innymi posiadaniem wiedzy o stanie i funkcjonowaniu procesów informacyjnych przeciwnika, dysponowaniem odpowiednimi środkami rozpoznania oraz wyznaczeniem i przygotowaniem określonych organów odpowiedzialnych za przygotowanie i prowadzenie procesu zakłócania i dysponujących siłami i środkami stosownymi do zadań stawianych przed zakłócaniem mikrofalowym.

3. Ustalono, że modyfikacja zbiorów danych, dostępnych dla mikrofalowych detektorów systemów informacyjno - sterujących przeciwnika, realizowana może być przy wykorzystaniu własnych urządzeń promieniujących energię elektromagnetyczną w postaci sygnałów o formie częściowo zdeterminowanej parametrami zakłócanych detektorów (zakłócanie aktywne). Do modyfikacji zbiorów danych można również użyć echa sygnałów przeciwnika odbitego lub retransmitowanego przez rozmieszczone w przestrzeni elementy odbijające. Przyszłościową formą zakłócania informacyjnego w zakresie mikrofalowym będą elektronicznie generowane impulsy elektromagnetyczne dużej mocy, będące obok rażenia ogniowego środkiem zakłócania niszczącego. Potencjał naukowo-badawczy wielu państw pozwala na wprowadzenie do uzbrojenia broni elektromagnetycznej zdolnej do bezpośredniego i niemal natychmiastowego rażenia lub zakłócenia urządzeń systemów informacyjno -sterujących przeciwnika równie skutecznie jak środki o działaniu kinetycznym.
4. Stwierdzono, że we współczesnej walce i operacji znaczenie zakłócania mikrofalowego będzie permanentnie wzrastać, głównie ze względu na rozmach prowadzonych działań, w których dowodzenie wojskami i sterowanie środkami walki będzie odbywało się na dużych przestrzeniach, często na oddzielnych kierunkach, przede wszystkim za pomocą środków elektronicznych. Opracowywane są i wprowadzane do uzbrojenia urządzenia przeznaczone do obezwładniania naziemnych stacji radiolokacyjnych rozpoznania i kierowania ogniem oraz środków rozpoznawczych i celowników radiolokacyjnych aparatów latających a także okrętów. Mimo że w armiach państw sąsiednich zakłócanie mikrofalowe (radiolokacyjne) realizowane jest w sposób zróżnicowany zarówno w zakresie wykorzystywanych struktur organizacyjnych, jak również środków technicznych i sposobów realizacji zadań, aktualny potencjał mikrofalowego zakłócania informacyjnego w polskiej armii znacznie odbiega od światowych standardów zarówno w wymiarze ilościowym jak i jakościowym. Dotyczy to w szczególności możliwości realizacji tego zakresu zadań będących w gestii wojsk lądowych.
5. Ustalono, że rodzaj zakłócanego obiektu, jego przeznaczenie i charakterystyki sygnałowe determinują zarówno potrzebę, jak i wybór sposobu zakłócania określonego przez kryteria czasowe i energetyczne. Ustalono również, że przedsięwzięcia zakłócania mikrofalowego powinny zapobiegać lub ograniczać możliwości efektywnego wykorzystania przestrzeni mikrofalowej przez przeciwnika i poprzez to ograniczyć jego możliwości dowodzenia i wykorzystania środków walki. Z powyższych ustaleń wynika, że zakłócanie to powinno być prowadzone na wszystkich szczeblach dowodzenia i we wszystkich rodzajach działań wojsk, w stosunku do różnorodnych środków elektronicznych, w które wyposażone są wojska przeciwnika. Zasadniczymi obiektami zakłócania mikrofalowego powinny być urządzenia pracujące w zakresie mikrofalowym funkcjonujące w systemach: łączno-

