

Grey Scale #13



DANES
-PICTA
COM

A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19



AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH

Do użytku służbowego

Egz. Nr 2

Józef JANCZAK

WALKA RADIOELEKTRONICZNA W DZIAŁANIACH WOJSK LĄDOWYCH

Praca naukowo-badawcza pk. „ELEKTRON 1”

~~Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej~~

~~S/3882~~



05-003882-002-0

WARSZAWA

68901



JANCZAK

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH



Do użytku służbowego

Egz. nr 2.....

Józef JANCZAK

WALKA RADIOELEKTRONICZNA W DZIAŁANIACH WOJSK LĄDOWYCH

Praca naukowo-badawcza pk. „ELEKTRON 1”



WARSZAWA

1998



SPIS TREŚCI

WSTĘP - METODOLOGICZNE PODSTAWY BADAŃ	5
1. Uzasadnienie wyboru i konieczności rozwiązania problemu naukowego	5
2. Cel badawczy oraz problemy badawcze	7
3. Hipotezy robocze	8
4. Obszar badań	8
5. Metody badań	9
6. Przebieg badań	11
1. POGLĄDY NA WALKĘ RADIOELEKTRONICZNĄ W DZIAŁANIACH WOJSK LĄDOWYCH WYBRANYCH PAŃSTW OBCYCH	13
2. WALKA ELEKTRONICZNA W WOJSKACH LĄDOWYCH	23
2.1. Istota walki elektronicznej	23
2.2. Podstawowe cechy WE	29
2.3. Ogólne zasady organizacji WE w wojskach lądowych	37
2.4. Wnioski	39
3. ROZPOZNANIE ELEKTRONICZNE	41
3.1. Istota rozpoznania elektronicznego	41
3.2. Analiza sposobów zdobywania wiadomości rozpoznawczych	48
3.3. Wybrane kryteria i wskaźniki efektywności rozpoznania elektronicznego	62
3.4. Wnioski	73
4. PRZECIWDZIAŁANIE ELEKTRONICZNE	74
4.1. Istota przeciwdziałania elektronicznego	74
4.2. Zakłócanie elektroniczne	77
4.3. Dywersja elektroniczna	85
4.4. Niszczenie energią elektromagnetyczną (neutralizacja)	89
4.5. Wybrane wskaźniki skuteczności i efektywności przeciwdziałania elektronicznego	90
4.5.1. Czynniki determinujące skuteczność zakłóceń radiowych	90
4.5.2. Czynniki determinujące skuteczność zakłóceń radiolokacyjnych	95
4.5.3. Czynniki determinujące skuteczność zakłóceń środków i systemów radionawigacyjnych	99
4.5.4. Sposoby oceny pasywnych zakłóceń elektronicznych	100
4.5.5. Wybrane problemy efektywności przeciwdziałania elektronicznego	105
4.6. Wnioski	106
5. OBRONA ELEKTRONICZNA	108
5.1. Istota obrony elektronicznej	108
5.2. Obrona przed rozpoznaniem elektronicznym	110

5.3. Obrona przed obez władnaniem elektronicznym	123
5.4. Obrona przed niszczeniem ogniowym bronią naprowadzającą się na źródła EM	129
5.5. Zabezpieczenie przed niekompatybilnością elektromagnetyczną	132
5.6. Kontrola elektroniczna	138
5.7. Wnioski	140
6. PROWADZENIE WALKI ELEKTRONICZNEJ W WOJSKACH LĄDOWYCH	141
6.1. Cel WE w działaniach operacyjnych i taktycznych wojsk lądowych	141
6.2. Zadania WE w działaniach operacyjnych i taktycznych wojsk lądowych	145
6.3. Ugrupowanie bojowe środków walki elektronicznej w działaniach operacyjnych (taktycznych) wojsk lądowych	149
6.4. Prowadzenie działań bojowych przez siły i środki walki elektronicznej wojsk lądowych	157
6.5. Koordynacja działań w prowadzeniu walki elektronicznej	166
6.6. Wnioski	167
ZAKOŃCZENIE - KIERUNKI ZMIAN W WALCE ELEKTRONICZNEJ	169
BIBLIOGRAFIA	176

WSTĘP - METODOLOGICZNE PODSTAWY BADAŃ

1. Uzasadnienie wyboru i konieczności rozwiązania problemu naukowego

Wraz z użyciem środków radiowych do celów wojskowych rozpoczęła się również walka w przestrzeni elektromagnetycznej o zdobycie informacji przekazywanych tą drogą. Podczas drugiej wojny światowej walczące strony, intensywnie prowadząc "nasłuch radiowy", dążyły zarówno do przechwytywania treści informacji zawartej w energii elektromagnetycznej emitowanej przez nadajniki radiowe przeciwnika jak również, w niektórych sytuacjach, uniemożliwiała jej odbiór stosując zakłócenia radiowe. Początkowo wykorzystywano do tego celu „normalne” radiostacje. Np. piloci angielscy podczas działań w północnej Afryce skutecznie zakłócali łączność radiową lotnictwa wojsk hitlerowskich szumami pochodzącymi od pracujących silników samolotów. W tym celu umieszczali w ich pobliżu mikrofony radiostacji pokładowych.

W szerokim zakresie specjalistyczny sprzęt rozpoznania i zakłóceń radiowych zaczęto stosować po II wojnie światowej. Odtąd, a szczególnie od końca lat sześćdziesiątych ww. środki miały poważny wpływ, a nawet zaczęły decydować o przebiegu wojen i konfliktów lokalnych. W ślad za tym wykształcił się nowy rodzaj działań, walka radioelektroniczna, a w wyniku tego powstał nowy obszar konfrontacji - przestrzeń elektromagnetyczna, gdyż we wszystkich rodzajach współczesnych sił zbrojnych są masowo wykorzystywane środki i urządzenia elektroniczne.

Środki te wykorzystywane są kompleksowo w różnych systemach elektronicznych, zorganizowanych do kierowania siłami zbrojnymi (dowodzenia), zarządzania i kierowania działalnością społeczeństwa na obszarze kraju, rozpoznania we wszystkich obszarach walki, kierowania i sterowania uzbrojeniem, zwłaszcza środkami rażenia. Ogólna liczba tych środków ciągle wzrasta, a równocześnie stają się one komponentami prawie wszystkich podstawowych środków walki decydując o ich wartości technicznej i zdolności bojowej. Jako przykład może posłużyć współczesny samolot, gdzie 60 % jego wartości stanowi

technika elektroniczna, start, lot, wykonanie zadania i lądowanie nie byłoby możliwe bez sprawnego funkcjonowania naziemnych i pokładowych systemów radioelektronicznych. Nic więc dziwnego, że udział techniki elektronicznej w ogólnych kosztach uzbrojenia stale wzrasta, a nowoczesność tego uzbrojenia jest mierzona m.in. nowoczesnością techniki radioelektronicznej. Skalę tego zjawiska można ocenić, przedstawiając procentowy udział tej techniki w ogólnych kosztach: w czołgu od 40 do 50 %, w samolocie od 50 do 70 %, w broni rakietowej około 70 %, w systemach rozpoznawczo-uderzeniowych wartość ta dochodzi nawet do 90 %.

Współczesne pole walki imponuje dużą liczbą środków elektronicznych. Każdy środek walki lub żołnierz ma co najmniej 1-2 środki łączności. W związku operacyjnym jest np.: kilkaset środków radiolokacyjnych, do stu i więcej bogato wyposażonych węzłów łączności oraz wiele innego rodzaju nadawczych i odbiorczych urządzeń elektronicznych. Masowość ta wpływa na charakter i właściwości prowadzenia działań zbrojnych, a możliwość wykorzystania widma fal elektromagnetycznych staje się "dobrem szczególnym".

Organizując i prowadząc działania zbrojne należy zdawać sobie sprawę z tego, że istnieje możliwość dezorganizowania normalnego funkcjonowania, każdego czynnego systemu elektronicznego oraz wszystkich systemów razem. Ze względu na masowość wykorzystania techniki elektronicznej i ograniczoności obszaru elektromagnetycznego może to mieć zasadniczy wpływ na przebieg i rezultaty prowadzonych działań zbrojnych. Zwłaszcza, że doświadczenia z minionych konfliktów zbrojnych i wojen lokalnych dowodzą, że uderzenia ogniowe z reguły poprzedzane były masowym użyciem środków rozpoznania elektronicznego i zakłóceń, które niekiedy przyjmowało formę *natarcia elektronicznego*. Uwarunkowania te, charakteryzują współczesne zbrojne działania wojenne.

Kierując się tymi przesłankami i potrzebami, a także w związku z zachodzącymi w ostatnim czasie zmianami technicznymi i organizacyjnymi w SZ RP w aspekcie zapewnienia interoperacyjności z Sojuszem NATO, autor podjął się próby przedstawienia tej problematyki, uwzględniającej stronę opera-

cyjno-taktyczną, organizacyjną, a także częściowo techniczną.

2. Cel badawczy oraz problemy badawcze

Podstawowym celem pracy naukowo-badawczej jest *wypracowanie teorii walki elektronicznej* w aspekcie zapewnienia interoperacyjności SZ RP z Sojuszem NATO.

Kolejnym celem, wynikającym bezpośrednio z celu podstawowego jest przedstawienie kierunków rozwoju elementów składowych walki elektronicznej w świetle zadań realizowanych w tym zakresie przez wojska lądowe.

Realizacja celów pracy naukowo-badawczej wymaga rozwiązania następujących ***głównych problemów badawczych***:

1. Jaką przyjąć metodologię badań?
2. Jakie poglądy na prowadzenie walki elektronicznej obowiązują w najbardziej reprezentatywnych armiach świata?
3. Na czym powinna polegać istota walki elektronicznej w działaniach wojsk lądowych SZ RP?
4. Jakie powinny być operacyjno-taktyczne aspekty rozpoznania elektronicznego?
5. Jakie powinny być operacyjno-taktyczne aspekty przeciwdziałania elektronicznego?
6. Jakie powinny być właściwości obrony elektronicznej w działaniach operacyjnych i taktycznych wojsk lądowych?
7. Na czym powinno polegać prowadzenie walki elektronicznej w działaniach wojsk lądowych?
8. Jakie są kierunki rozwoju elementów składowych walki elektronicznej w wojskach lądowych?

Autor uznał, że rozwiązanie przedstawionych problemów badawczych będzie możliwe na drodze opracowania ***problemów szczegółowych***, które stanowią podrozdziały opracowania i zostały wyszczególnione w spisie treści.

3. Hipotezy robocze

W wyniku określenia celów pracy naukowo-badawczej i sformułowania problemów badawczych autor sprecyzował następujące *hipotezy robocze*:

1. Współczesne siły zbrojne wielu państw w ramach wzmacniania potencjałów bojowych wprowadzają do wyposażenia wojsk - na coraz szerszą skalę - wyspecjalizowane siły i środki walki elektronicznej, zaś samą walkę elektroniczną traktują jako jeden z ważniejszych komponentów walki zbrojnej.
2. Wielu współczesnych strategów reprezentuje pogląd, iż dezorganizując pracę systemów elektronicznych, zapewniających dowodzenie wojskami i kierowanie środkami walki, stanowi ona, czwarty obszar (wymiar) konfrontacji - przestrzeń elektromagnetyczną [5].
3. Zachodzi pilna potrzeba wypracowanie teorii walki elektronicznej w aspekcie zapewnienia interoperacyjności SZ RP z Sojuszem NATO.
4. Wypracowana teoria walki elektronicznej powinna być przydatna w procesie kształcenia studentów i kursantów w AON oraz w sztabach i wojskach pionu rozpoznania i WRE.

Tak sformułowane hipotezy określiły zasadniczy kierunek badań, który autor przyjął podczas realizacji pracy naukowo-badawczej.

4. Obszar badań

Przedmiotem badań jest walka elektroniczna w działaniach wojsk lądowych w nowych uwarunkowaniach oraz jej bliższe i dalsze otoczenie systemowe. Określenie takie zawiera jednak w sobie duży pierwiastek uogólnienia. Badania były prowadzone bowiem w kilku płaszczyznach, które można opisać jako:

1. Identyfikacja dostępnych metod badawczych i dającego się zastosować aparatu matematycznego.
2. Walka elektroniczna w działaniach operacyjnych i taktycznych jako proces informacyjny, którego celem jest zdobywanie, gromadzenie, przetwarzanie i wymiana informacji z innymi komórkami sztabu DWL, ZO, ZT o siłach i środkach elektronicznych potencjalnego przeciwnika.

3. Walka elektroniczna w działaniach operacyjnych i taktycznych jako proces decyzyjny, którego celem jest ocena sytuacji oraz podjęcie decyzji umożliwiających dezorganizowanie pracy systemów elektronicznych potencjalnego przeciwnika.

W toku badań analizowano materiały teoretyczne dotyczące zarówno poglądów na prowadzenie walki elektronicznej w siłach zbrojnych najbardziej reprezentatywnych państw jak również dotychczasowe dokumenty normatywne obowiązujące w SZ RP. Ponadto analizowano metody i możliwości obrony elektronicznej ZO, ZT przed destrukcyjnym oddziaływaniem elektronicznym. W badaniach posiłkowano się metodami teorii projektowania systemów wspomagania podejmowania decyzji, inżynierii systemów oraz badań operacyjnych, zwłaszcza optymalizacji.

5. Metody badań

Podstawową metodą, jaką zastosowano w badaniach, jest analiza systemowa. W opracowaniu przedstawiono efekty wielokrotnych iteracji kolejnych jej faz:

- fazy sformułowania problemu badawczego, która w wyniku rozpoznania sytuacji problemowej doprowadziła do wyznaczenia celów i hipotez badawczych,
- fazy badania otoczenia sytuacji problemowej, w wyniku której opracowano listę wariantów rozwiązania problemu badawczego i podjęto decyzję o ostatecznym układzie pracy naukowo-badawczej,
- fazy modelowania, w której wykorzystano metody projektowania systemów wspomagania podejmowania decyzji,
- fazy interpretacji (oceny) zgodności modelu z rzeczywistością.

Wybór analizy systemowej jako *podstawowej metody badawczej* uzasadnia się przede wszystkim dwoma następującymi czynnikami:

- pozwala ona wykorzystać dorobek różnych dyscyplin nauki w takim zakresie, w jakim jest on potrzebny do realizacji celów badawczych,

- umożliwiła rozwinięcie metod projektowania właściwych dla procesów informacyjno-decyzyjnych.

W procesie identyfikacji obszaru badań wykorzystano przede wszystkim *metody empiryczne*: analizę literatury naukowej, analizę dokumentów walki radioelektronicznej, obserwację czynną i bierną.

Źródłem faktów były prace naukowe i naukowo-badawcze, podręczniki akademickie, materiały studyjne i kompendia opracowane w Akademii Obrony Narodowej.

Z literatury ogólnowojskowej i specjalistycznej wykorzystano głównie: regulamin walki, instrukcje eksploatacyjno-techniczne sprzętu, zbiory norm taktyczno-technicznych i inne dokumenty Szt. Gen. WP. Ponadto wykorzystano dokumenty, materiały i opracowania z ćwiczeń Szt. Gen. WP oraz AON w latach 1996-98.

Obserwacje bezpośrednie i twórcze objęły analizę procesów decyzyjnych i informacyjnych zachodzących w Oddziałach Rozpoznania i WRE: DWL, WOW, w pułku radioelektronicznym CD. oraz w pułku radioelektronicznym podległym DWL. Ponadto przeprowadzono analizę pracy planistycznej ww. komórek sztabowych w trakcie ćwiczeń sztabowych i polowych.

Metody, którymi posłużono się w procesie identyfikacji umożliwiły zbadać:

- struktur organizacyjnych ww. komórek i jednostek wojskowych.
- struktur systemów informacyjnych jednostek radioelektronicznych oraz określenie wejść i wyjść informacyjnych dla systemu, sposobów, środków i form przetwarzania informacji,
- procesu decyzyjnego zachodzącego podczas prowadzenia walki radioelektronicznej przez ww. jednostki wojskowe.

We wszystkich etapach badań stosowano *metody teoretyczne*: syntezę, abstrahowanie, porównanie i analogię.

Wielokrotnie porównywano ze sobą różne procesy zachodzące podczas ćwiczeń organów sztabowych rozpoznania i WRE oraz pracy bojowej jednostek radioelektronicznych. Często prowadziło to do wykorzystywania podobnych al-

gorytmów w różnych etapach pracy naukowo-badawczej.

Abstrahowanie okazało się metodą konieczną, gdyż w grę wchodzi system złożony. Nie wszystkie cechy procesów można zbadać, gdyż zadanie to przekracza obecne możliwości zespołu badawczego.

Do oceny skuteczności rozpoznania oraz przeciwdziałania elektronicznego wykorzystano *wybrane metody matematyczne*, które zamieszczono w pracy do praktycznego wykorzystania w postaci wyrażeń algebraicznych lub algorytmów postępowania.

6. Przebieg badań

Początkowa faza badań obejmowała następujące kroki:

- uświadomienie sytuacji problemowej,
- sformułowanie celu badań,
- sformułowanie problemów badawczych,
- sformułowanie hipotez roboczych.

Analiza sytuacji problemowej oraz konstatacja celów badań pozwoliła na sformułowanie podstaw metodologicznych pracy oraz scenariusza badań. Scenariusz badań został opracowany w oparciu o metody projektowania systemów wspomagania podejmowania decyzji.

Pierwszy etap badań obejmował analizę poglądów na prowadzenie walki elektronicznej przez SZ Rosji, USA i Niemiec. Wnioski z przeprowadzonych rozważań i analiz zamieszczone zostały w końcowej części rozdziału pierwszego.

W drugim etapie badań dokonano analizy dotychczasowych poglądów na prowadzenie WRE przez SZ RP. Przystudiowano również dostępne materiały źródłowe obowiązujące w NATO. Propozycje i sugestie autora dotyczące istoty walki elektronicznej w aspekcie zapewnienia interoperacyjności z NATO przedstawione zostały w rozdziale drugim.

W trzecim etapie badań dokonano analizy dotychczasowych poglądów na prowadzenie rozpoznania radioelektronicznego przez SZ RP. Przystudiowano również dostępne materiały źródłowe obowiązujące w NATO. Propozycje i su-

gestie autora dotyczące operacyjno-taktycznych aspektów rozpoznania elektro-
nicznego w kontekście integracji z NATO przedstawione zostały w rozdziale
trzecim.

W czwartym etapie badań dokonano analizy dotychczasowych poglądów
na prowadzenie obezwładniania radioelektronicznego przez SZ RP. Przystudio-
wano również dostępne materiały źródłowe obowiązujące w NATO. Propozycje
i sugestie autora dotyczące operacyjno-taktycznych aspektów przeciwdziałania
elektronicznego w kontekście integracji z NATO przedstawione zostały w roz-
dziale czwartym.

W piątym etapie badań dokonano analizy dotychczasowych poglądów na
prowadzenie obrony radioelektronicznej przez SZ RP. Propozycje i sugestie
autora dotyczące właściwości obrony elektronicznej oraz sposobów jej prowa-
dzenia w działaniach operacyjnych i taktycznych przedstawione zostały w roz-
dziale piątym.

W szóstym etapie badań dokonano oceny dotychczasowych zasad pro-
wadzenia WRE przez SZ RP. Przystudowano również dostępne materiały źró-
dłowe obowiązujące w NATO. Propozycje i sugestie autora dotyczące prowa-
dzenia walki elektronicznej w działaniach operacyjnych i taktycznych wojsk lą-
dowych przedstawione zostały w rozdziale szóstym.

W końcowym etapie badań określono - na bazie tendencji rozwojowych
współczesnych środków elektronicznych - możliwe kierunki rozwoju walki
elektronicznej w wojskach lądowych. Wnioski i propozycje autora w tym
zakresie przedstawione zostały w zakończeniu.

1. POGLĄDY NA WALKĘ RADIOELEKTRONICZNĄ W DZIAŁANIACH WOJSK LĄDOWYCH WYBRANYCH PAŃSTW OBCYCH

Wraz z rozwojem nowoczesnych środków walki trwa rozbudowa i unowocześnianie systemów walki radioelektronicznej (elektronicznej) w wielu państwach. Ustalenia INF¹ nie limitują środków radioelektronicznych (w tym WRE) i dlatego też szereg państw, ograniczając potencjał ogniowy, wzmacnia swój potencjał ogólny, poprzez udoskonalenie i zwiększenie ilości środków WRE. Opracowuje się także nową taktykę użycia ich na polu walki oraz sprawdza się - fragmentarycznie lub kompleksowo - ich możliwości w różnych konfliktach lokalnych. Walka radioelektroniczna jest ważnym elementem współczesnego pola walki, a siły i środki wchodzące w ich skład są częścią składową wojsk prowadzących zbrojne działania wojenne. Wielu współczesnych strategów reprezentuje nawet pogląd, iż dezorganizując pracę systemów dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki stanowi ona, czwarty obszar (wymiar) konfrontacji - przestrzeń elektromagnetyczną.

Uważa się, że podstawowym celem WRE jest dezorganizacja pracy środków radioelektronicznych strony przeciwnej. Zważywszy, że w wojskach dokonuje się powszechna elektronizacja zarówno techniki pola walki, jak i środków dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki, rola sił i środków WRE, zdolnych ograniczyć możliwości lub wyeliminować działanie elektroniki na polu walki systematycznie wzrasta.

W wysoko rozwiniętych państwach specjaliści uważają, że siły i środki WRE mogą się stać siłą rozstrzygającą przy względnie zrównoważonym technicznie potencjale wojennym. Prowadzi to do systematycznego zwiększenia nakładów na badania, rozwój i opracowywanie nowych sposobów użycia tych środków. Główne zainteresowania ukierunkowane są na rozwój *ofensywnych środków WRE* tj. urządzeń rozpoznania radioelektronicznego i zakłóceń, broni cząstek elementarnych, bezpilotowych samolotów WRE, pocisków kierowanych itp.

¹ INF- traktat o redukcji uzbrojenia konwencjonalnego w Europie.

Stosownie do potrzeb oraz możliwości finansowo-technicznych, państwa w różny sposób rozwijają swoje możliwości w obszarze WRE. Tylko te, które mają silnie rozwiniętą gospodarkę i naukę, dysponują własnymi strukturami i techniką rozpoznania i WRE oraz świadomie, zgodnie z własnymi potrzebami rozbudowują potencjał w tym zakresie. Pozostałe państwa, wzorują się na rozwiązaniach już sprawdzonych u tych pierwszych, i u nich zwykle kupują bardzo kosztowny i technologicznie złożony sprzęt techniczny. Jest to rozwiązanie racjonalne zwłaszcza w sytuacji, gdy mają niewielkie ilościowo potrzeby tego sprzętu.

Organy kierowania rozpoznaniem i WRE oraz organizacja sił i środków rozpoznania i WRE wynikają z potrzeb sił zbrojnych oraz tradycji każdego państwa. Spośród państw obcych największe nasycenie środkami walki radioelektronicznej obserwuje się w siłach zbrojnych Rosji i Ukrainy oraz Stanów Zjednoczonych i Niemiec.

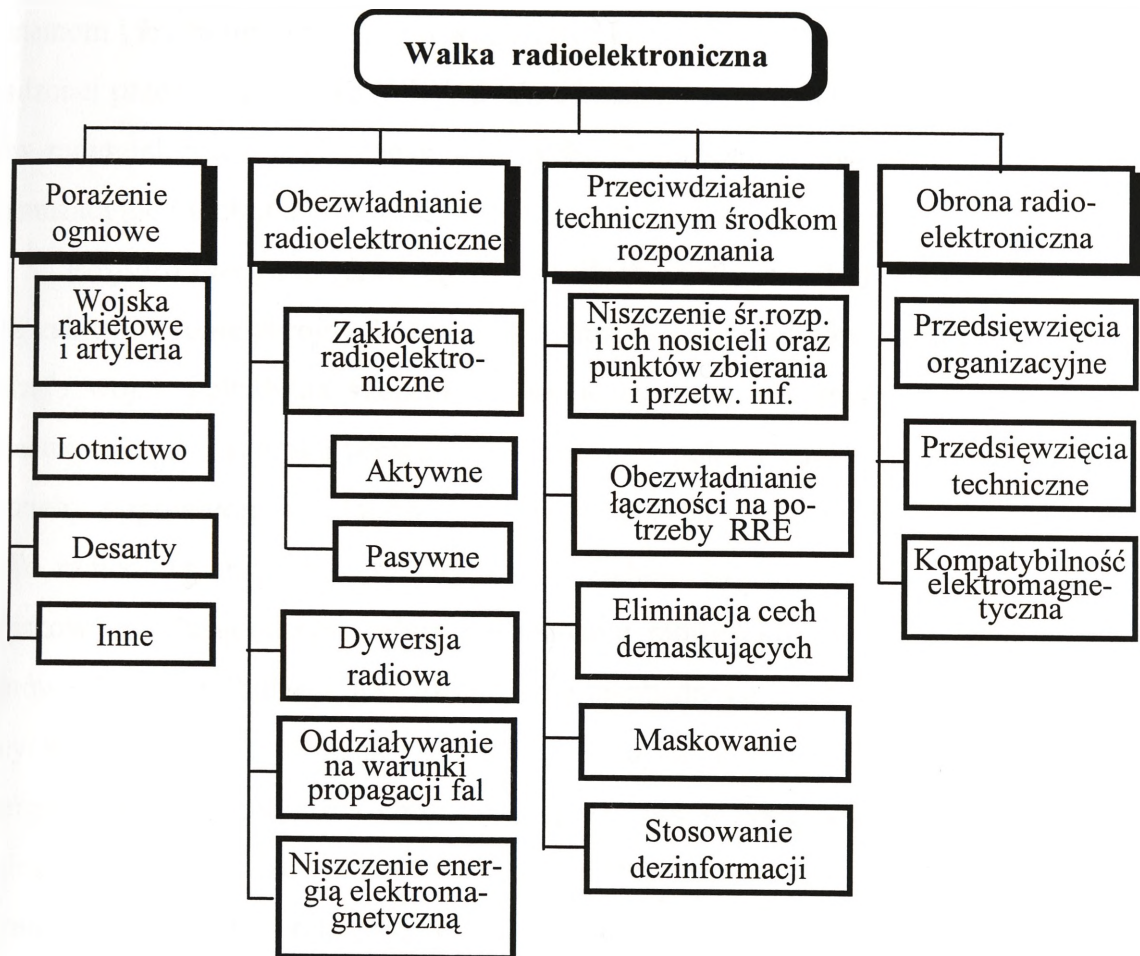
W siłach zbrojnych Rosji walka radioelektroniczna jest jednym z rodzajów zabezpieczenia zbrojnych działań wojennych, a jej przedsięwzięcia realizowane są przez wszystkie rodzaje wojsk i służb na szczeblu strategicznym, operacyjnym i taktycznym.

Walka radioelektroniczna (według regulaminów sił zbrojnych Rosji) stanowi zespół przedsięwzięć i działań wojsk zmierzających do zdeorganizowania systemów dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki przeciwnika oraz zapewnienia stabilnej pracy analogicznym systemom wojsk własnych.

WRE prowadzona jest nieprzerwanie zarówno w okresie pokoju (w ograniczonym zakresie) jak i w czasie wojny. W okresie wojny traktowana jest jako zorganizowane, ofensywne starcie zbrojne z techniką radioelektroniczną przeciwnika. Jej zakresem objęto porażenie ogniowe (wyeliminowanie z działań) stanowisk dowodzenia i obiektów radioelektronicznych przeciwnika oraz ich obezwładnianie radioelektroniczne, a także przeciwdziałanie technicznym środkom rozpoznania oraz obronę radioelektroniczną własnych systemów radioelektronicznych. Zakres walki radioelektronicznej w siłach zbrojnych Rosji (Ukrainy) przedstawiono na rysunku 1.

Porażenie ogniowe (wyeliminowanie z walki) stanowisk dowodzenia i obiektów radioelektronicznych stanowi podstawę dezorganizacji dowodzenia wojskami

i kierowania ogniem przeciwnika. Polega na ich fizycznym niszczeniu wszystkimi dostępnymi środkami ogniowymi.



Rys.1. Zakres walki radioelektronicznej w siłach zbrojnych Rosji

Obezwładnianie radioelektroniczne polega na dezorganizowaniu pracy systemów i środków radioelektronicznych, optoelektronicznych i hydroakustycznych stosowanych w dowodzeniu wojskami i kierowaniu środkami walki. Dokonuje się to przez celowe zakłócenia radioelektroniczne, dywersję radiową, oddziaływanie na warunki propagacji fal oraz niszczenie energią elektromagnetyczną.²

Przeciwdziałanie technicznym środkom rozpoznania polega na uniemożliwieniu lub utrudnieniu przeciwnikowi zdobywania przy pomocy środków rozpoznania radioelektronicznego informacji o systemie dowodzenia i środkach walki jak również innych danych stanowiących tajemnicę wojskową i państwową. W tym celu podejmo-

² W tej dziedzinie prowadzone są intensywne badania i próby poligonowe

wane są przez wojska własne odpowiednie działania aktywne i pasywne przedstawione na rysunku nr 1.

Obrona radioelektroniczna polega na zapewnieniu stabilnej pracy własnym systemom i środkom dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki podczas prowadzonej przez przeciwnika WRE, a także wzajemnego oddziaływania na siebie środków radioelektronicznych wojsk własnych. Obejmuje odpowiednie przedsięwzięcia organizacyjne i techniczne w tym zakresie.

Rozpoznanie radioelektroniczne w siłach zbrojnych Rosji stanowi odrębny rodzaj zabezpieczenia zbrojnych działań wojennych i jest realizowane są przez wszystkie rodzaje wojsk i służb na szczeblu strategicznym, operacyjnym i taktycznym. Jako działanie bierne - szeroko prowadzone w okresie pokoju - jest źródłem informacji na potrzeby odpowiednich sztabów ogólnowojskowych oraz oddziałów i pododdziałów walki radioelektronicznej w ramach współdziałania komórek sztabów oraz jednostek wojskowych. Zasadniczym celem rozpoznania radioelektronicznego, według regulaminów sił zbrojnych Rosji, jest zdobywanie niezbędnych informacji o siłach zbrojnych innych państw, ich systemach radioelektronicznych w wyniku wszechstronnej analizy energii elektromagnetycznej emitowanej przez nie w przestrzeń elektromagnetyczną. Należy podkreślić, że rozpoznanie radioelektroniczne jest również prowadzone w ramach WRE. Jest ono jednak traktowane jako uzupełniające i podporządkowane tylko potrzebom środków zakłócających

W armii rosyjskiej organa oraz siły i środki rozpoznania i WRE tworzą niezależne pionory oraz są podporządkowane szefowi sztabu. Rozpoznanie pracuje przy tym na rzecz dowództwa i sił głównych. Poszczególne rodzaje wojsk dysponują własnym rozpoznaniem. Walka radioelektroniczna podlega pod szefów sztabów: bezpośrednio w czasie wojny, a poprzez pion operacyjny w czasie pokoju.

Wiedza o Rosji obejmuje stan z lat 1989-95. Nie są znane zmiany jakie tam zaszły w tym zakresie w ostatnich latach. Wiadomo jedynie, że w III etapie restrukturyzacji (lata 1995-99) przewiduje się radykalne przekształcenie struktury organizacyjnej SZ Rosji, a w tym m.in. utworzenie zintegrowanych organów rozpoznania i WRE.

W siłach zbrojnych Rosji oddziały i pododdziały wojsk lądowych WRE, wg dotychczas posiadanej wiedzy, występują od szczebla centralnego do związku tak-

tycznego włącznie. Ich struktury organizacyjne oraz możliwości taktyczno-bojowe przedstawione zostały w dostępnej literaturze [7, 9, 15].

Siły i środki WRE Rosji zajmują - w sensie organizacyjnym - ściśle określone miejsce. Potencjał WRE ukierunkowany jest na wojska lądowe przeciwnika, od szczebla batalionu - do KA oraz na zgrupowania lotnicze i pojedyncze środki powietrzne przeciwnika działające w strefie taktycznej.

W grupie państw NATO w zakresie walki radioelektronicznej przodują Stany Zjednoczone oraz Niemcy, Francja i Wielka Brytania. Przykłady Niemiec i Stanów Zjednoczonych dają w miarę pełny obraz stanu oraz rozwoju rozpoznania i WRE w państwach zachodnich.

Walka radioelektroniczna (w terminologii amerykańskiej Electronic Warfare - walka elektroniczna) jest zintegrowana z rozpoznaniem radioelektronicznym i uważana za nieodłączny element wszystkich rodzajów zbrojnych działań wojennych³. Postanowienia dotyczące walki elektronicznej są ujęte w regulaminach i instrukcjach wszystkich rodzajów wojsk i służb.

Walka elektroniczna (WE) - to całokształt przedsięwzięć wojskowych, których celem jest wykorzystanie energii elektromagnetycznej do wykrywania źródeł jej promieniowania, ograniczenie lub uniemożliwienie pracy środków elektronicznych przeciwnika oraz zapewnienie swobodnego użycia własnych systemów elektronicznych.

W definicji WE podkreślono, że wszystkie jej formy polegają na wykorzystaniu emitowanej energii elektromagnetycznej. Dlatego zakresem WE są objęte środki i systemy pracujące w zakresie fal radiowych, w zakresie promieniowania mikrofalowego, podczerwonego lub widzialnego. Organizację WE wg poglądów państw NATO przedstawiono na rysunku 2.