ści, radionawigacyjnych, radiolokacyjnych, samonaprowadzania i radiotelesterowania. Podjęto próbę analizy celowości i możliwości zakłócania wybranych rodzajów urządzeń z uwzględnieniem szacunkowej oceny efektywności zakłócania i istotności danego urządzenia w systemie informacyjno – sterującym przeciwnika. Te dwa kryteria rozpatrywane łącznie powodują konieczność oceny wpływu stosowania zakłócania danego urządzenia na ostateczny efekt polegający na zmniejszeniu w opłacalnym stopniu zdolności wykonywania przez niego założonego zadania bojowego. Należy mieć również na uwadze, że totalne zastosowanie zakłóceń szczególnie aktywnych może być bronią obosieczną oddziałującą również na podobne wyposażenie własnych wojsk i stron niezaangażowanych w działania wojenne. W wyniku analizy, przyjmując jako kryterium celowość zakłócania, zaproponowano podział na grupy rozpatrywanych rodzajów urządzeń mikrofalowych, które mogą być wykorzystywane przez potencjalnego przeciwnika.

6. Ustalono, że organizowanie systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego bez znajomości niezbędnych ogólnych zasad wynikających z teorii organizacji i zarządzania, a mianowicie: zasad związanych z cyklem organizacyjnym, organizacją w sensie rzeczowym, atrybutowym i czynnościowym, nie będzie właściwie funkcjonowała. Wykazano, że w Wojskach Lądowych Rzeczypospolitej Polskiej funkcjonuje aktualnie szątkowy potencjał zakłócania mikrofalowego. Koniecznością jest utworzenie systemu zakłócania w zakresie mikrofalowym praktycznie od podstaw. Ustalono trzy główne zbiory wartości niezbędnych przy projektowaniu organizacji systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych:

- a) teoretyczne możliwości realizacji przedsięwzięć mikrofalowego zakłócania informacyjnego i oceny jego efektywności;
- b) doświadczenia i materialne zasoby Wojska Polskiego w zakresie mikrofalowego zakłócania informacyjnego;
- c) wymagania wynikające ze zobowiązań sojuszniczych, spodziewane oczekiwania potencjalnych użytkowników środków mikrofalowego zakłócania w świetle prognozowanych warunków prowadzenia walki w wojnach i konfliktach przyszłości.

W następstwie tych wartości ustalono podstawowe wymagania techniczne i taktyczne dla sprzętu mikrofalowego zakłócania informacyjnego, które powinny zapewnić jego skuteczne użycie na przyszłym polu walki w aspekcie wsparcia działań wojsk lądowych.

7. Współczesne zakłócanie informacyjne powinno mieć charakter wieloetapowy realizowany na różnych poziomach. W celu ograniczenia bezwładności systemu poszczególne urządzenia zakłócające winny funkcjonować również w pierwszorzutowych ZT ze szczególnym uwzględnieniem indywidualnej osłony przeciwradiolokacyjnej środków walki. Z tego też względu zaproponowano by architekturę przyszłościowego systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych tworzyły, wcześniej przygotowane do działania, następujące grupy podsystemów:

- obrony indywidualnej środków walki;
 - podsystemy szczebla taktycznego (głównie nadajniki zakłóceń jednorazowego użytku);
 - podsystemy szczebla operacyjnego.
8. W sferze wymagań technicznych odnośnie sprzętu realizującego proces zakłócania, biorąc pod uwagę wnioski wynikające z dotychczasowych doświadczeń, zaproponowano aby rozwój aktywnych urządzeń zakłóceń mikrofalowych prowadzić w trzech kierunkach:
- modułowe urządzenia zakłóceń bliskiego i średniego zasięgu przeznaczone do osłony indywidualnej środków bojowych przed atakiem środków raketowych naprowadzanych metodą aktywnej radiolokacji. Urządzenia te powinny mieć konstrukcję umożliwiającą stały albo tymczasowy montaż na środkach bojowych lub też samodzielną pracę autonomiczną w pobliżu osłanianych obiektów naziemnych i sprzętu bojowego. Modułowość budowy powinna zapewnić szybką wymianę nadajników pracujących w różnych podzakresach częstotliwości lub pracę równoległą kilku nadajników w jednej konstrukcji modułowej. Ta grupa sprzętowa powinna posiadać kilka odmian różnego przeznaczenia.
 - miniaturowe nadajniki zakłóceń bliskiego zasięgu, przeznaczone do obezwładniania pracy wielu grup naziemnych środków radiolokacyjnych. Poszczególne ich wersje powinny uwzględniać różne sposoby umieszczania w pobliżu naziemnych stacji radiolokacyjnych przeciwnika (grupy specjalne, zrzut z samolotu) z przeznaczeniem na jednorazowe użycie. Urządzenia te, w zmodernizowanej postaci, mogą być również wykorzystane do montażu na środkach bezpilotowych.
 - zestawy rozpoznawczo-zakłócające dalekiego zasięgu, przeznaczone do osłony ważnych naziemnych obiektów wojskowych i cywilnych przed rozpoznaniem radiolokacyjnym z powietrza i atakiem raketami naprowadzającymi się metodą aktywnej radiolokacji. Takimi zestawami w okresie przejściowym mogą być aktualnie będące na wyposażeniu stacje zakłóceń radiolokacyjnych.