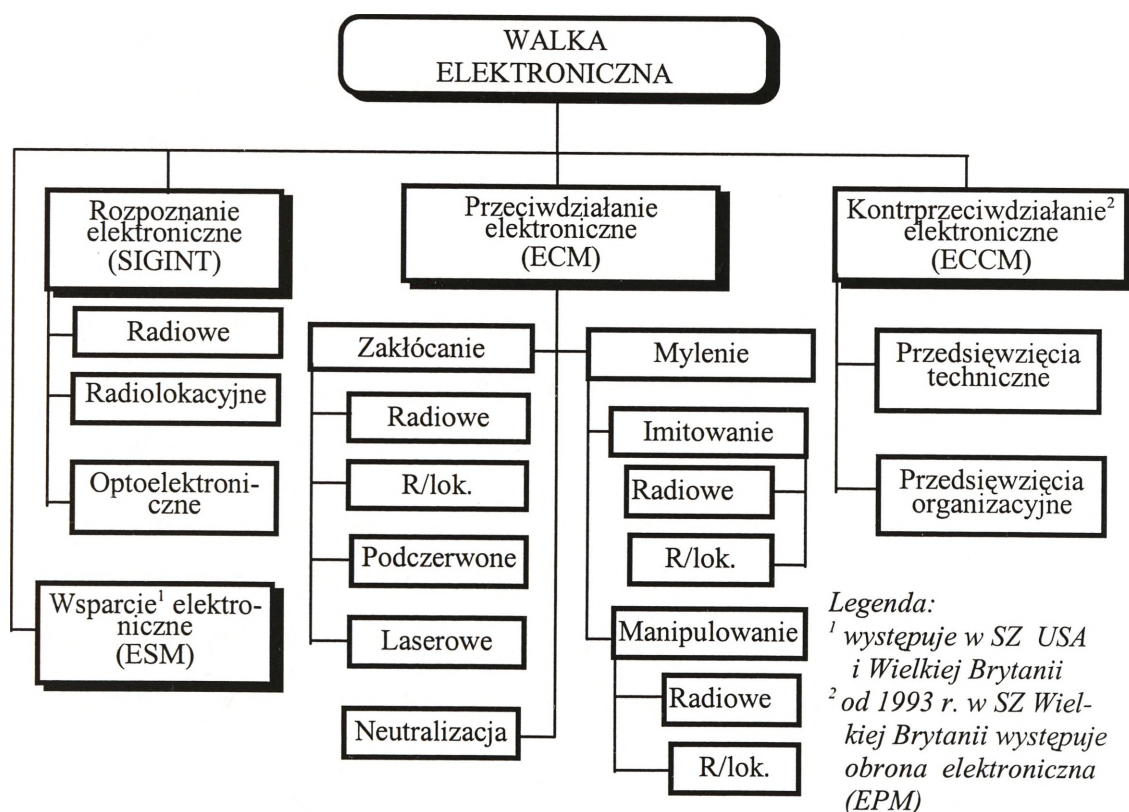
Do podstawowych komponentów WE wg poglądów państw NATO zalicza się:

- rozpoznanie (wsparcie) elektroniczne obiektów i źródeł promieniowania energii elektromagnetycznej,

³ Zgodnie z doktryną działań informacyjnych FM-100-6, wydaną w USA w 1996 r. walka elektroniczna stała się komponentem walki informacyjnej. W tej sytuacji należy spodziewać się zmian pewnych zadań realizowanych dotychczas przez WE.

- przeciwdziałanie elektroniczne wykrytym obiektom RE oraz ich niszczenie przy pomocy wyspecjalizowanych środków ogniowych (rakiety samonaprowadzające, mini samoloty bezpilotowe),
- kontrprzeciwdziałanie elektroniczne w zakresie obrony własnych systemów elektronicznych dowodzenia, rozpoznania, kierowania i WE.

W okresie pokoju prowadzone jest przede wszystkim *rozpoznanie elektroniczne*⁴ Dysponuje ono szeroką gamą środków rozpoznania elektronicznego do wykrywania, lokalizacji i pomiaru parametrów sprzętu pracującego w systemach elektronicznych potencjalnego przeciwnika. Rozpoznanie to jest prowadzone w rodzaju pracy całodobowej za pomocą satelitarnego rozpoznania elektronicznego, stacjonarnego systemu rozpoznania elektronicznego oraz okrętów, samolotów i śmigłowców.



Rys.2. Organizacja wojny elektronicznej wg poglądów NATO

⁴ Niektóre źródła [16] określają je jako wywiad sygnałów (SIGINT), w skład którego wchodzi wywiad radiowy (COMINT) oraz wywiad elektroniczny (ELINT)

Wsparcie elektroniczne (występuje w armii amerykańskiej oraz od niedawna pojawiło się również w SZ Wielkiej Brytanii) dostarcza informacji o wszelkich środkach promieniowania urządzeń przeciwnika. Uzyskane tą drogą dane rozpoznawcze stanowią podstawę do ustalania i oceny stopnia zagrożenia, ostrzegania wojsk własnych, użycia elektronicznych środków przeciwdziałania środkom przeciwnika oraz ich niszczenia. Wsparcie elektroniczne pozostaje w ścisłej współzależności z rozpoznaniem radiowym i radiotechnicznym, posługuje się tymi samymi lub podobnymi technikami i metodami. Odróżnia je tylko zamierzony cel. Wsparcie radioelektroniczne bazuje na posiadanych wcześniej informacjach o przeciwniku i ma bardzo duże znaczenie w czasie wojny. Odgrywa także ważną rolę w okresie pokoju, szczególnie w sytuacjach kryzysowych.

Przeciwdziałanie elektroniczne uniemożliwia lub ogranicza efektywne wykorzystanie przez przeciwnika promieniowania elektromagnetycznego, uniemożliwiając lub utrudniając mu dowodzenie wojskami i kierowanie ogniem oraz ograniczając właściwe wykorzystanie systemów uzbrojenia. Do podstawowych form tej działalności zalicza się zakłócanie elektroniczne i mylenie elektroniczne. W uzbrojeniu wojsk znajdują się również pociski raketowe, przeznaczone do niszczenia stacji radiowych i radiolokacyjnych przeciwnika. Spośród środków WE zalicza się je do najskuteczniejszych broni przeznaczonych do niszczenia lub obezwładniania urządzeń radiowych i radiolokacyjnych.

Amerykanie utożsamiają pojęcie obrona radioelektroniczna z **kontrprzeciwdziałaniem radioelektronicznym** (ang. Electronic Counter - Counter Measure - ECCM), które obejmuje zespół przedsięwzięć o charakterze techniczno - organizacyjnym, umożliwiających efektywne wykorzystanie własnych środków elektronicznych w warunkach walki elektronicznej.

Do przedsięwzięć o charakterze technicznym zalicza się udoskonalanie i wprowadzanie do eksploatacji środków elektronicznych zabezpieczonych przed podsłuchem i zakłóceniami oraz technicznych środków maskowania, utajniania, itp.

Natomiast przedsięwzięcia organizacyjne zawarte są w postanowieniach regulaminów i instrukcjach dotyczących zasad planowania i metod użycia środków walki

elektronicznej, szkolenia w zakresie prowadzenia działań bojowych w warunkach stosowania WE itp.

Poza tym w uzbrojeniu głównych państw zachodnich znajdują się odpowiednie pociski raketowe, przeznaczone do niszczenia środków i urządzeń elektronicznych przeciwnika. Zalicza się je do najskuteczniejszych broni przeznaczonych do niszczenia lub obezwładniania urządzeń radiowych i radiolokacyjnych. W dostępnej literaturze zachodniej problematyka ECCM nie jest szeroko upowszechniana. Można jedynie spotkać niektóre ogólne postanowienia dotyczące celu działań podejmowanych w ramach kontrprzeciwdziałania elektronicznego, a mianowicie:

- ukrywanie własnych środków radioelektronicznych przed rozpoznaniem elektronicznym lub ograniczenie możliwości ich wykrycia i wykorzystania przez przeciwnika,
- maksymalne zmniejszenie skutków działania zakłóceń w urządzeniach elektronicznych, poprzez wykorzystanie metod i układów przeciwwzakłóceńowych (stabilizacja poziomu fałszywego alarmu, maksymalizacja stosunku poziomu sygnału do szumu, selekcja przestrzenna i częstotliwościowa, śledzenie celów w warunkach zakłóceń, itp.) oraz w wyniku zastosowania operacyjnych metod pracy w warunkach zakłóceń,
- wyeliminowanie interferencyjnych (wzajemnych) zakłóceń własnych środków elektronicznych na podstawie wszechstronnej kontroli elektronicznej, odpowiedniego zarządzania mocami nadajników („Power Management”) oraz realizacji innych przedsięwzięć w ramach zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej.

W *armii Stanów Zjednoczonych* walce elektronicznej stawia się zadania, polegające na rozpoznaniu i obezwładnieniu elektronicznym obiektów przeciwnika działających w obszarze elektromagnetycznym, ich niszczeniu przy pomocy wyspecjalizowanych środków ogniowych oraz impulsowej broni elektromagnetycznej oraz zadania zabezpieczenia własnych systemów elektronicznych i utajnionego przepływu informacji w tych systemach.

Z powyższego można wnioskować, że jest to bardzo szeroki zakres zadań, mający istotny wpływ zarówno na prowadzenie operacji wojskowych, jak i działalności rozpoznawczej okresu pokojowego. W armii Stanów Zjednoczonych dostrzega się wysoką efektywność prowadzonej WE i jej duży wpływ na działalność ogólnowojskową. W związku z tym stale rozwija się środki do jej prowadzenia, wypełniając wszystkie luki w obszarze elektromagnetycznym. Uważa się, że rozwój tej dziedziny jest siłą napędową wzrostu potencjału bojowego armii.

W siłach zbrojnych USA oddziały i pododdziały wojsk lądowych WRE występują od szczebla centralnego do związku taktycznego włącznie. Ich struktury organizacyjne oraz możliwości taktyczno-bojowe przedstawione są wystarczająco w dostępnej literaturze []. Są one częściowo zintegrowane z rozpoznaniem technicznym. Oddzielne są tylko jednostki rozpoznania ogólnowojskowego. Układ kierowania rozpoznaniem i WE jest dość skomplikowany i wielotorowy, dostosowany odpowiednio do organizacji sił i środków. Na szczeblach taktycznych wojsk lądowych organ rozpoznania i WE jest koordynatorem prowadzenia rozpoznania obrazowego, osobowego oraz WE. W wojnie z Irakiem na Bliskim Wschodzie po raz pierwszy scentralizowano kierowanie siłami i środkami rozpoznania i WE wszystkich rodzajów SZ oraz sił kosmicznych. Oceny po wojnie, dotyczące takiej centralizacji, są pozytywne.

W armii niemieckiej WE jest traktowana jako istotna część walki zbrojnej i jej odpowiedzialność rozciąga się na obszar elektromagnetyczny, podobnie jak w pozostałych państwach NATO. Celem WE jest zdobywanie informacji o przeciwniku, zrywanie ciągłości dowodzenia, aktywne mylenie jego rozpoznania, ograniczenie oddziaływania jego systemów broni oraz zachowanie zdolności do działania sztabów i wojsk własnych w warunkach zagrożenia radioelektronicznego.

WE jest operacyjnie podporządkowana pionowi dowodzenia (usytuowana jest w inspektoratach), a oddziały i pododdziały WE występują od szczebla centralnego do związku taktycznego włącznie są niezależne w swoim działaniu. Ich struktury organizacyjne oraz możliwości taktyczno-bojowe przedstawione są wystarczająco w dostępnej literaturze [7, 26]. Perspektywicznie, w nowym systemie zautomatyzowanego dowodzenia HEROS, ma być centralna komórka informacyjna, do której dostarczają informacje wszystkie środki rozpoznawcze, bez względu na to komu podlegają.

Informacje te następnie mogą być selekcjonowane, wzajemnie potwierdzane i przesyłane do wszystkich tych, którzy ich potrzebują.

Przeprowadzone badania w zakresie prowadzenia walki radioelektronicznej w armiach państw obcych umożliwiają przedstawienie następujących *wniosków i uogólnień*:

1. Odpowiedzialność za organizację WRE w armiach ww. państw ponoszą dowództwa poszczególnych rodzajów sił zbrojnych oraz podległe im dowództwa i sztaby związków operacyjnych i taktycznych. Prowadzą one walkę radioelektroniczną w rejonie zbrojnych działań wojennych swoich związków. Odpowiadają za jej należyte planowanie oraz za racjonalne wykorzystanie oddziałów i pododdziałów rozpoznania i zakłóceń, a także za wykonanie zadań związanych z zapewnieniem kompatybilności elektromagnetycznej.
2. Do planowania i kierowania WRE wykorzystywane są określone dla danego szczebla dowodzenia organa.
3. Realizację ofensywnych zadań w zakresie WRE powierza się wyspecjalizowanym siłom i środkom od szczebla związku taktycznego wzwyż. Przedsięwzięcia obrony radioelektronicznej (kontrprzeciwdziałania elektronicznego) realizują natomiast bezpośredni użytkownicy środków elektronicznych.

2. WALKA ELEKTRONICZNA W WOJSKACH LĄDOWYCH

2.1. Istota walki elektronicznej

Bliska perspektywa przystąpienia SZ RP do NATO, a tym samym konieczność zapewnienia interoperacyjności z Sojuszem skłoniła autora do wypracowania teorii walki radioelektronicznej w działaniach wojsk lądowych na podstawie analizy poglądów tam obowiązujących [1, 7, 17, 22] oraz dotychczasowego dorobku Naszych teoretyków wojskowych [2, 11, 11, 13, 18, 21, 29, 34]. Analiza materiałów źródłowych oraz dotychczasowych dokumentów normatywnych Sztabu Generalnego WP stała się podstawą do przyjęcia w pracy naukowej pojęcia „walka elektroniczna” (WE) zamiast dotychczasowego określenia „walka radioelektroniczna”. Mimo zmiany nazwy, autor uznał za stosowne zachowanie dotychczas obowiązującej definicji, gdyż obejmuje ona całokształt problematyki WE.

Walka elektroniczna (WE) to przedsięwzięcia i działania wojsk, które wykorzystując energię elektromagnetyczną (EM) rozpoznają i dezorganizują systemy elektroniczne przeciwnika oraz zapewniają warunki do stabilnej pracy systemom własnych wojsk.

Autor uważa, że definicja walki elektronicznej określa obszar w jakim są prowadzone odpowiednie działania elektroniczne. *Obszarem walki elektronicznej* jest przestrzeń elektromagnetyczna¹ oraz środki elektroniczne promieniujące i odbierające energię elektromagnetyczną². W przestrzeni elektromagnetycznej jest rozprzestrzeniana energia EM w całym zakresie częstotliwości.

Na obszar WE ma wpływ wyposażenie przeciwnika oraz własnych sił zbrojnych w poszczególne systemy i środki elektroniczne. *Obszar może być regulowany*

¹Przestrzeń elektromagnetyczna jest często określana jako "spektrum EM", "eter", niekiedy jako "czwarty wymiar".

² Wykorzystanie przestrzeni elektromagnetycznej jest możliwe dzięki zbudowaniu urządzeń promieniujących energię EM i urządzeń ją odbierających. Współdziałanie między tymi urządzeniami może wystąpić wówczas gdy pracują one na tej samej częstotliwości, a warunki rozprzestrzeniania pozwalają urządzeniom odbiorczym na odbiór energii EM wysyłanej przez urządzenia nadawcze. Do środków elektronicznych, które odpowiadają tym kryteriom, można zaliczyć następujące: łączności radiowej, rozpoznania radiolokacyjnego i optoelektronicznego, systemy radionawigacyjne, systemy sterowania uzbrojeniem i radiozapalniki, systemy identyfikacji celów oraz systemy rozpoznania i obezwładniania elektronicznego (systemy WE), a także systemy niszczenia (lasery mocy, impuls elektromagnetyczny, środki promieniujące wiązkę mikrofalową).

przez: działalność organizacyjną, działalność ogniową (niszczenie) i elektromagnetyczną.

Działalność organizacyjna decyduje o sposobach wykorzystania urządzeń elektronicznych, ich organizacyjnym powiązaniu, sposobie rozmieszczenia w ugrupowaniu bojowym, czasie wykorzystania itp.

Działalność ogniowa z kolei pozwala na niszczenie urządzeń elektronicznych, tym samym zmniejszenie ich liczby u przeciwnika. Ponieważ za pomocą środków ogniowych likwiduje się najważniejsze ogniwa systemów elektronicznych i często w sposób trudny do odtworzenia, to działalność ta ma duży wpływ na obszar WE, można powiedzieć, że skutecznie wspiera prowadzoną WE.

Działalność elektromagnetyczna zaś jest związana z przechwytem energii EM i zakłócaniem urządzeń odbiorczych przeciwnika za pomocą fal EM. Intensywność w obszarze EM zależy od intensywności pracy urządzeń elektronicznych przeciwnika (np. laserów mocy, środków wzbudzających impuls EM lub promieniujące wiązkę mikrofalową), posiadanego własnego potencjału WE oraz przyjętej taktyki działania.

Na podstawie definicji walki elektronicznej można przyjąć, że *walka ta ma dwa charakterystyczne, niezależne od siebie nurty.*

Pierwszy - to aktywne oddziaływanie na środki elektroniczne przeciwnika przez rozpoznanie ich w obszarze elektromagnetycznym oraz ich obezwładnienie elektroniczne.

Drugi - to tworzenie warunków dla własnych środków elektronicznych, aby mogły pracować i spełniać wyznaczoną dla nich rolę na polu walki w sposób niezakłócony.

Istotą *pierwszego nurtu* powinno być uzyskanie informacji o pracujących środkach elektronicznych przeciwnika przez przechwytywanie fal elektromagnetycznych emitowanych jego urządzeniami nadawczymi oraz ustalenie (na podstawie analizy treści w nich zawartych, kierunku przychodzenia oraz innych danych) możliwości ich obezwładnienia zakłóceniami lub zniszczenia środkami ogniowymi. Uzyskane informacje wykorzystywane są także do kierowania walką ogólnowojskową.

Innym działaniem może być blokowanie możliwości zbierania informacji przez urządzenia elektroniczne przeciwnika (zwłaszcza radiolokacyjne), blokowanie prze-

pływu informacji w środkach łączności radiowej, zakłócanie funkcjonowania urządzeń radionawigacyjnych, urządzeń sterowania środkami walki (w tym głównie ogniowymi), powodowanie przedwczesnego lub spóźnionego zadziałania zapalników radiowych oraz uszkodzanie urządzeń elektronicznych.

Ponieważ prowadzenie WE odbywa się w obszarze elektromagnetycznym, realizowanie tych zadań będzie polegało na przechwytywaniu energii elektromagnetycznej nadawczych urządzeń elektronicznych przeciwnika oraz na destrukcyjnym oddziaływaniu energią elektromagnetyczną na jego urządzenia odbiorcze własnymi środkami WE. Oddziaływanie energią elektromagnetyczną, często nazywane neutralizacją jest realizowane w formie zakłóceń uniemożliwiających odbiór sygnałów użytecznych oraz w formie niszczącej podzespoły elektroniczne (silny impuls EM, promieniowanie mikrofalowe, laserowy strumień energii EM).

Oddziaływanie zakłócającą energią elektromagnetyczną nie pozwala na użycie środków elektronicznych w czasie tego przeciwdziałania. Dopiero po jej wyłączeniu środki elektroniczne mogą być eksploatowane ponownie.

Natomiast oddziaływanie energią niszczącą powoduje stałą utratę informacji zbieranych i przekazywanych przez dany środek elektroniczny.

Istotą **drugiego nurtu** powinno być zabezpieczenie niezakłóconych warunków pracy własnym systemom elektronicznym i tym samym zabezpieczenie zbierania i przepływu informacji. Zadania w tym względzie powinny być wielokierunkowe, realizowane z korzyścią dla własnych środków elektronicznych i zespołów obsługujących te środki.

Zadania z zakresu obrony elektronicznej celowo dzielić jest na organizacyjne (tj. takie, które umożliwiają optymalne wykorzystanie posiadanych środków elektronicznych w warunkach prowadzonej przez przeciwnika WE oraz techniczne (tj. konstruowanie urządzeń elektronicznych do pracy w warunkach prowadzenia WE).

Przebieg lokalnych wojen i konfliktów zbrojnych dowodzi, że rola i znaczenie WE na współczesnym polu walki jej bezdyskusyjna, a *działania podejmowane w zakresie WE wpływają na realizację zadań przez inne rodzaje wojsk*. Zaliczyć do nich można ograniczenie informacji rozpoznawczych, przerwy lub ich opóźnienia w czasie, pogorszenie dokładności oraz wprowadzenie fałszywych informacji. WE wpływa

głównie na skuteczność wykorzystywanych środków ogniowych oraz na sposób i czas dokonywanego w walce manewru siłami i środkami.

Ograniczenie lub przerwa w przepływie informacji w środkach łączności zwiększa czas reakcji lub powoduje brak tych reakcji na zachodzące zmiany w walce - ogranicza i wydłuża czas stawiania zadań przez środki łączności.

Zakłócenie urządzeń radionawigacyjnych i sterowania powoduje utrudnienia w dotarciu środka ogniowego do wyznaczonego celu, zwiększenie błędu trafienia, detonacje ładunków w nieprzewidzianym miejscu lub niezrealizowanie wyznaczonego zadania. Przy współczesnych środkach walki takie działanie wpływa na głęboki spadek efektywności środków walki przeciwnika i wykorzystania ich walorów technicznych.

Podobne zależności obserwuje się między obroną elektroniczną a działaniem wojsk własnych. *Mała skuteczność obrony elektronicznej systemów rozpoznania elektronicznego, głównie radiolokacyjnego* przy braku skuteczności ogniowych środków obrony powietrznej powoduje duże możliwości działania lotnictwa przeciwnika. Zjawisko to zwiększa straty w systemach OP i lotnictwa, co jeszcze bardziej obniża potencjał ogniowy i zmniejsza odporność wojsk lądowych na uderzenia z powietrza.

Utrudnienia przekazu informacji w systemie łączności opóźnia zbieranie informacji rozpoznawczych, stawianie zadań, gromadzenie meldunków, powiadamianie i alarmowanie. W wyniku tych trudności wojska stają się mniej manewrowe, przeciwnik natomiast uprzedza ich uderzeniami ogniowymi i manewrem.

Brak wystarczającej obrony elektronicznej systemów radionawigacyjnych i sterowania ogranicza lub czyni nieskutecznymi nowoczesne środki ogniowe. Prowadzi to z kolei do zwiększonego zużycia środków walki, a w konsekwencji do ich małej efektywności.

Należy dostrzegać również *zależności występujące w strukturze WE*, które decydują o efektywności jej prowadzenia. Spośród nich za najważniejszą uznaje się *zależność między środkami rozpoznania elektronicznego a efektywnością środków przeciwdziałania elektronicznego*. Aby w jakikolwiek sposób przeciwdziałać pracującym środkom elektronicznym przeciwnika, należy najpierw wykryć urządzenia elektroniczne przeciwnika, następnie określić ich charakter, wreszcie zidentyfikować niektóre ich parametry. Czynności te można wykonywać dłużej lub krócej, ręcznie (tradycyjnie)

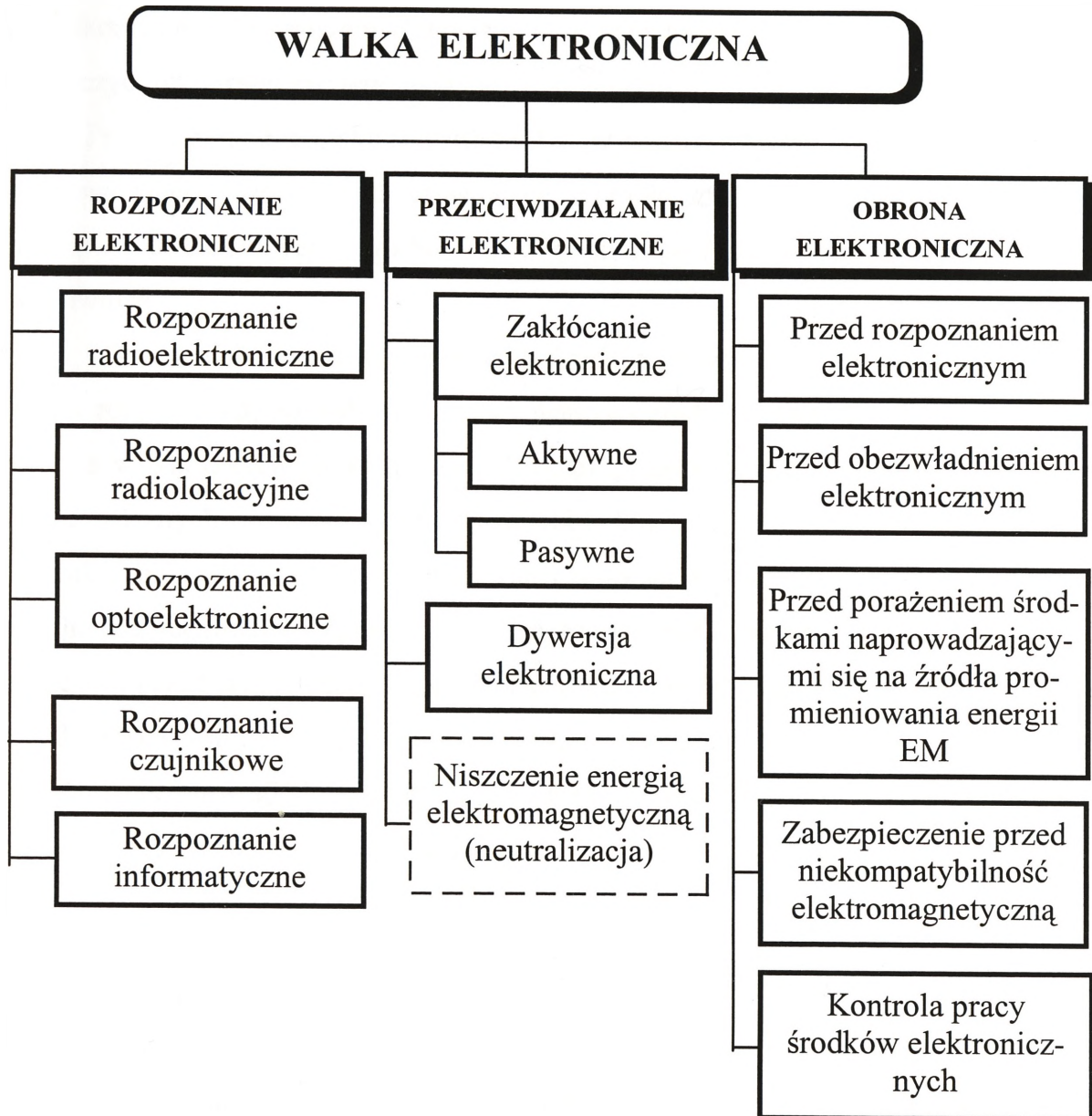
lub w systemie zautomatyzowanym. Względy te dyktują potrzebę silnego powiązania środków i systemów rozpoznania elektronicznego z siłami i środkami przeciwdziałania elektronicznego oraz sprawnych systemów łączności, służących do przesyłania informacji między nimi.

Nie ulega wątpliwości, że walka elektroniczna jest częścią walki ogólnowojskowej. Wymaga ona zatem kompleksowego i systematycznego rozpatrywania, *przede wszystkim ścisłego koordynowania i łączenia działalności elektronicznej z uderzeniami wojsk, uderzeniami wojsk raketowych i artylerii oraz uderzeniami lotnictwa, jak również z przedsięwzięciami obrony elektronicznej zabezpieczającymi własne wojska i systemy dowodzenia przed oddziaływaniem przeciwnika*. Wymaga także wyjątkowo wysokiej, taktyczno-operacyjnej i technicznej umiejętności określania newralgicznych miejsc w systemach dowodzenia wojskami, kierowania środkami walki, rozpoznania i walki elektronicznej przeciwnika przy równoczesnych niezawodnych i prostych sposobach działania oraz umiejętnego wykorzystania środków elektronicznych.

Walka elektroniczna jest w swej istocie przede wszystkim walką o informację. Polega na prowadzeniu rozpoznania elektronicznego i przeciwdziałania w powiązaniu z rażeniem ogniowym obiektów i środków elektronicznych przeciwnika oraz obronie elektronicznej własnych systemów. Zasadnicze zadania, jakie we współczesnych działaniach zbrojnych powinny być podejmowane w zakresie zwalczania i obrony środków i systemów elektronicznych sprawiają, że walka elektroniczna stanowi szeroko rozbudowany system. W sensie działania powinna być podzielona na określone składowe (części): *rozpoznanie elektroniczne, przeciwdziałanie elektroniczne oraz obronę elektroniczną* (rysunek nr 3).

Rozpoznanie elektroniczne powinno mieć na celu - zdaniem autora - zdobywanie i przetwarzanie tych informacji o przeciwniku, których nośnikami są fale elektromagnetyczne oraz inne efekty uboczne towarzyszące działaniom bojowym. Zdaniem autora współczesne rozpoznanie elektroniczne powinno obejmować: rozpoznanie radioelektroniczne, rozpoznanie radiolokacyjne, rozpoznanie optoelektroniczne, rozpoznanie czujnikowe, rozpoznanie informatyczne. Uzyskane tą drogą informacje umożliwiają ustalenie składu i rozmieszczenia sił przeciwnika. Wykorzystywane są również

do obezwładniania elektronicznego jego systemów dowodzenia i kierowania środkami walki.



Rys.3. Podział walki elektronicznej

Przeciwdziałanie elektroniczne powinno być ukierunkowane na dezorganizację procesów informacyjnych przeciwnika zachodzących w przestrzeni elektromagnetycznej. Polega ono na celowym aktywnym i pasywnym zakłócaniu urządzeń odbiorczych oraz prowadzeniu dywersji radiowej w kanałach łączności i transmisji danych, a niekiedy także niszczenie energią elektromagnetyczną środków i systemów elektronicznych (wywoływaniu zmiany środowiska elektromagnetycznego i wzbudzaniu sil-

nych impulsów elektromagnetycznych) lub ich neutralizację. Przedsięwzięcia przeciwdziałania elektronicznego powinny zapobiegać lub ograniczyć możliwości efektywnego wykorzystania przestrzeni elektromagnetycznej przez przeciwnika i w ten sposób wykluczyć lub ograniczyć jego możliwości dowodzenia i użycia środków rażenia.

Przeciwdziałanie elektroniczne może przyjmować formę rażenia lub uderzenia elektronicznego wyrażających zmasowane i kompleksowe użycie, w określonym czasie i miejscu, aktywnych środków WE w ścisłym powiązaniu z ogniowym rażeniem przeciwnika.

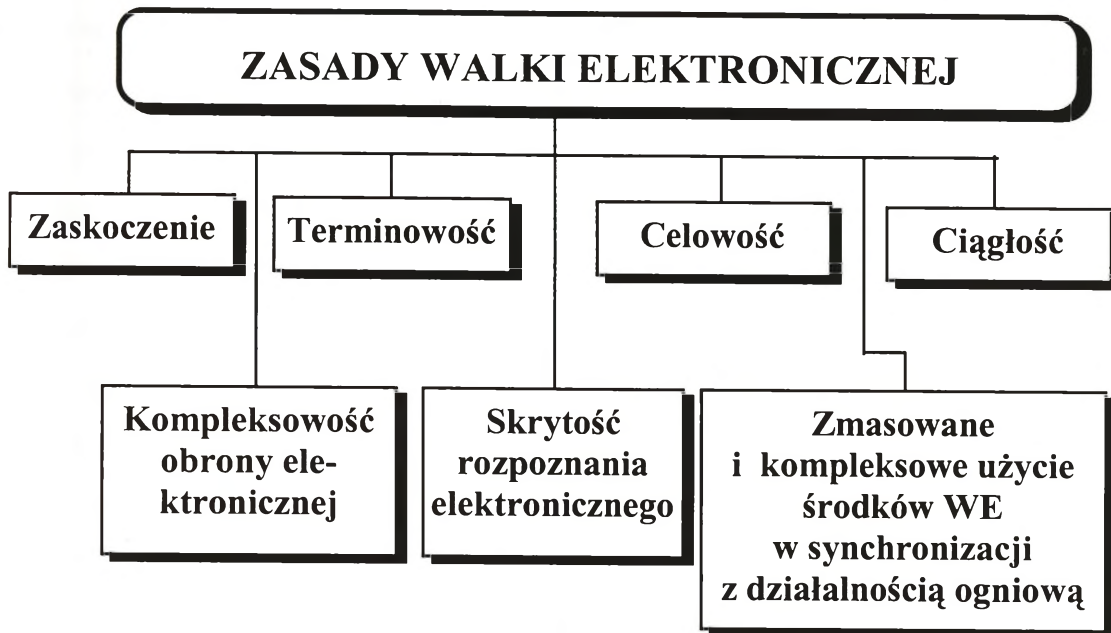
Obrona elektroniczna powinna polegać na zapewnieniu trwałości pracy systemów rozpoznania, dowodzenia, walki elektronicznej, kierowania uzbrojeniem i sterowania w warunkach prowadzenia WE przez przeciwnika i wzajemnego oddziaływania własnych środków elektronicznych. Ma na celu zapewnienie stabilnej i niezakłóconej pracy własnym systemom i środkom elektronicznym. Realizuje się ją podejmując techniczne i organizacyjne przedsięwzięcia zabezpieczające środki elektroniczne przed rozpoznaniem elektronicznym, obozwładnieniem elektronicznym, przed oddziaływaniem środków naprowadzających się (lub naprowadzanych) na źródła energii, a także uwzględniając przedsięwzięcia w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej i kontroli elektronicznej.

2.2. Podstawowe cechy WE

Walka elektroniczna, podobnie jak każda walka, zawiera wiele właściwości oraz istotnych charakterystycznych cech. Obowiązują w niej zasady i prawidłowości, które wynikają z praw i zasad walki zbrojnej. Określają one charakter tej walki na danym etapie rozwoju, jak również wymagania dotyczące racjonalnego i efektywnego wykorzystania posiadanego w wojskach potencjału elektronicznego, przeznaczonego do prowadzenia aktywnych i obronnych działań elektronicznych.

Analiza dostępnej literatury pozwala postawić tezę, że zasady, jak również ich treść, zmieniały się w wyniku doświadczeń wojennych stosownie do zmian, jakie następowały w uzbrojeniu wojsk i w taktyce prowadzenia działań zbrojnych. Zasady współczesnej walki elektronicznej stanowią więc uogólnienie doświadczeń minionych

wojen, praktyki ćwiczeń z wojskami oraz doświadczeń poligonowych, przejawiają się w walce ogólnowojskowej i mają różnorodny wymiar. Najbardziej reprezentatywne - zdaniem autora - zasady walki elektronicznej przedstawione zostały na rysunku nr 4.



Rys. 4. Zasady walki elektronicznej

Zaskoczenie polega - zdaniem autora - na nieoczekiwanym i nagłym wykonaniu zadań WE, uniemożliwiającym przeciwnikowi prowadzenie skutecznej obrony radioelektronicznej oraz efektywnego wykorzystania środków dowodzenia i kierowania uzbrojeniem. Zaskoczenie osiąga się przez skryte ześrodkowanie sił i środków WE na głównych kierunkach, użycie ich w decydujących, nieoczekiwanych dla przeciwnika momentach operacji i działań taktycznych, stosowanie nieznanych przeciwnikowi środków technicznych i sposobów ich użycia. *Celem zaskoczenia* jest sparaliżowanie normalnego funkcjonowania czynnych systemów elektronicznych przeciwnika, pozbawienie go możliwości dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki - równocześnie w skali strategicznej, operacyjnej i taktycznej, a tym samym uniemożliwienie szybkiego i skutecznego działania wojsk przeciwnika i jego środków rażenia. Wiąże się to ze stworzeniem korzystnych warunków do działań własnych wojsk i uzyskania powodzenia przy minimalnych stratach. *Rola i znaczenie zaskoczenia elektronicznego w działaniach zbrojnych bezustannie wzrasta.* Wiąże się to z bardzo dużym zasięgiem i skutecznością uzbrojenia, które użyte w okresie paraliżu

dowodzenia (często krótkotrwałym), potrafi zadać przeciwnikowi tak duże straty, niszcząc przy tym najważniejsze cele, że w krótkim czasie atakujący uzyskuje zdecydowaną przewagę. Zjawiska towarzyszące zaskoczeniu są często powiązane w łańcuch przyczynowo-skutkowy. Paraliż systemów rozpoznania radiolokacyjnego powoduje nieskuteczność środków ogniowych obrony powietrznej (OP) i swobodę działania lotnictwa przeciwnika. Swobodne działanie lotnictwa wzbogaca rozpoznanie przeciwnika oraz jego działalność ogniową i manewrową. Zaskoczenie elektroniczne nie wynika samo z siebie i przypadkowo. Należy je rozpatrywać jako rezultat szczegółowo prze-myślanej oceny sytuacji operacyjno-taktycznej i elektronicznej oraz twórczej, dokład-nie zorganizowanej działalności dowództw i sztabów, przede wszystkim organów kie-rujących rozpoznaniem i walką elektroniczną, jak również wysokiej sprawności bojo-wej oddziałów i pododdziałów rozpoznania i walki elektronicznej. Istotne znaczenie dla zaskoczenia ma przygotowanie nieznanego przeciwnikowi sprzętu technicznego, posiadanie opracowanej taktyki działania oraz elastyczne wykorzystanie potencjału elektronicznego. Nieodzowna jest również świadomość dowódców i oficerów sztabów, sprzyjająca rozumieniu korzyści wynikających z uzyskanego zaskoczenia i umiejęt-ności ich wykorzystania do uzyskania powodzenia w walce ogólnowojskowej. Zaskocze-nie elektroniczne może być osiągnięte wprowadzeniem przeciwnika w błąd przez od-powiednio zorganizowane maskowanie wojsk i obiektów elektronicznych, dezinformację elektroniczną oraz skrytość przygotowań do wykonania przeciwdziałania elek-tronicznego. Skrytość dotyczy przede wszystkim przygotowań organizacyjnych, ukry-cia obecności na określonych kierunkach działań sił i środków walki elektronicznej, a także zamiaru prowadzenia aktywnych działań elektronicznych.