W powyższym podsumowaniu wyeksponowano tylko zasadnicze efekty naukowego poznania, które rzutują na stopień osiągnięcia celu pracy i zakresu rozwiązania wytyczonych w aspekcie tego celu problemów badawczych. Inne rezultaty poznania, jak chociażby wyniki analizy struktury systemów informacyjno - sterujących i budowy zbiorów dostępnych dla nich danych, ogólne zasady określania efektywności zakłócania, bazy wiedzy o środkach mikrofalowych czy ogólna parametryzacja sygnałów zakłócających, są zawarte w pracy, ale potraktowano je jako uboczne efekty poznawcze i z tego też względu nie wspomina się o nich w tym miejscu.

ZAKOŃCZENIE

„Optymalizacja zdolności bojowej sił lądowych w przyszłości będzie mogła być osiągnięta przez efektywne wykorzystanie informacji, czasu, energii i środków. Precyzyjna informacja na przyszłym polu walki będzie tak ważna jak precyzyjnie wycelowana broń”¹⁹³.

Sens zawarty w słowach tego cytatu wydaje się być kwintesencją dociekań na temat modelu wojsk lądowych początku trzeciego tysiąclecia. Przyszłość zapewne przyniesie ze sobą nowe wynalazki, teorie i innowacyjne sposoby myślenia. Pewne jest jednak, że świat nie będzie ciągle oazą spokoju, że konflikty o różnej skali i stopniu nasilenia nie znikną, że siły zbrojne nie odejdą do lamusa historii. Powstaje zatem pytanie: czy tradycyjne sposoby prowadzenia walki będą wystarczające, żeby sprostać wyzwaniom przyszłości? Jeśli nie, to jak mamy się przygotować na spotkanie z nowymi warunkami pola walki w kolejnych latach XXI wieku?

Przeprowadzone badania są próbą określenia potrzeby i znaczenia mikrofalowego zakłócania informacyjnego w działaniach wojsk lądowych oraz nakreślenie ramowych wymagań jakie powinien spełniać przyszły podsystem tego rodzaju zakłócania informacyjnego.

Rozwiązywanie problemów badawczych przebiegało w okresie intensywnych zmian w wojskach lądowych SZ RP, co w znacznym stopniu utrudniało realizację zadań badawczych. Wystarczy przytoczyć fakt, że w odróżnieniu od sytuacji obecnej w momencie rozpoczęcia badań wojska lądowe posiadały organiczne siły i środki do prowadzenia zakłócania aktywnego w zakresie mikrofalowym.

Przeprowadzone w ramach przygotowania rozprawy badania ugruntowały przekonanie autora o potrzebie i aktualności ich podjęcia. Dorobek teorii zakłócania informacyjnego – jedynie o ogólnym stopniu opracowania – wymagał (choćby częściowego) uporządkowania, rozwinięcia i syntetycznego przedstawienia problemów wynikających z potrzeb uwzględnienia wymiaru informacyjnego w przyszłych działaniach wojsk lądowych.

¹⁹³ „Information and Combat Power”. Military Review, 6/1995, s.56.