Terminowość polega - zdaniem autora - na realizacji zadań walki elektronicznej w czasie przewidzianym decyzją dowódcy. Terminowość zapewnia się przez utrzymywanie sił i środków WE w stanie gotowości do działań taktycznych, stawianie im zadań we właściwym czasie, szybkie reagowanie na zachodzące zmiany w sytuacji radioelektronicznej. Terminowość oraz szybkie, rozważne i zdecydowane oddziaływa-nie elektroniczne, mają szczególnie duże znaczenie wtedy, kiedy czas w zasadniczy sposób determinuje ostateczne jego efekty. Odnosi się to do wszystkich wykorzysty-wanych środków elektronicznych, których wykrycie, rozpoznanie oraz zakłócanie ich

pracy jest oparte na wykorzystaniu energii EM jedynie w czasie jej promieniowania w przestrzeń elektromagnetyczną i jest możliwe tylko w momencie pracy danego środka. Właściwości pracy oraz specyfika systemów elektronicznych wykorzystywanych w systemach dowodzenia wojskami, kierowania środkami walki, naprowadzania i radionawigacji, nakazują, aby czas - od momentu wykrycia środka elektronicznego przeciwnika (lub emitowanego w przestrzeń elektromagnetyczną sygnału) do chwili zareagowania środkami WE - był bardzo krótki. W większości po wykryciu pracujących środków elektronicznych lub relacji łączności, reakcja zakłóceniami powinna być natychmiastowa. Wymaga to wysokiej operatywności kierowania rozpoznaniem i przeciwdziałaniem elektronicznym, powszechnego zautomatyzowania procesów rozpoznawczo-zakłócających, stosowania środków wielozadaniowych i samoadaptujących. Konieczne jest przy tym maksymalne skrócenie drogi obiegu informacji między elementami ugrupowania bojowego systemu WE. Terminowość wykonania zadań jest bezwzględnie wymagana przy współdziałaniu środków WE ze środkami ogniowymi, tj. lotnictwem, WRiA oraz z systemami przeciwrakietowymi.

Celowość polega - zdaniem autora - na ścisłej zgodności przedsięwzięć WE z zamiarem operacji i działań taktycznych oraz zadaniami i sposobem ich wykonania przez wojska. Zapewnia ją zgranie wszystkich zadań WE z planem operacji (działań taktycznych), zorganizowanie współdziałania w realizacji tych zadań i oddziaływanie na najważniejsze systemy przeciwnika. Powodzenie w walce elektronicznej osiąga ta strona, której oddziaływanie elektroniczne, prowadzone w ścisłej koordynacji z ogniem i uderzeniami wojsk, pod każdym względem będzie przemyślane i celowe, aktywne i zdecydowane. Strona, która będzie miała inicjatywę, będzie narzucała przeciwnikowi swoją wolę i uprzedzała w ofensywnych działaniach elektronicznych. Zdolność uzyskania przewagi wiąże się z użyciem środków WE przeciwko takim obiektom elektronicznym przeciwnika i takiej sytuacji operacyjno-taktycznej, które przynoszą walce ogólnowojskowej największe korzyści.

Ciągłość oddziaływania elektronicznego i ogniowego polega - zdaniem autora - na realizowaniu zadań rozpoznania elektronicznego i nieprzerwanego przeciwdziałania elektronicznego z intensywnością dostosowaną do potrzeb operacyjnych i bojowych. Zapewnia się ją przez właściwe zaplanowanie i ciągle utrzymywanie pod-

oddziałów i oddziałów WE w pełnej gotowości bojowej oraz stałym utrzymywaniu współdziałania ze środkami ogniowymi. Ciągłość oddziaływania na systemy i środki elektroniczne przeciwnika jest warunkowana możliwościami taktyczno-technicznymi środków WE oraz wymaganiami i charakterem współczesnych działań zbrojnych. Pory doby i warunki meteorologiczne są tylko okresami nasilenia lub osłabienia intensywności prowadzenia WE. Podobny wpływ na ciągłość działania mają okresy operacji. Przedsięwzięcia WE nasila się zawsze na krótko przed intensywnymi działaniami lotnictwa, wojsk lądowych i marynarki wojennej, natomiast obniża się tę intensywność po wykonaniu zadań. Z reguły przechodzi się wówczas środkami przeciwdziałania elektronicznego do działalności "nękającej", która przejawia się w oddziaływaniu zmuszającym załogi sprzętu elektronicznego przeciwnika do ciągłego napięcia i wysiłku organizacyjnego. Rozpoznanie elektroniczne natomiast jest prowadzone w sposób ciągły, jego zaś intensywność jest uwarunkowana intensywnością wykorzystania systemów elektronicznych przez przeciwnika i nie zawsze współgra z intensywnością działań zbrojnych. Ciągłość działania jest utrzymywana także przez stałe uzupełnianie zniszczonego sprzętu WE i wymianę załóg obsługujących. Przy braku uzupełnienia może dojść do sytuacji, kiedy wojska staną przed perspektywą braku środków. Należy mieć to na uwadze, gdyż w teoriach walki różnych sił zbrojnych, środki WE w zwalczaniu są traktowane priorytetowo - na równi ze środkami dowodzenia. Prowadzenie WE z reguły jest powiązane z działalnością ogniową. Uzupełniają ją, a niekiedy może być także jej równoważnikiem. Niszczenie środków elektronicznych jest najskuteczniejszym, trwałym uszczupleniem potencjału elektronicznego przeciwnika. Najkorzystniej zaś jest wtedy gdy działania te wzajemnie się uzupełniają i wzmacniają. Ciągłość działania dotyczy również zadań obrony elektronicznej, które - bez względu na porę dnia i roku oraz sytuację operacyjną - muszą być realizowane. Wykonawcy zadań obrony elektronicznej, powinni mieć poczucie ciągłego zagrożenia ze strony środków WE przeciwnika. Ciągłość przedsięwzięć obrony elektronicznej przenosi się także na okres pokojowy.

Zmasowane i kompleksowe użycie środków WE w synchronizacji z działalnością ogniową dotyczy - zdaniem autora - jednoczesnego oddziaływania na wykryte, różnorodne środki elektroniczne (rozpoznania radiolokacyjnego, dowodzenia, radio-

nawigacji, sterowania) całym potencjałem WE z równoczesnym, zsynchronizowanym porażeniem ich środkami ogniowymi na całą głębokość operacji. Zrealizowanie tej zasady zapewnia pełne rozpoznanie elektroniczne emisji EM, ustalenie położenia obiektów elektronicznych, ścisłe ustalenie i skoordynowanie zadań dla środków ogniowych WE i współdziałanie tych środków podczas realizacji zadań, a także scentralizowane kierowanie i ukierunkowanie sił i środków WE oraz środków ogniowych podczas wykonywania wspólnego zadania. We współczesnych działaniach zbrojnych trudno będzie być silniejszym pod każdym względem, na każdym kierunku i w każdym miejscu. Jest to szczególnie znamienne w odniesieniu do walki elektronicznej. Bardzo duża liczba wykorzystywanych obecnie w wojskach środków elektronicznych, o różnym przeznaczeniu, odznaczających się różnorodnym stopniem efektywności działania, jak również różnorodnością organizacyjną i eksploatacyjną systemów elektronicznych, wytworzyły sytuację, w której prawdopodobnie trudno będzie jednej z walczących stron uzyskać zdecydowaną przewagę ilościową i jakościową, w całej masie wykorzystywanego uzbrojenia elektronicznego wojsk³. W tej sytuacji specjaliści uważają, że działalność tę należy scalać i prowadzić kompleksowo wówczas, gdy może ona przynieść konkretne korzyści strategiczno-operacyjne i taktyczne. Nie przewiduje się zmasowanego wysiłku WE na pomocniczych kierunkach i w stosunku do drugorzędnych zadań. Współczesne działania zbrojne uznają za szkodliwe rozproszenie wysiłku. Koncentracja działań WE odbywa się nie w terenie (poprzez rozmieszczenie), lecz w obszarze oddziaływania. Tu ma potwierdzenie napoleońska zasada: "z różnych kierunków (miejsc) uderzać w jeden cel (przeciwnika)". Umiejętne zmasowanie i kompleksowe użycie środków WE i środków ogniowych w odpowiednim miejscu, czasie, na rozstrzygających kierunkach, obszarach i rubieżach walki, w decydujących etapach działań bojowych i operacji, w stosunku do najważniejszych obiektów eksploatowanych systemów elektronicznych przeciwnika, w połączeniu z odpowiednią organizacją obrony elektronicznej, umożliwia uzyskanie przewagi nad przeciwnikiem, w warunkach nie posiadania nad nim przewagi ogólnej i elektronicznej. Doświadczenia wojenne i z ćwiczeń z wojskami wykazują, że naj-

³ W konfliktach wojennych, gdzie z jednej strony jest mocarstwo, a z drugiej - nieduże państwo (często Trze-

większą efektywność w dezorganizowaniu systemów elektronicznych przeciwnika uzyskuje się wówczas, gdy obiekty elektroniczne przeciwnika są równocześnie obezwładniane zakłóceniami i ogniem lub w trakcie prowadzenia ognia pod przykryciem zakłóceń jednocześnie w stosunku do kilku szczebli dowodzenia oraz gdy równocześnie jest stosowana dywersja elektroniczna, dezinformacja, pozoracja elektroniczna, a ponadto wykonuje się uderzenia na obiekty elektroniczne wojskami, przy użyciu desantów, grup szturmowych i grup rozpoznawczo-dywersyjnych. Wymagane jest również stosowanie w procesie obezwładniania radioelektronicznego różnego rodzaju środków zakłócających, przystosowanych pod względem mocy i struktury sygnału do właściwości technicznych oraz charakteru obezwładnianych obiektów i relacji łączności. Odpowiednio do warunków działań, sytuacji elektronicznej, a także realnych zadań operacyjnych i taktycznych, ofensywne działania elektroniczne powinny być prowadzone skoordynowanie i równocześnie przez lądowe, powietrzne i morskie siły oraz środki WE. Zasada kompleksowości działania jest ściśle przestrzegana w osłonie elektronicznej wojsk. Zakłada ona jednoczesne użycie środków aktywnej i pasywnej osłony elektronicznej w połączeniu z dezinformacją i pozoracją radioelektroniczną, przy zachowaniu pełnej koordynacji tych działań ze środkami ogniowymi obrony powietrznej i obrony przeciwlotniczej. Za niezbędne uważa się stosowanie środków umożliwiających:

- poszukiwanie, naprowadzanie i zakłócanie samolotowych stacji radiolokacyjnych z możliwością jednoczesnego stosowania zakłóceń szumowych, impulsowych i odzewowo-mylących,
- odwodzenie z toru lotu i wcześniejsze detonowanie rakiet klasy "powietrze-ziemia" naprowadzanych przy wykorzystaniu technik elektronicznych,
- zakłócanie pokładowych urządzeń łączności i radionawigacji,
- pozorowanie i imitowanie obiektów jako celów opłacalnych do niszczenia przez lotnictwo przeciwnika.

Skrytość rozpoznania elektronicznego polega - zdaniem autora - na niezauważalnym przez przeciwnika rozwinięciu systemów rozpoznania elektronicznego i ich

funkcjonowaniu. Osiąga się to poprzez maskowanie elementów tego systemu oraz pracy wszystkich aktywnych jego źródeł promieniowania energii elektromagnetycznej. Skrytość ta jest związana z maskowaniem obszaru zainteresowania u przeciwnika oraz potrzebą zabezpieczenia własnego systemu przed jego rozpoznaniem i fizycznym zniszczeniem. Systemy rozpoznania elektronicznego pracują pasywnie, natomiast urządzeniami emitującymi energię mogą być tylko środki łączności radiowej, obsługujące przekaz informacji w ramach systemu i między systemami. Aby nie zdradzać przeciwnikowi naszych szczególnych zainteresowań, należy dążyć do bardzo skrytego rozwijania systemów rozpoznania elektronicznego, a obsługujące je środki radiowe odsuwać na pewną odległość i maskować ich charakter pracy, jak również samą emisję. Środki rozpoznania elektronicznego charakteryzują specyficzne systemy antenowe i miejsce ich rozwinięcia. Likwidacja często jednego tylko elementu uniemożliwia pracę całemu systemowi. Zmusza to do właściwego maskowania i obrony przed penetracją ze strony grup rozpoznawczo-dywersyjnych, samolotów i śmigłowców. Potrzeba skrytości jest związana także z ograniczeniem liczby systemów rozpoznania elektronicznego na polu walki.

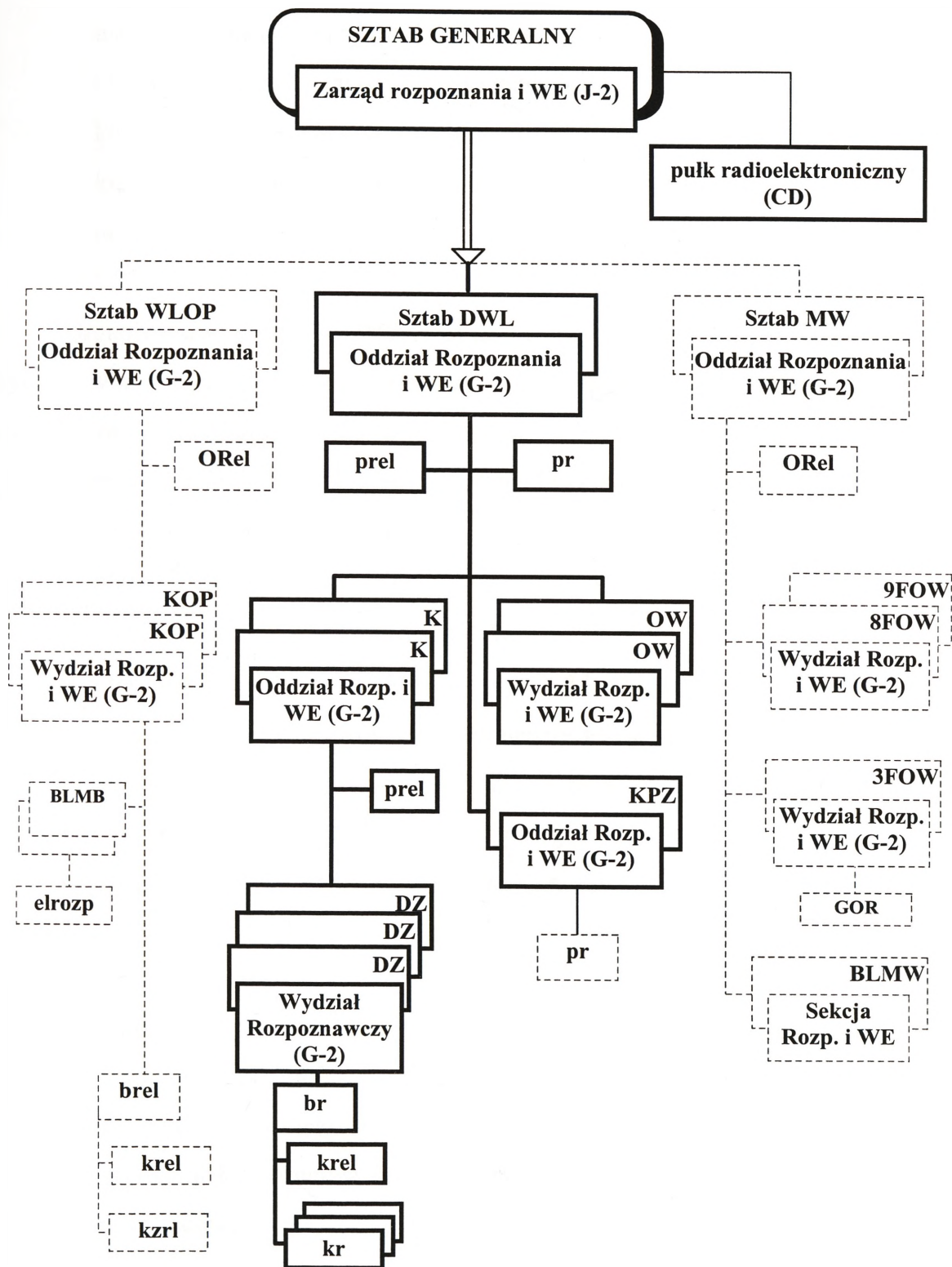
Kompleksowość przedsięwzięć obrony radioelektronicznej polega - zdaniem autora - na różnorodnym i wielokierunkowym, wzajemnie się uzupełniającym realizowaniu zadań w zakresie obrony elektronicznej w połączeniu z maskowaniem bezpośrednim i operacyjnym. Osiąga się ją przez wykonanie przedsięwzięć obrony elektronicznej przed rozpoznaniem, przeciwdziałaniem elektronicznym oraz niszczeniem przeciwnika, przy utrzymaniu ciągłej kompatybilności elektromagnetycznej własnych systemów elektronicznych. Kompleksowość przedsięwzięć obrony elektronicznej powinna być ciągła - również w okresie pokojowym. Realizowane przedsięwzięcia zaś powinny podlegać kontroli użytkowników środków elektronicznych oraz wyspecjalizowanych sił i środków. Zasada ta wiąże się z wrażliwością systemów i środków elektronicznych na różnorodne oddziaływanie przeciwnika. Oddziaływanie to jest często zaskakujące i uniemożliwiające spożytkowanie pracy tych systemów. Właśnie w kompleksowości upatruje się ochronę tych systemów. Do najważniejszych z nich należą przedsięwzięcia związane z obroną przed rozpoznaniem. *Nierozpoznane środki elektroniczne nie podlegają innym oddziaływaniom. Praktyka wojen i konfliktów*

zbrojnych po drugiej wojnie światowej wskazuje na to, że tak długo środek elektroniczny jest bezpieczny jak długo pozostanie nieznany przeciwnikowi. Organizowanie kompleksowej obrony elektronicznej pomaga w ciągłym śledzeniu rozwoju naukowo-technicznego w zakresie technik rozpoznania radioelektronicznego, obezwładniania radioelektronicznego, jak i wykrywania obrazowego oraz niszczenia. Pozwala to często na nowatorskie spojrzenie nie tylko na samą technikę, ale przede wszystkim na budowę systemów, ich organizację, sposób rozwinięcia na polu walki oraz taktykę wykorzystania. Mistrzostwo w posługiwaniu się często nawet przestarzałymi środkami radioelektronicznymi umożliwia osiągnięcie znakomitych rezultatów. Największym problemem w organizowaniu obrony radioelektronicznej jest brak świadomości i wiedzy dotyczącej zagrożenia. W takiej sytuacji nie podejmuje się żadnych przedsięwzięć, a bezpośredni kontakt z zagrożeniem powoduje paraliż zamiast działania.

2.3. Ogólne zasady organizacji WE w wojskach lądowych

Walkę elektroniczną należy prowadzić we wszystkich operacjach i działaniach taktycznych wojsk lądowych, a także - w określonym zakresie - w czasie pokoju. Pełną skuteczność WE można osiągnąć tylko pod warunkiem przygotowania już w okresie pokoju sztabów i wojsk oraz oddziałów i pododdziałów WE do jej prowadzenia. Podczas pokoju powinno być prowadzone: rozpoznanie elektroniczne - dostarczające bieżącej informacji o systemach i środkach elektronicznych państw sąsiadujących oraz obrona elektroniczna - mająca za zadanie już w okresie pokoju tak przygotować technicznie i organizacyjnie własne środki elektroniczne, aby stały się odporne na oddziaływanie elektroniczne i ogniowe przeciwnika. Uwzględniając kolejną restrukturyzację SZ RP autor proponuje organizację WE w wojskach lądowych (rysunek 5).

Głównym organizatorem WE w Siłach Zbrojnych RP jest - jak wiadomo - Sztab Generalny WP. Organem wykonawczym Sztabu Generalnego WP w zakresie kompleksowego przygotowania i prowadzenia WE powinien być Zarząd Rozpoznania i WE (J-2), mający w swoim składzie specjalistyczny Oddział Elektroniczny. Powinien sprawować on funkcję planistyczno-organizacyjną i informacyjno-postulującą oraz specjalistyczny nadzór w zakresie:



Rys. 5. Organizacja walki elektronicznej w wojskach lądowych

- opracowania generalnych założeń organizacji i prowadzenia WE,
- ustalenia zasad przygotowania sił zbrojnych do prowadzenia WE i koordynacji związanych z tym przedsięwzięć,
- kompleksowego operacyjnego planowania i kierowania WE,
- kierowania przygotowaniem oddziałów i pododdziałów WE,
- oceny sytuacji radioelektronicznej oraz organizowania badań w dziedzinie WE.

Organizatorami WE w DWL oraz w związkach operacyjnych wojsk lądowych powinny być ich sztaby. Organami wykonawczymi tych sztabów w zakresie przygotowania i prowadzenia WE powinny być oddziały rozpoznania i WE (G-2) mające w swoich składach wydziały elektroniczne. Do ich zadań powinno należeć:

- analiza i ocena sytuacji elektronicznej,
- planowanie operacyjne WE,
- udział w operacyjnym kierowaniu WE,
- utrzymanie podległych oddziałów i pododdziałów w stałej gotowości do wykonania zadań oraz specjalistyczny nadzór nad ich działalnością służbową,
- analiza i uogólnianie doświadczeń oraz prowadzenie badań w dziedzinie WE.

Organizatorami WE w związkach taktycznych powinny być ich sztaby. Organami wykonawczymi tych sztabów w zakresie przygotowania i prowadzenia WE powinny być natomiast wydziały rozpoznawcze (G-2) mające w swoich składach oficerów walki elektronicznej.

Za całokształt pracy WE na każdym szczeblu dowodzenia odpowiedzialny powinien być dowódca. Natomiast organizatorem zadań w zakresie WE powinien być - szef rozpoznania i walki elektronicznej. Za przygotowanie i prowadzenie WE odpowiedzialni powinni być również szefowie rodzajów wojsk i służb w ramach określonych im obowiązków.

2.4.Wnioski

Przeprowadzone badania umożliwiają przedstawienie następujących wniosków i uogólnień:

1. Współczesna wojna jest wojną prowadzoną na wielu płaszczyznach i w różnym środowisku.
2. Jedną z nich jest informacja oraz czas, rozgrywające się w środowisku elektromagnetycznym.
3. Wojna w środowisku elektromagnetycznym prowadzona w ramach walki elektronicznej staje się istotnym czynnikiem walki zbrojnej i może mieć istotny wpływ na końcowy rezultat zmagania wojennych.

3. ROZPOZNANIE ELEKTRONICZNE

3.1. Istota rozpoznania elektronicznego

Rozpoznanie elektroniczne jako element walki elektronicznej ma na celu - zdaniem autora - zdobywanie i przetwarzanie tych informacji o przeciwniku, których nośnikami są fale elektromagnetyczne oraz inne efekty uboczne towarzyszące działaniom bojowym. Rejestracja nośników informacji o przeciwniku powinna odbywać się za pomocą odpowiednio skonstruowanych urządzeń elektronicznych w wyniku poszukiwania, śledzenia, przechwytywania i analizy pracy tych źródeł. Postęp naukowo-techniczny pozwolił już na konstruowanie wielu takich urządzeń. Między innymi opracowano całą rodzinę urządzeń pozwalających na postrzeganie pola walki poprzez widmo promieniowania elektromagnetycznego, fale sprężyste (akustyczne i sejsmiczne) oraz przez pole magnetyczne i skład chemiczny środowiska.

Rozpoznanie elektroniczne może być prowadzone we wszystkich warunkach atmosferycznych, czasowych oraz usytuowania i nie powoduje to istotnego zróżnicowania wartości uzyskiwanych efektów (wyników rozpoznania). Jest to zarazem najszybszy, najtańszy, najbardziej manewrowy, skryty oraz najbezpieczniejszy rodzaj rozpoznania wojskowego. Do mankamentów zalicza się natomiast wrażliwość na zakłócenia i dezinformację.

Współczesne rozpoznanie elektroniczne powinno - zdaniem autora - obejmować:

- rozpoznanie radioelektroniczne,
- rozpoznanie radiolokacyjne,
- rozpoznanie optoelektroniczne,
- rozpoznanie czujnikowe,
- rozpoznanie informatyczne.

Rozpoznanie radioelektroniczne powinno mieć na celu zdobywanie i przetwarzanie tych informacji o przeciwniku, których nośnikami są fale elektromagnetyczne (wraz z informacją w nich zawartą) wypromieniowane przez urządzenia nadawcze (źródła promieniowanie energii elektromagnetycznej) przeciwnika. W widmie promieniowania elektromagnetycznego szczególnie wykorzystywana jest

druga połowa pasma niższych częstotliwości - od nadfioletu aż do dolnej granicy promieniowania radiowego. Do pracy w paśmie promieniowania radiowego¹ skonstruowano różnego rodzaju urządzenia radiowe², radioliniowe³, radionawigacyjne⁴, radiolokacyjne⁵ i sonarowe⁶.

Rozpoznanie radioelektroniczne powinno obejmować rozpoznanie *radiowe: KF, UKF, radioliniowe* (horyzontowe i troposferyczne), *satelitarne oraz nie radiowe: systemów radiolokacyjnych i systemów radionawigacyjnych*.

Rozpoznanie radioelektroniczne powinno dostarczać dwójakiego rodzaju informacji.

Pierwszy rodzaj powinien obejmować wiadomości dotyczące *rozwoju sytuacji radioelektronicznej* o siłach zbrojnych przeciwnika pozyskiwanych na podstawie analizy charakterystyk częstotliwościowych i czasowych sygnałów radiowych, radiolokacyjnych oraz radionawigacyjnych, według których możliwe jest określenie:

- typów środków radioelektronicznych oraz ich identyfikację,
- składu i charakteru funkcjonowania systemów radioelektronicznych, a w ślad za tym systemów dowodzenia, systemów wykrywania i naprowadzania a także pokładowych systemów radiolokacyjnych przeznaczonych do obserwacji pola walki i kierowania uzbrojeniem.

Drugi rodzaj powinien obejmować informacje związane z *rozwojem sytuacji wojskowo-politycznej*. Z uwagi na fakt, że środki rozpoznania radioelektronicznego

¹ Widmo radiowe obejmuje promieniowanie elektromagnetyczne, którego długość fal mieści się w przedziale od 1000µm 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.

² Środki radiowe to potoczna nazwa wszelkich urządzeń nadających (nadawczych) i odbierających (odbiorczych) fale elektromagnetyczne w celu przekazywania i przechwytywania sygnałów mowy (dźwiękowych), obrazów itp. oraz innych rodzajów informacji.

³ Środki radioliniowe to odmiana środków radiowych. Ich wyróżnienie wynika z tego, że emisja sygnałów elektromagnetycznych odbywa się tylko w wąskich wiązках.

⁴ Środki radionawigacyjne to urządzenia kierowania obiektami, które do tego celu wykorzystują fale radiowe. W metodach określania położenia i parametrów ruchu obiektów wykorzystuje się informacje zawarte w parametrach odbieranych sygnałów radiowych. Parametry odbieranych sygnałów - amplituda, faza, częstotliwość i czas - są związane funkcjonalnie z wielkościami geometrycznymi (kątem, odległością i różnicą odległości), charakteryzującymi położenie obiektu względem punktów nawiazania oraz parametrami ruchu.

⁵ Środki radiolokacyjne przeznaczona są do wykrywania i określania 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). Ze względu na sposób uzyskiwania sygnału rozróżnia się radiolokację: 1) aktywną - z pasywną lub aktywną odpowiedzią; 2) półaktywną, 3) pasywną.

same nie promieniują energii elektromagnetycznej (z tego względu można określić je jako grupę rozpoznawczych środków pasywnych, zachowujących bardzo dużą skrytość działania) możliwe jest prowadzenie rozpoznania radioelektronicznego zarówno w okresie pokoju jak i wojny.

W okresie pokoju rozpoznanie radioelektroniczne powinno dostarczać - na podstawie analizy pracy środków radioelektronicznych przeciwnika - informacji dotyczących:

- symptomów świadczących o podwyższaniu stanów gotowości bojowej wojsk, uruchamianiu systemów mobilizacyjnego oraz operacyjnego rozwijania jego sił zbrojnych,
- nowych oraz potwierdzenia istniejących rejonów rozmieszczenia ważnych środków ogniowych,
- przegrupowujących się wojsk, a zwłaszcza sztabów i jednostek raketowych,
- działalności szkoleniowej wojsk na podstawie ćwiczeń oraz manewrów,
- systemów dowodzenia i łączności,
- działalności rozpoznawczej przeciwnika.

W okresie bezpośredniego zagrożenia oraz w początkowym okresie wojny pozyskiwanie informacji o siłach i środkach przeciwnika powinno być ukierunkowane na wykrywanie i ustalenie:

- rejonów rozmieszczenia środków ogniowych, stanowisk dowodzenia oraz punktów kierowania środkami walki,
- ewentualnych symptomów świadczących o przygotowaniach przeciwnika do użycia broni jądrowej,
- rejonów ześrodkowania wojsk oraz kierunków ich przegrupowania,
- nowych środków radioelektronicznych przeciwnika oraz sposobów ich wykorzystania w systemach dowodzenia i kierowania środkami walki,
- aktualnego stanu wojsk przeciwnika oraz jego zamiarów.

⁶ SONAR (Sonic Navigation and Ranging) to urządzenie echolokacyjne służące do penetrowania hydrosfery.

Rozpoznanie radiolokacyjne⁷ będące - zdaniem autora - w swej istocie elementem rozpoznania elektronicznego - ma na celu zdobywanie oraz przetwarzanie tych informacji o przeciwniku, których nośnikami są fale elektromagnetyczne wypromieniowane przez własne urządzenia rozpoznawcze (stacje radiolokacyjne) i odbite od obiektów przeciwnika. Współczesne rozpoznanie radiolokacyjne obejmuje: systemy rozpoznania obszaru powietrznego, systemy nadzorowania pola walki, systemy kierowania ogniem, systemy obrony przeciwlotniczej, systemy rozpoznania powierzchni ziemi SLAR i in. Prowadzone może być zarówno przez samoloty rozpoznawcze wyposażone w stacje radiolokacyjne obserwacji bocznej jak i naziemne oraz brzegowe okrętowe stacje radiolokacyjne w różnych zakresach częstotliwości.

Informacje pozyskiwane przez te urządzenia powinny dotyczyć:

- radiolokacyjnych obrazów odpowiednich sektorów przestrzeni powietrznej, terenu (lądu) oraz akwenów morskich,
- tras przelotu samolotów oraz miejsc rozmieszczenia celów ruchomych (czołgów, transporterów opancerzonych, samochodów, pododdziałów oraz pojedynczych żołnierzy w warunkach braku widoczności (noc, mgła, opady atmosferyczne, zadymienie, kurz) itp.,
- współrzędnych tych celów.

Rozpoznanie optoelektroniczne - jako nowy rodzaj rozpoznania elektronicznego - powinno mieć na celu zdobywanie oraz przetwarzanie tych informacji o przeciwniku, których nośnikami są fale elektromagnetyczne pasma optycznego⁸. Do pracy w tym paśmie skonstruowano całą rodzinę urządzeń optoelektronicznych⁹ pozwalających na prowadzenie rozpoznania w ultrafiolecie, w zakresie promieniowania widzialnego oraz w zakresie bliskiej, średniej, dalekiej i skrajnej podczerwieni. Należą

⁷ Chociaż występowało już od czasów II - wojny światowej, nie ujmowane jest w podręcznikach jako oddzielny rodzaj rozpoznania. Często utożsamiane jest często z rozpoznaniem radiotechnicznym.

⁸ 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).

⁹ Optoelektronika - to dział elektroniki, którego przedmiotem jest łączne wykorzystanie optycznego jak i elektrycznego sposobu przetwarzania i przekazywania sygnałów. Podstawą optoelektroniki są fizyczne procesy warunkujące przetwarzanie sygnałów elektrycznych na optyczne i sygnałów optycznych na elektryczne oraz procesy wytwarzania, przesyłania, przetwarzania i magazynowania informacji niesionych przez światło.

do nich m.in. urządzenia: telewizyjne¹⁰, termowizyjne¹¹, noktowizyjne¹² oraz laserowe¹³.

¹⁰ Telewizja to dział telekomunikacji zajmujący się przekazywaniem na odległość, za pomocą elektrycznego kanału łączności, obrazów ruchomych wraz z towarzyszącym dźwiękiem. W celu przetworzenia obrazu optycznego na sygnał elektryczny wykorzystuje się zjawisko fotoelektryczne, natomiast dla odwrotnego przetworzenia wykorzystuje się zjawisko katodoluminescencji. System telewizyjny działa w następujący sposób: przekazywana scena projektowana jest za pomocą obiektywu kamery telewizyjnej na światłoczułą powierzchnię lampy analizującej (w kamerze studyjnej jest to zazwyczaj superortikon) i w niej w procesie skanowania zostaje zamieniona na ciąg impulsów elektrycznych odpowiednio uporządkowanych, o amplitudach zależnych od jasności poszczególnych punktów przekazywanego obrazu. Impulsy te, stanowiące sygnał wizyjny modulują napięcie częstotliwości nośnej nadajnika i za pomocą anteny nadawczej promieniowane są w przestrzeń. Sygnały telewizyjne odbierane przez antenę odbiorczą, po odpowiednim wzmacnieniu i przekształceniu sterują ruchem i jasnością plamki świetlnej na ekranie kineskopu, tworząc obraz. Plamka świetlna porusza się na ekranie z tak samą prędkością i w taki sam sposób jak strumień elektronów podczas analizowania obrazu w nadajniku.