Jednocześnie badania te pozwoliły uzasadnić przyjętą hipotezę roboczą. Wykazały, że przedmiot mikrofalowego zakłócania informacyjnego stanowią elementy systemów informacyjno - sterujących przeciwnika. Obecnie, kiedy zarówno w życiu cywilnym, jak i wojskowym na szeroką skalę wykorzystywane są systemy informacyjne, problematyka ta nabrała szczególnego znaczenia i wyrazistości. Potencjalnemu przeciwnikowi można zadać poważne straty bez użycia tradycyjnych sposobów walki oraz narażania własnych sił i środków. Oddziałując na systemy informacyjne, można obezwładnić czy wręcz zniszczyć środkami zakłócania nowej generacji istotne elementy systemów dowodzenia i kierowania uzbrojeniem przeciwnika.

Duża złożoność badanego systemu i wynikająca z tego interdyscyplinarność, wymagały odpowiedniego podejścia do problemów w celu uzyskania wiarygodnych wyników. Podporządkowanie badań wielkościom mierzalnym przestrzeni wielowymiarowej stanowi próbę przewyciężenia złożoności badań, wielostronnych i dynamicznie zmieniających się warunków. Takie ujęcie badanych problemów pozwoliło na sprecyzowanie wymagań stawianych przyszłej organizacji mikrofalowego zakłócania informacyjnego w wojskach lądowych. Rozwiązania te wymagają jednak szeregu prac badawczych i wdrożeniowych. Należy podkreślić, że celem rozprawy nie było stworzenie gotowych reguł (recept), lecz poszukiwanie i analiza mechanizmów sterującymi mikrofalowym zakłócaniem informacyjnym w działaniach wojsk lądowych. U podstaw zaproponowanych rozwiązań legło przekonanie, iż jedynie twórcze ich wykorzystanie pozwoli na osiągnięcie sukcesu w działaniach.

Zdaniem autora, rozprawa stanowi próbę rozwiązania tego problemu w działaniach naszych wojsk lądowych. Zawiera wyniki badań, które w większości wypadków można odnieść również do innych rodzajów wojsk. Przedstawione oceny i wnioski zawarte w poszczególnych rozdziałach są odpowiedzią na postawione problemy badawcze. Wynikają one z analizy literatury przedmiotu badań, z analizy konfliktów lokalnych ostatnich lat (wojna w rejonie Zatoki Perskiej, wojna na Półwyspie Bałkańskim, wojna w Czeczenii) oraz z analizy rozwiązań aplikacyjnych przyjmowanych w czasie ćwiczeń w AON. Na ich treść istotny wpływ wywarły również opinie uzyskane w czasie konferencji naukowych, sympozjów i szkoleń oraz oceny ekspertów.

Zakres badań i zastosowane metody badawcze pozwoliły na osiągnięcie założonego celu badań, realizację zadań badawczych o charakterze poznawczym i końcową weryfikację hipotez roboczych. Treści przedstawione w dysertacji nie stanowią jednak pełnego i wyczerpującego rozwiązania problemów zakłócania informacyjnego na przyszłym, cyfrowym polu walki. Przedstawione poglądy i rozwiązania mogą stanowić podstawę do

budowania pełniejszych koncepcji prowadzenia działań w wymiarze informacyjnym. Konieczność ta wynika zarówno z charakteru głównego problemu badawczego, który jest problemem otwartym, jak też z istnienia w jego otoczeniu wielu nie opracowanych naukowo problemów.

Przedstawiona w rozprawie koncepcja organizacji systemu mikrofalowego zakłócania informacyjnego nie pretenduje do rozwiązania optymalnego. Autor ma świadomość, że z racji szerokiego zakresu problemów badawczych, w przedstawionych wariantach organizacyjnych zastosowano niekiedy zbyt duży stopień uogólnienia. Mając jednak na uwadze ciągle ścieranie się poglądów w zakresie przyjęcia konkretnej wizji części składowych walki informacyjnej, zaprezentowane podejście być może w przyszłości będzie użyteczne.