¹¹ Termowizja - to postrzeganie obrazów w widmie promieniowania podczerwonego (aktualnie wykorzystywane są tylko dwa pasma tego widma: 3-5 μm i 10-13 μm). Termowizja, w istocie wykorzystywanego zjawiska, podobna jest do noktowizji pasywnej. Różnica polega tylko na tym, że termowizja posiada jeszcze urządzenie skanujące zamieniające obraz widziany w podczerwieni na ciąg impulsów elektrycznych (noktowizor pasywny z urządzeniem skanującym można nazywać termowizorem). Ponadto w termowizji technika przetwarzania sygnału zbliżona jest do techniki stosowanej w telewizji.

¹² Noktowizja to dziedzina zastosowań techniki optoelektronicznej umożliwiającej widzenie w widmie promieniowania o długości 0,76-1000 μm . Zakres ten podzielono na podczerwień bliską 0,76-1,5 μm , średnią 1,5-5,6 μm i daleką 5,6-1000 μm - w dolnym paśmie podczerwieni dalekiej wyróżniany jest również zakres zwany podczerwienią skrajną. Obserwacja różnych obiektów w podczerwieni może być realizowana przez wykorzystywanie ich promieniowania własnego (wszystkie ciała, których temperatura jest wyższa od zera bezwzględnego, wysyłają własne niekoherentne promieniowanie podczerwone) lub odbitego. W związku z tym przyrządy noktowizyjne dzieli się na pasywne i aktywne.

¹³ Laser - to optyczny generator kwantowy lub generator światła spójnego, czy też źródło monochromatycznych fal elektromagnetycznych w zakresie optycznym (promieniowanie monochromatyczne to promieniowanie elektromagnetyczne o ustalonej długości fali). Nazwa lasera została utworzona z liter początkowych słów: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (wzmacniacz światła z wymuszoną emisją promieniowania). Głównymi cechami laserowego promieniowania są: koherencja przestrzenna - istnienie przestrzeni, na których amplitudy fali są w pełni określone w funkcji czasu (koherencja to spójność światła polegająca na zgodności między fazami w różnych punktach wiązki światła lub w różnych wiązkach światła - w wąskim znaczeniu rozumie się to zjawisko jako zdolność do interferencji), koherencja czasowa (istnienie korelacji pomiędzy amplitudą fali w danym punkcie przestrzeni i czasem) nazywana też monochromatycznością fali (fala jednobarwna), polaryzacja i wielka, nie spotykana zarówno w przyrodzie, jak i w innych zwykłych sztucznych źródłach, gęstość widma mocy. Z koherencji przestrzennej wynika właściwa tylko wiązkom promieniowania laserowego znikoma rozbieżność, pozwalająca na skupienie ich w plamkę o teoretycznej średnicy rzędu długości fali. Dzięki koherencji czasowej promieniowanie może być poddawane procesowi modulacji (amplitudy, częstotliwości, fazy i impulsowej) i wykorzystywane przy odbiorze heterodynowym. Gęstość mocy promieniowania, nawet bez skupiania, jest niezwykle duża (do kilkuset megawatów na centymetr kwadratowy). Ponadto promieniowanie laserowe ma wszystkie właściwości typowych, klasycznie wytwarzanych fal radiowych, zaś różni się od nich jedynie długością fali. Podstawowymi elementami każdego lasera są: ośrodek laserujący, rezonator optyczny oraz źródło energii wraz z odpowiednim urządzeniem umożliwiającym dostarczanie jej, w odpowiedniej formie i ilości, do ośrodka (materiału) laserującego. Materiałem (ośrodkiem) laserującym może być ciało stałe, gaz lub ciecz. Elementem czynnym w materiale laserującym są atomy, jony lub molekuly (nazywane również mikrocząstkami materii), często stanowiące w nim tylko domieszkę o odpowiedniej koncentracji. Mikrocząsteczki te mogą znajdować się tylko w określonych stanach stacjonarnych, którym odpowiadają określone dyskretne stany energetyczne, czyli wartości energii układu atomowego. Przejście między stanami energetycznymi może nastąpić w wyniku emisji lub absorpcji promieniowania w postaci fali elektromagnetycznej lub w wyniku przeniesienia energii do innego układu. Przejście między stanami jest nazywane kwantowym, gdyż częstotliwość promieniowania pochłanianego lub emitowanego jest określona prawem Bohra: $h\nu = E_1 - E_2$, gdzie E_1 i E_2 oznaczają energię stanów, pomiędzy którymi zachodzi przejście, h - stała Plancka = $6,62 \cdot 10^{-27}$ erg s., ν - częstotliwość kwantu pochłoniętego lub wysłanego. Proces przenoszenia mikrocząstek materiału laserującego na wyższe (wzbudzone) poziomy energetyczne jest nazywany pompowaniem. Realizuje się go na przykład przez naświetlanie bardzo silnym strumieniem światła (pompowanie optyczne), przez zderzenia z szybkimi elektronami, przez zderzenia z pobudzonymi atomami lub w inny sposób. W procesie pompowania oraz generacji może być

Rozpoznanie czujnikowe - również jako nowy rodzaj rozpoznania elektronicznego - powinno mieć na celu zdobywanie oraz przetwarzanie informacji o przeciwniku, których nośnikami są fale sprężyste, tj. zakresu promieniowania innego niż radiowe (np. infradźwięki¹⁴, ultradźwięki¹⁵) oraz wszelkiego rodzaju uboczne efekty towarzyszące działaniom bojowym, na przykład: akustyczne, termiczne, sejsmiczne, naciiskowe, magnetyczne, chemiczne, zapachu itp. Do postrzegania materii pola walki, przez pryzmat fal sprężystych oraz w zakresie efektów magnetycznych i chemicznych środowiska, skonstruowano całą rodzinę urządzeń czujnikowych z szerokim zastosowaniem elektronicznej przemiany rejestrowanych efektów. Pozyskiwane informacje o siłach i środkach przeciwnika w wyniku prowadzonego rozpoznania czujnikowego powinny dotyczyć:

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

wykorzystane kilka poziomów energetycznych - zwykle trzy lub cztery. Promieniowanie jest zatem generowane z jedną częstotliwością (gdy przejście emisyjne odbywa się między jedną parą poziomów) lub z kilkoma częstotliwościami (przy korzystaniu z większej liczby poziomów). Emisja promieniowania z materiału laserującego ma charakter spontaniczny (wytwarzane fale nie są wówczas koherentne) lub wymuszony (stymulowany). W drugim wypadku emitowane kwanty są koherentne i zgodne z wymuszającym polem elektromagnetycznym, pochodzącym od tych kwantów emisji spontanicznej, których kierunek propagacji zgodny jest z osią rezonatora optycznego (interferometru). Dzięki dwóm równoległym zwierciadłom wiązka promieniowania odbija się kilkakrotnie i ulega wzmocnieniu przechodząc przez materiał laserujący. Warunkiem wystąpienia emisji wymuszonej jest dostarczenie dużej wartości wzmocnienia. Powstająca w rezonatorze fala spójnego promieniowania wyprawadzana jest na zewnątrz układu dzięki odpowiedniej konstrukcji rezonatora.

¹⁴Infradźwięki - fale sprężyste o częstotliwościach mniejszych niż 16 Hz, w więc leżące poniżej zakresu ludzkiej słyszalności. Fale te są słabo tłumione i dlatego rozprzestrzeniają się na duże odległości od źródła. Mogą być wykorzystane do rejestracji efektów sejsmicznych oraz eksplozji na polu walki.

- wskazywania celów do szczegółowego rozpoznania.

Rozpoznanie czujnikowe jest - zdaniem autora - perspektywnym rodzajem rozpoznania na szczeblach taktycznych. Umożliwia bowiem pozyskiwanie informacji rozpoznawczych z najbardziej niedostępnych stref¹⁶ w czasie zbliżonym do rzeczywistego.

Rozpoznanie informatyczne¹⁷ również jako perspektywny rodzaj rozpoznania elektronicznego - powinno być prowadzone z uwagi na masowy rozwój sieci informatycznych o zasięgu globalnym oraz lokalnym. Sieci informatyczne są bogatymi źródłami informacji o siłach i środkach przeciwnika. Pozyskiwanie tych informacji jest stosunkowo łatwe. Poza tym nie wymaga się ani skomplikowanych urządzeń ani też specjalistycznego przygotowania załóg. Przykładem w tym zakresie mogą być międzynarodowi piraci komputerowi (ang. *hackers*), którzy bez większych przeszkód włamują się do odpowiednio zabezpieczonych systemów komputerowych m. in. Pentagonu. Nie trzeba zatem „być wielkim i bogatym” aby skutecznie prowadzić rozpoznanie informatyczne. *Przebogate i niezmiernie wartościowe informacje dla rozpoznania ulokowane są również w promieniowaniu komputerowym.* Te nowe stosunkowo źródła są jeszcze mało dostępne dla organów rozpoznawczych naszych sił zbrojnych. Należy jednak uczynić wszystko aby barierę tę jak najszybciej pokonać od strony technologicznej i organizacyjnej.

Uzyskane informacje o przeciwniku w wyniku prowadzonego rozpoznania elektronicznego powinny być wykorzystywane w dwojaki sposób:

- *po pierwsze - na potrzeby WE do realizacji przedsięwzięć przeciwdziałania elektronicznego przeciwnika i obrony elektronicznej wojsk własnych.*
- *po drugie - na potrzeby informacyjnego (rozpoznawczego i elektronicznego) przygotowania pola walki. Z tych też względów stanowi ono ważne ogniwo procesu rozpoznania (zdobywania informacji o przeciwniku).*

¹⁵ Ultradźwięki - drgania i fale sprężyste o częstotliwościach większych niż 20 kHz, a więc leżące powyżej zakresu ludzkiej słyszalności. Mogą być wykorzystane do rejestracji efektów akustycznych (odgłosów) pola walki.

¹⁶ W przyszłości może być wysyłane w powietrze lub rozmieszczane na lądzie tysiące małych czujników. Miniaturowe czujniki zapachu mogą nawet wyczuć przeciwnika, bowiem unoszące się w powietrzu biosensory będą mogły śledzić żołnierzy na podstawie ich oddechów lub potu.

¹⁷ W USA jest jednym z elementów wojny informacyjnej.

3.2. Analiza sposobów zdobywania wiadomości rozpoznawczych

Przeprowadzone badania w zakresie teorii prowadzenia rozpoznania elektronicznego pozwoliły na sprecyzowanie następujących sposobów zdobywania danych rozpoznawczych:

- poszukiwanie,
- śledzenie,
- przechwytywanie,
- namierzanie,
- analizę techniczno-operacyjną,
- opracowanie danych z rozpoznania.

Poszukiwanie to - zdaniem autora - proces, którego celem jest wykrycie wszystkich źródeł promieniowania energii elektromagnetycznej występujących w określonym paśmie częstotliwości i wyselekcjonowanie tych, które należą do przeciwnika. W wyniku poszukiwania każdy wykryty sygnał zostaje poddany klasyfikacji, podczas której określa się, czy rzeczywiście sygnał ten został wypromieniowany przez poszukiwane urządzenie nadawcze. W klasyfikacji wykorzystuje się cechy operacyjno-techniczne źródła EM. Po określeniu, że sygnał został wyemitowany przez środki elektroniczne przeciwnika, następuje identyfikacja źródła rozpoznania. Obejmuje ona rejestrację przekazanej informacji, dokładny pomiar i określenie tych parametrów, których można dokonywać w tej fazie rozpoznania i za pomocą posiadanych środków.

W wyniku identyfikacji ustala się wszystkie możliwe dane o źródle rozpoznania, tj. kogo obsługuje, jakiego jest rodzaju, jaki ma charakter pracy, do jakiego rodzaju sił zbrojnych przynależy, jaki jest charakter przekazywanych przez nie informacji, jaki ma rodzaj sygnału i liczbę korespondentów oraz jakimi parametrami technicznymi się charakteryzuje itp.

Poszukiwanie w zadanym zakresie częstotliwości może być prowadzone za pomocą odbiorników ręcznie obsługiwanych metodą płynnego przestrajania lub panoramową, oraz za pomocą zautomatyzowanych urządzeń odbiorczych, najczęściej wspomaganych komputerami. Metoda panoramowa polega na tym, że określone pasmo częstotliwości jest ciągle obserwowane na monitorze, gdzie widma poszczególnych sy-

gnałów EM rejestruje się w formie impulsów.

W zależności od zastosowanych anten odbiorczych poszukiwanie można prowadzić *dookólnie lub w wybranym sektorze (kierunku)*, który jest punktem zainteresowania. Wykrycie więc źródła rozpoznania i określenie warunków odbioru zależą od wyboru miejsca rozwinięcia stacji rozpoznania. Wykryte źródła rozpoznania, w zależności od ich wartości rozpoznawczej podlegają dalszej obróbce, tj. przechwytywaniu lub śledzeniu, a także namierzaniu.

Śledzenie to - zdaniem autora - cykliczne kontrolowanie wcześniej rozpoznanych źródeł, okresowe rejestrowanie informacji, dokonywanie kontroli parametrów technicznych i namierzanie oraz porównywanie z poprzednimi danymi. Śledzenie może być związane także z wykrywaniem pracy źródła rozpoznania lub stwierdzeniem zmiany rodzaju przekazywanych informacji. Polega ono na przestrajaniu urządzeń rozpoznawczych według ustalonej kolejności i czasu na częstotliwości robocze (zapasowe) znanych źródeł w celu sprawdzenia (potwierdzenia) danych posiadanych o tym źródle. W rozpoznaniu radiowym śledzeniu podlegają źródła mniej wartościowe w sensie możliwości uzyskania danych o przeciwniku. W rozpoznaniu stacji radiolokacyjnych śledzenie jest podstawowym sposobem zbierania informacji.

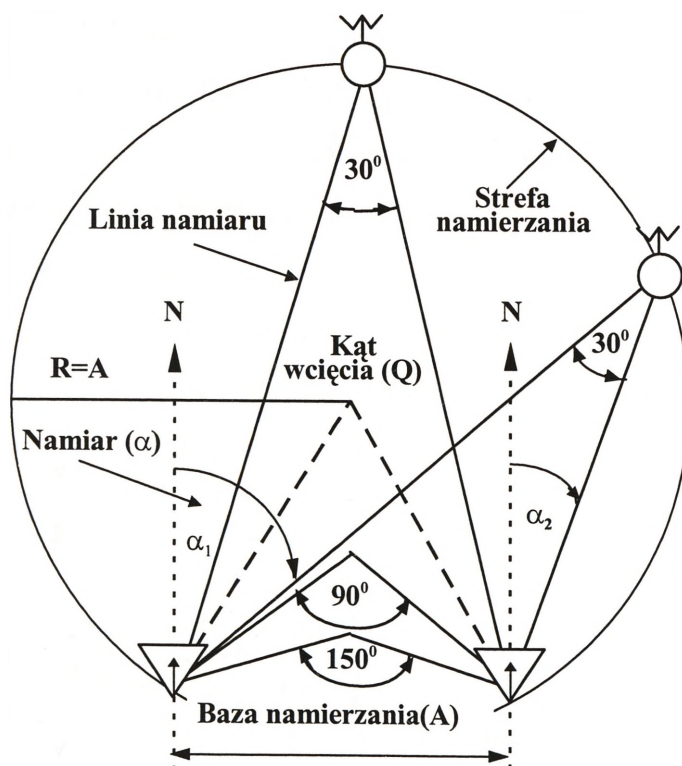
Przechwytywanie to - zdaniem autora - ciągłe odbieranie energii EM i rejestrowanie przekazywanej informacji. Polega ono na ustawieniu urządzenia odbiorczego na pożądaną częstotliwość pracy źródła rozpoznania i rejestrowanie informacji, zdarzeń i zmian, jakie wynikają z prowadzonej wymiany radiowej oraz na cyklicznym dokonywaniu pomiaru jego parametrów technicznych. Przechwytuje się więc te źródła, których sposób pracy i charakter przekazywanych informacji, mogą dostarczyć najwięcej danych o przeciwniku.

Przechwytywanie dzieli się na *ciągłe i okresowe*. Ciągłe nie wymaga opisu, okresowe natomiast polega na obserwacji pracy źródła w określonych przedziałach czasowych, np. w stałych seansach łączności lub w określonej sytuacji wojkowej.

Przechwytywanie organizuje się w skali samodzielnego pododdziału rozpoznania radioelektronicznego. Wykryte źródła dzieli się pomiędzy posterunki (stanowiska) rozpoznawcze, uściślając sposób pracy nad nimi.

Namierzanie elektroniczne jest - zdaniem autora - jednym z ważniejszych spo-

sobów zdobywania danych rozpoznawczych. Namierzanie polega na określeniu położenia pracujących źródeł metodą współrzędnych wielobiegunowych (metodą wcięć). Biegunami nazywane są punkty rozwinięcia namierników, a współzrędnymi biegunowymi - azymuty (geograficzne, magnetyczne lub topograficzne), wyznaczone przez te namierniki na pracujące źródła. Ww. azymuty (linie namiaru) na pracujące źródła określa się przez dokonanie namiaru¹⁸ przy pomocy namierników, stacji rozpoznania radiolokacyjnego i innych urządzeń, które posiadają anteny kierunkowe i pozwalają na odczytanie namiaru (azymutu). Grupa namierników, rozmieszczona na pewnym obszarze i kierowana z jednego stanowiska dowodzenia stanowi system namierzania. W skład systemu namierzania wchodzi stanowisko dowodzenia, posterunki namierzania i środki łączności. Pojęcia występujące w namierzaniu przedstawiono graficznie na rysunku 6.