Rozwiązywaniu problemów badawczych towarzyszyła autorowi wyjątkowo sprzyjająca atmosfera cierpliwości i zrozumienia oraz gotowości do pomocy, za którą w tym miejscu pragnę podziękować wszystkim: pracownikom Instytutu Radiolokacji WAT, Oficerom Oddziału Rozpoznania i WRE Dowództwa Wojsk Lądowych, Kolegom i Przyjaciołom z Zakładu Rozpoznania Wojskowego i Walki Radioelektronicznej, a w szczególności promotorowi **prof. dr. hab. Leopoldowi CIBOROWSKIEMU**. Bez ich pomocy praca z pewnością nie przyjęłaby takiego kształtu, jaki ma obecnie.

WYKAZ SKRÓTÓW I WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ

BAL (UAV)	- bezzałogowy aparat latający (Unmanned Aerial Vehicle)
DME	- system radiolokacyjny do pomiaru odległości obiektów, radiodalmierz (Distance - Measuring Equipment)
ECM	- przeciwdziałanie, zakłócanie elektroniczne (Electronic Counter Measures)
EM	- elektromagnetyczny
ESM	- wsparcie elektroniczne (Electronic Support Measures)
FH	- skacząca częstotliwość (Frequency Hopping)
HPM	- emiter mikrofalowy dużej mocy (High Power Microwave)
ICAO	- Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego. (International Civil Aviation Organization)
IFF	- system identyfikacji przynależności państwowej
ISU	- urządzenie eliminujące zakłócenia (Interference Suppression Unit)
LFB	- lampa z falą bieżącą
MIP	- Zakłócenia maskująco imitujące (maskirowoczo imitacyjnyje pomiechy)
NEMP	- nuklearny impuls elektromagnetyczny (Nuclear Electromagnetic Pulse)
NZJU	- nadajnik zakłóceń jednorazowego użytku
PRP	- Ruchomy Punkt Rozpoznawczy (Podwiżnoj Razwiedywatelnyj Punkt)
RFW	- broń częstotliwości radiowych (Radio Frequency Weapons)
RZRA	- radiolokacyjny zestaw rozpoznania artylerii
SAR	- radar z syntetyzowaną aperturą (Synthetic Aperture Radar)
SPO	- skuteczna powierzchnia odbicia
SRL	- stacja radiolokacyjna
SRL OB.	- stacja radiolokacyjna obserwacji bocznej
SRL ZLMW	- stacja radiolokacyjna zabezpieczenia lotów na małych wysokościach
SRL KU	- stacja radiolokacyjna kierowania uzbrojeniem
SzP	- zakłócenia szumowe (Szumowyje pomiechy)

SS	- widmo rozproszone (Spread Spectrum)
UWB	- szerokopasmowy emiter RFW (Ultra - Wide Band)
UWD	- kierowanie ruchem powietrznym (Uprawienie Wozdusznym Dwiżeniem)
WE (WRE)	- walka elektroniczna (radioelektroniczna)
ZAO	- zestaw aktywnej obrony
σ	- skuteczna powierzchnia odbicia
$\sigma_1(\Theta)$	- skuteczna powierzchnia odbicia dipola;
τ	- czas trwania impulsu stacji radiolokacyjnej;
λ	- długość fali;
Θ	- kąt pomiędzy dipolem a wektorem pola elektrycznego fali padającej.
ε, ∂	- przenikliwość elektryczna i konduktywność gruntu
$\Theta_{0,5} \Phi_{0,5}$	- szerokość charakterystyki kierunkowej stacji radiolokacyjnej w azymucie i elewacji;
E_s	- energia sygnału użytecznego.
E_z	- energia sygnału zakłócającego;
$F(\theta, \Phi)$	- funkcja opisująca znormalizowaną charakterystykę kierunkową zakłócanej stacji radiolokacyjnej;
G_s	- zysk kierunkowy anteny stacji radiolokacyjnej;
G_z	- zysk kierunkowy anteny stacji zakłócającej;
$H(X)$	- entropia zmiennej losowej
H_z	- entropia sygnału zakłócającego.
k_d	- współczynnik degradacji
L_b	- tłumienność trasy propagacji fali
Nd	- nośnik danych
P_s	- moc nadajnika stacji radiolokacyjnej (moc stacji)
P_z	- moc stacji zakłócającej
Si	- sygnał informacyjny
Źd	- źródło danych (detektor układu informacyjnego)

BIBLIOGRAFIA

I. Pozycje zwarte

1. Antczak S., A. Adamczyk, *System radiolokacyjny obrony powietrznej jako obiekt zakłóceń radioelektronicznych*, AON, Warszawa 1992
2. Arcangelis M., *Electronic Warfare*, Blandford Press, Dorset 1985.
3. Bem D. J., *Anteny i rozchodzenie się fal radiowych*, WNT, Warszawa 1973.
4. Bezoń B., Janczak J., Scheffs W.; *Walka elektroniczna w działaniach taktycznych wojsk lądowych*, AON, Warszawa 1999.
5. Bojarski R. *Operacja obronna*, wyd. AON, Warszawa 1999.
6. Ciborowski L., B. Bezoń, A. Nowak, *Korelacja przestrzeni rozpoznania, zakłócania i obrony informacyjnej*, AON, Warszawa 2001
7. Ciborowski L., *Walka informacyjna*, Europejskie Centrum Edukacyjne, Toruń 1999
8. Ciborowski, L. *Przestrzeń walki informacyjnej*, Warszawa 1997 r
9. Czekala Z.: *Parada radarów*, Bellona, Warszawa 1999.
10. *Encyklopedia techniki wojskowej*, MON, Warszawa 1987 r
11. Flanek Cz., *Elementy teorii podejmowania decyzji*, CSOP, Koszalin 2000.
12. Garstka J., *Prognoza rozwoju amunicji inteligentnej*, Myśl Wojskowa 5/92
13. Groszek, *Rozpoznanie w systemie obrony powietrznej RP*, AON, Warszawa 1995.
14. J. Hollis, L. West, *Walka w terenie trudno dostępnym*, Armed Forces Journal International 1988.
15. Huzarski M.: *Zagadnienia taktyki wojsk lądowych*, Adam Marszałek, Toruń 1999.
16. *Informator o uzbrojeniu sił lądowych państw sąsiadujących z polską*, Szt. Gen. Biuro studiów i analiz WSI, Warszawa 1995.
17. Janczak J., B. Bezoń, *Zakłócanie informacyjne w operacjach wojsk lądowych*, AON, Warszawa 2001.
18. Janczak J., *Obrona informacyjna*, Rozprawa habilitacyjna, AON, Warszawa 2002.
19. Janczak J., *Walka elektroniczna w działaniach wojsk lądowych*, AON, Warszawa 1999
20. Janczak J., *Walka radioelektroniczna w działaniach operacyjnych wojsk lądowych*, AON, Warszawa 1998.
21. Janczak J., Bezoń B., Nowacki G., Scheffs W., *Systemy elektroniczne przeznaczenia operacyjnego państw obcych*, AON, Warszawa 1998.
22. Jane's Information Group, *Radar and Electronic Warfare Systems 1999-2000*, An International Thomson Publishing Company, Sentinel House Coulsdon, Surrey CR5 2NH.
23. Kaczyński R., Mroczek S., Sanecki J.: *Rozpoznanie obrazowe*, MON, Warszawa 1982.

24. Kaku M., *Wizje czyli jak nauka zmieni świat w XXI wieku*, Warszawa, Prószyński i S-ka 2000
25. *Kompendium zasadniczego sprzętu WRE SZ RP*, Szt. Gen. WP, Warszawa 1998.
26. Kopaliński W., *Słownik wyrazów obcych i zwrotów obcojęzycznych*, Wyd. Świat Książki, Warszawa 2000
27. Koziej, *Teoria sztuki wojennej*, wyd. AON, Warszawa 1993.
28. Krajewski W., *Prawa nauki*, KiW, Warszawa 1982.
29. Krauze M., Szulc B. pr. zb.: *Sztuka wojenna, konteksty teoretyczne i praktyczne*, Adam Marszałek, Toruń 2000.
30. Krzyżanowski L., *Podstawy nauki zarządzania*, PWN, Warszawa 1985
31. Kuriata R., Dobroń d.: *Obrona przeciwlotnicza Rosji, Białorusi, Ukrainy i Niemiec*, AON, Warszawa 1998.
32. Lasswell J., *Wall to Wall. Sea dragon's Next Phase Explores Urban Warfighting Tactics For 21st Century*, Armed Forces Journal International January 1998 (USA)
33. Le Châtelier H. L.: *Filozofia systemu Taylora*, Warszawa 1926 r
34. Magnucki Z., Scheffs W.; *Charakterystyka struktur organizacyjnych i środków WRE w wybranych państwach*, AON, Warszawa 1996.
35. *Mały ilustrowany leksykon techniczny*, Wydawnictwa Naukowo - Techniczne, Warszawa 1983 r
36. *Mały słownik cybernetyczny*, wyd. Wiedza Powszechna Warszawa 1973 r., s.251.
37. *Mały słownik matematyczny*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1974
38. Marciszewski W., *Metody analizy tekstu naukowego*, PWN Warszawa 1977.
39. Matuszewski J., *Charakterystyka współczesnych radarów i metod przetwarzania informacji dla potrzeb systemu rozpoznania ELINT*, WAT, Warszawa 1996.
40. Matuszewski J., *Metody obliczania skuteczności zakłóceń sygnałów radiolokacyjnych*, Warszawa 1998.
41. *Metodyka obliczania efektywności zakłóceń radiolokacyjnych*, Warszawa 1998.
42. Mordarski Z., *Kierunki rozwoju obezwładniania radioelektronicznego w siłach powietrznych RP*, AON, Warszawa 1997.
43. *Military Parad*, Katalog, Moskwa 2001.
44. Nowacki G., *Rozpoznanie satelitarne na tle ogólnej klasyfikacji rozpoznania*, AON, Warszawa 2002.
45. Nowacki G., Scheffs W.: *Elektroniczne przygotowanie pola walki*, AON, Warszawa 1998.
46. Nowacki G., *Walka informacyjna - próba kategoryzacji*, rozprawa doktorska, Warszawa 1999 r
47. *Organizacja i prowadzenie rozpoznania radioelektronicznego (pułk-batalion-rozpoznania radioelektronicznego)*, Podręcznik, Szt. Gen. Zarząd II, Warszawa 1979.
48. Paradowski L.: *Estymacja miejsca położenia na podstawie danych z wielopozycyjnych systemów radiotechnicznych*, WAT, Warszawa 1990.
49. Paradowski L., Szutkowski F.: *Problemy rozpoznania i przeciwdziałania radioelektronicznego*, WAT, Warszawa 1986.
50. Piekarski H., *Walka radioelektroniczna*, MON, Warszawa 1980.
51. *Poradnik oficera rozpoznania radioelektronicznego*, WOPK, Warszawa 1990.
52. R. Wróblewski, *Taktyka ogólna jako dyscyplina naukowa*, rozprawa habilitacyjna, WAP, Warszawa 1987
53. *Regulamin działań wojsk lądowych*, DWŁąd, Warszawa 1999
54. S. Wakin, L. Szustow, *Zasady przeciwdziałania radioelektronicznego*, wyd. MON, Warszawa 1972.
55. Scheffs W., G. Nowacki, W. Błażejczyk, *Radiolokacja w wojskach lądowych wschodnich sąsiadów Rzeczypospolitej Polskiej*, AON, Warszawa 2002
56. Scheffs W., *Pasywne rozpoznanie radiolokacyjne*, rozprawa doktorska, AON 2001.

57. Scheffs W.: *Przeznaczenie i charakterystyka systemów i środków radiolokacyjnych w ugrupowaniu bojowym na podstawie sił zbrojnych Niemiec*, AON, Warszawa 1994.
58. Sienkiewicz P.: *Inżynieria systemów*, BWW MON, Warszawa 1983.
59. Sikorski K., *Doskonalenie obrony radioelektronicznej DZ w obronie w początkowym okresie wojny*. Rozprawa doktorska, AON, Warszawa 1989.
60. Skwarek Z. *Powietrzne systemy wczesnego wykrywania i powiadamiania*, AON, Warszawa 2002.
61. Ścibiorek Z.: *Wojna czy pokój*, Ossolineum, Wrocław 1999.
62. Ślemp Wł., W. Kawka, *Informator sprzętu inżynierskiego wojsk własnych*, AON, Warszawa 1999.
63. Świątnicki W. i Z.: *Bronie inteligentne*, Bellona, Warszawa 1992.
64. Toffler A. i H.: *Wojna i antywojna, Jak przetrwać na progu XXI wieku*, MUZA S.A., Warszawa 1997.
65. Toffler A.: *Trzecia fala*, PIW, Warszawa 1986.
66. *Użycie wojsk raketowych i artylerii w operacji i walce*, AON, Warszawa 1995
67. *Walka radioelektroniczna*, Podręcznik, pr. zb., AON, Warszawa 1997.
68. *Wojna elektroniczna według poglądów państw NATO*, Szt. Gen. WP, Warszawa 1989.
69. *Zasady przygotowania i prowadzenia walki radioelektronicznej przez Siły Zbrojne RP*, Zarząd rozpoznania i WRE Szt. Gen, Warszawa 1995.
70. Zieliński J.: *Zadania wojsk lądowych w aspekcie zagrożeń militarnych i niemilitarnych* Praca naukowo-badawcza pk. „Zagrożenie”, AON, Warszawa 2000.
71. Ziemiński Z., *Logika praktyczna*, PWN, Warszawa 1990;

II. Artykuły i publikacje z konferencji naukowych

1. Adamowicz S., *Kierunki doskonalenia metod zwalczania artylerii w operacji obronnej*, Artyleria w operacji i w walce, WSO im. Gen.J. Bema, Toruń 1995 nr2
2. Bem D. J., *Impulsowe narażenia elektromagnetyczne*, Krajowe Sympozjum Telekomunikacji, Bydgoszcz 1993,
3. Brener T., Komorniczak W., Pietrański J., Pikielny J.: *Istota oraz właściwości radaru wielofunkcyjnego*, [w:] „Materiały z IX Konferencji Naukowej. Sterownie i regulacja w radiolokacji i obiektach latających”, Jelenia Góra 1998.
4. Bujak, *Środowisko walki jako determinant działań bojowych*, ZN AON, 4/2000.
5. Cichosz J., "Celowość i możliwości wyposażenia sił zbrojnych RP w bezzałogowe aparaty rozpoznawcze", *Myśl Wojskowa* 2/2002.
6. Grabau R.: *Sześć wymiarów wojny – walka o spektrum elektromagnetyczne*, [w:] WPZ nr 3(175)87.
7. Hollis J. i L. West, *Walka w terenie trudno dostępnym*, Armed Forces Journal International 1988 (USA)
8. „Information and Combat Power”. *Military Review*, 6/1995.
9. *Key Position, Navigation Signal Demands Jamming Suppression*, w: „Signal”, August 1996.
10. Lasswell J., *Wall to Wall. Sea dragon's Next Phase Explores Urban Warfighting Tactics For 21st Century*, Armed Forces Journal International January 1998 (USA)
11. Latos L., *Wybrane problemy odporności systemów szerokopasmowych FH na zakłócenie, wykrywanie i namierzanie*, Materiały z konferencji.
12. Matuszewski J., *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.

13. Pindral M., *Analiza jakości sprzętu technicznego w siłach zbrojnych wybranych państw*, Myśl wojskowa 2/2002.
14. *Poglądy rosyjskich specjalistów na przyszłą wojnę*, artykuł w: Military Review 7/94
15. *Uchwała XXXII Konferencji Naukowo – Technicznej Radiolokacji n.t. „Kierunki rozwoju polskiej radiolokacji w powiązaniu z wymogami NATO*, Jelenia Góra 2000.
16. Wojtasik W., L. Szugajew, *Szerokopasmowe źródło szumów dużej mocy na pasmo L*, Materiały z XI Konferencji Naukowej. Sterownie i regulacja w radiolokacji i obiektach latających”, Jelenia Góra 2000.
17. M. Zieliński, *Porównanie systemów biernej obrony przeciwrakietowej będących na uzbrojeniu Marynarki Wojennej RP*, w materiałach I konferencji naukowo technicznej „Systemy Rozpoznania i WRE, wyd. WAT, Żegiestów 1995,