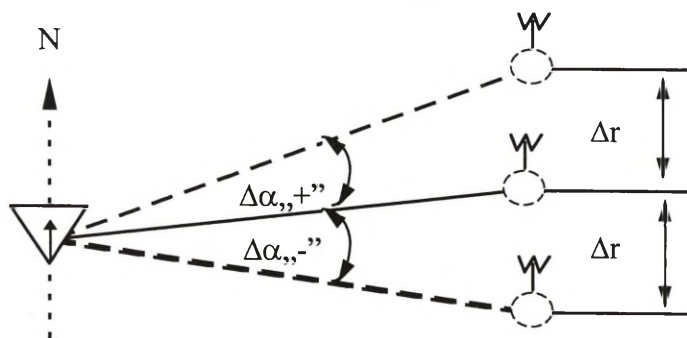
Rys.6. Graficzne przedstawienie pojęć namierzania elektronicznego

Zatem określenie położenia pracujących radiostacji jest możliwe przy pomocy nie mniej niż dwóch namierników, rozmieszczonych w określonej odległości od siebie

¹⁸ Namiar jest to dodatni kąt (α) zawarty między kierunkiem północy magnetycznej (geograficznej, topograficznej) a kierunkiem na namierzone pracujące źródło rozpoznania. Odczyt namiaru przeprowadza się zgodnie

w terenie. Tę odległość nazywamy podstawą (bazą) namierzania (A). W przypadku dokonania namiaru przy pomocy trzech i więcej namierników podstawa namierzania jest uzależniona od głębokości i założonej dokładności określenia położenia źródła promieniowania¹⁹. Dokładność lokalizacji warunkuje między innymi kąt wcięcia (Q). Jest to kąt zawarty między liniami namiarów. Linia namiaru natomiast jest to prosta poprowadzona z punktu rozwinięcia namiernika w kierunku miejsca rozmieszczenia źródła namierzania. Największą dokładność uzyskuje się przy kącie wcięcia równym 90° , zaś granicznymi wartościami są 30° i 150° . Na tej podstawie określa się głębokość rozpoznania, tzw. strefę namierzania, którą określa okrąg o promieniu (R) równym podstawie namierzania.

Pomiar namiarów wykonuje się zwykle z pewnym błędem. Błąd w pomiarze wyraża się w stopniach i nazywa się *błędem kątowym*. Błąd kątowy powodowany jest właściwościami rozchodzenia się fal radiowych, warunkami terenowymi bezpośrednio otaczającymi namiernik, małą dokładnością przyrządów oraz subiektywnymi błędami operatorów. Błędy kątowe prowadzą do niewłaściwego określenia położenia źródła namierzania w terenie. Dokładność namierzania wyraża się również *błędem liniowym*, który charakteryzuje największą odległość między rzeczywistym położeniem namierzanego źródła a azymutem otrzymanym w momencie namierzania. **Pojedynczy namiernik** wnosi błąd kątowy, w wyniku powstaje błąd liniowy boczny (rysunek 7).



Rys. 7. Błąd liniowy namiernika

z ruchem wskazówek zegara od kierunku północnego, który przyjmuje się za początek.

¹⁹ Teoretycznie, jeśli wszystkie namierniki lokalizują tę samą stację, linie namiarów winny się przecinać w jednym punkcie, punkt ten przeniesiony na mapę powinien odzwierciedlać rzeczywiste położenie.

Wielkość błędu liniowego zależy od odległości od namierzanego źródła i błędu kąto-
wego namiernika. Jeżeli znana jest odległość od źródła namierzania, to błąd liniowy
(boczny) jednego namiernika oblicza się z zależności:

$$\Delta r = 0,0175 \cdot R \cdot \Delta \alpha$$

gdzie:

- Δr - błąd liniowy (boczny) w kilometrach,
- R - odległość od źródła w kilometrach,
- $\Delta \alpha$ - błąd kątowy (w stopniach), obliczany na podstawie zależności:

$$\Delta \alpha = \alpha_r - \alpha_n$$

- α_r - kąt określający rzeczywisty kierunek na źródło,
- α_n - azymut określony przez namiernik.

Wielkość błędów liniowych dla pojedynczego namiernika w zależności od od-
ległości i błędu kątowego przedstawiono w tabeli 1.

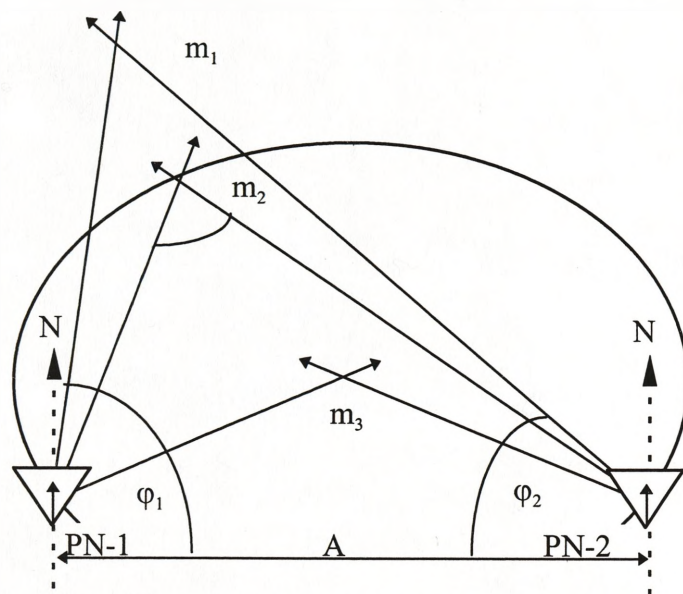
Tabela 1

**Wielkość
błędów liniowych dla pojedynczego namiernika**

Błąd kątowy	Odległość od źródła namierzania (km)					
namiernika	1	100	200	300	400	500
(stopnie)	Błąd liniowy (m)					
0,5	8,7	873	1745	2618	3491	4363
1	17,5	1745	3491	5236	6982	8727
2	34,9	3492	6984	10476	13968	17460
3	52,4	5241	10482	15722	20963	26204

Przy określeniu miejsca położenia źródła przez 2 lub więcej namierniki, błąd liniowy może być w każdym kierunku, a jego wielkość będzie zależała od kształtu fi-
gury geometrycznej utworzonej przez namiary, a także od wielkości bazy namierzania
oraz dokładności naniesienia linii namiarów na mapę.

Przy **dwóch namiernikach**, dla określenia wielkości błędu liniowego, należy
narysować półokrąg o promieniu $1/2 A$ przechodzący przez punkty położenia namier-
ników (nr 1, nr 2). Półokrąg do obliczania błędów liniowych przedstawia na rysunek 8.



Rys.8. Półokrąg do obliczania błędów liniowych

Jeżeli źródło będzie się znajdować *wewnątrz okręgu*, błąd liniowy oblicza się według wzoru:

$$\Delta r = 0,0175 \frac{A * \Delta \alpha}{\sin(\Phi_1 + \Phi_2)}$$

gdzie:

- Δr - największy błąd liniowy [km],
- A - podstawa namierzania [km],
- $\Delta \alpha$ - błąd kątowy PN nr 1 i PN nr 2 [km],
- Φ_1, Φ_2 - kąt między namiarem a podstawą namierzania [w stopniach].

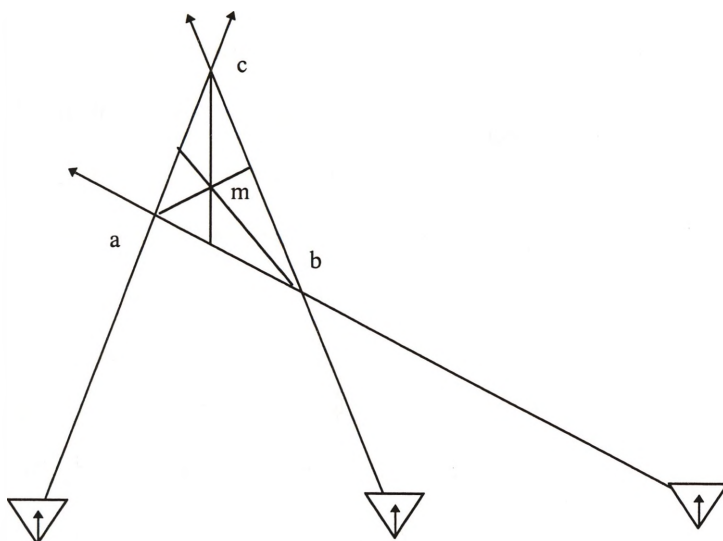
Natomiast błąd liniowy dla źródła namierzania, znajdującego się *poza okręgiem*, oblicza się stosując wzór:

$$\Delta r = 0,0175 A * \Delta \alpha \frac{\sqrt{\sin^2 \Phi_1 + \sin^2 \Phi_2 - 2 \sin \Phi_1 * \sin \Phi_2 * \cos(\Phi_1 + \Phi_2)}}{\sin^2(\Phi_1 + \Phi_2)}$$

Mając **trzy namierniki**, w trójkącie abc (rysunek 9) przeprowadza się dwusieczne kątów. Punkt ich przecięcia wyznacza miejsce położenia źródła. Ogólnie przyjęto, że mniejszy trójkąt przecięć świadczy o większej dokładności i odwrotnie: im większy trójkąt, tym mniejsza dokładność.

W rzeczywistości teoria ta nie zawsze jest prawdziwa, stąd wielkość trójkąta nie stanowi kryterium dokładności określenia położenia źródła. Badania wykazują, że 75 % źródeł znajduje się poza trójkątem²⁰. Wtedy określenie położenia źródła według punktu przecięcia może okazać się błędne.

W takich przypadkach bardziej przydatną metodą dla określania wielkości błędów liniowych jest matematyczna teoria błędów. W namierzaniu pozwala ona określić rejon w kształcie elipsy, wewnątrz której znajduje się źródło namierzania, z założonym prawdopodobieństwem²¹



Rys. 9. Trójkąt namierzania przy trzech namiernikach

Analiza oceny dokładności namierzania wykazuje, że wielkość błędu liniowego zależy od trzech zasadniczych czynników:

- odległości od namierzanego źródła,
- błędu kąтового namierników,
- wielkości podstawy namierzania.

W praktyce zmniejszenie błędu liniowego można uzyskać następująco:

- zwiększeniem liczby namierników w sieci namierzania,
- właściwym wyborem podstawy namierzania i rejonów rozwinięcia namierników,
- wielokrotnym namierzaniem tego samego źródła,

²⁰ Organizacja i prowadzenie rozpoznania radioelektronicznego. Sztab Gen. WP, Warszawa 1979

²¹ Szerzej o matematycznej teorii błędów, zob. L.Ciborowski, Metodyka obliczania efektywności krótkofalowego rozpoznania radiowego. ASG WP, Warszawa 1989

- dbałością o wysoką sprawność techniczną sprzętu i wysoki poziom wyszkolenia załóg.

Zaprezentowane błędy namierzania dotyczą namierników amplitudowych. Są one dotychczas najczęściej wykorzystywane. Podstawowymi metodami procesu namierzania amplitudowego są:

- namierzanie na maksimum sygnału,
- namierzanie na minimum sygnału,
- namierzanie przez porównywanie amplitud lub w strefie równosygnałowej.

Namierzanie metodą amplitudową *według maksimum* polega na wykorzystaniu głównego listka charakterystyki anteny kierunkowej namiernika z wyraźnie zaznaczonym maksimum. Podczas określania namiaru anteny obracają się aż do osiągnięcia maksymalnej wielkości odbieranego sygnału. Główną zaletą tej metody jest prostota określenia namiaru, możliwość jego określania podczas ciągłego ruchu anteny środka rozpoznawczego i optymalnego stosunku sygnału do szumów w momencie odczytu. Główną z kolei wadą tej metody jest mała dokładność namiaru, ponieważ maksimum charakterystyki anteny kierunkowej jest stosunkowo „tępe” i moc odbieranych sygnałów zmienia się nieznacznie podczas niedużych odchyłeń od osi tej charakterystyki. Metoda ta znajduje najszersze zastosowanie w zakresie fal decymetrowych i centymetrowych, na których można stosunkowo łatwo uzyskać wąską charakterystykę anteny, a tym samym zwiększyć dokładność namiaru.

Namierzanie *według minimum* odbywa się przez wykorzystanie minimum charakterystyki anteny kierunkowej, np. w postaci kardiody. Taką charakterystykę można osiągnąć przy zastosowaniu dwóch anten: z charakterystyką ósemkową (antena ramowa) i dookólną (antena prętowa).

Namierzanie metodą *porównania amplitud sygnałów* oparte jest na porównaniu amplitud sygnałów przyjętych przez różne anteny stałe. Stosowane jest przy systemie antenowym o charakterystyce dwuósemkowej. Pozwala to prowadzić namierzanie dokładne.

Jednym z najbardziej rozpowszechnionych sposobów w metodzie amplitudowej jest namierzanie *według równosygnałowej strefy* oparte na wykorzystaniu jednej anteny formującej dwie wiązki lub dwóch anten ściśle ze sobą sprzęgniętych, których cha-

rakterystyki kierunkowe odchylone są o pewien kąt względem siebie. Po wykryciu źródła (celu) system antenowy obraca się (ręcznie lub automatycznie) do czasu, kiedy amplitudy sygnałów przyjęte przez dwie anteny zrównają się. Świadczy to o tym, że cel znajduje się w równosygnałowym kierunku. System namierzania z równosygnałową strefą cechuje wysoka zdolność rozróżniania oraz stosunkowo duża dokładność określenia namiaru (do $1,0^\circ$ – $1,5^\circ$). Wadą tego systemu jest niższa czułość w porównaniu z metodą namierzania według maksimum i konieczność utrzymania jednakowego poziomu wzmocnienia w obu kanałach odbiorczych.

W namiernikach amplitudowych, nawet zakładając optymalne warunki ich pracy błąd kątowy oscyluje w granicach od 1° do $2,5^\circ$ co daje sektor od 3° do 5° . Wielkości te świadczą o stosunkowo małej dokładności namierzania tych urządzeń. Bardziej precyzyjna lokalizacja jest możliwa w innych technikach namierzania.

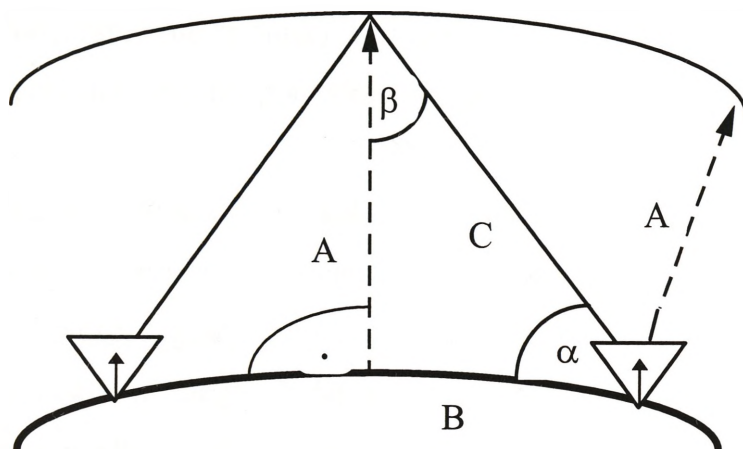
Obniżenie błędu namiaru poniżej 1° umożliwia *namierzanie fazowe*. Nowoczesne namierniki fazowe, wykorzystujące rozniesiony system antenowy, dokonują pomiaru przesunięcia fazowego namierzanego sygnału z dużą precyzją. Pozwala to na dokładniejszą lokalizację źródła namierzania. Rozniesiony system antenowy może się składać od wieloelementowego zestawu dla zakresu KF, np. 33-elementowego zestawu antenowego dla zakresu VHF/UHF.

Inną technikę lokalizacji źródeł rozpoznania elektronicznego z jednego namiernika przedstawiają *namierniki dalmiercze*. Namiernik dalmierczy dokonuje aktywnie pomiaru wysokości jonosfery (warstwy F_2), a następnie namiaru na pracujące źródło, określając jednocześnie kąt, pod jakim dociera do jego systemu antenowego namierzany sygnał radiowy. Na tej podstawie może określić kierunek pracującego źródła oraz jego odległość. Ze względu na niejednorodność warstwy jonosfery, pomiar odległości jest mało precyzyjny i może wskazywać przybliżony rejon, w którym znajduje się źródło. Graficzną ilustrację namierzania przy pomocy miernika dalmierczego przedstawiono na rysunku 10.

Znając wartość A oraz kąt α , wyliczenie odległości $2xB$ można obliczyć z zależności:

$$B = \frac{A}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{A}{\operatorname{ctg} \beta}$$

Przy czym przyjmuje się, że kąt między A i B jest kątem prostym.



Rys.10. Zasada namierzania przy pomocy namiernika dalmierczego

Namierzanie za pomocą aparatury zamontowanej na środkach ruchomych²² ma coraz szersze zastosowanie w obecnych czasach. Najczęściej namierniki i aparatura rozpoznania systemów radiolokacyjnych są montowane na środkach powietrznych (samolotach, śmigłowcach). Lokalizacja wyżej wymienionych środków polega na dokonaniu kilkukrotnego namiaru na to samo źródło, z różnych pozycji danego środka. Namierzając w ten sposób muszą być spełnione dwa warunki: pierwszy - dosyć długi czas pracy namierzanego źródła, drugi - precyzyjne określenie własnego położenia w chwili namierzania.

Namierzanie można prowadzić w obecnych czasach na *trzy sposoby*:

- automatycznie (synchronicznie),
- na komendę,
- według zadań stałych.

Namierzanie synchroniczne (automatyczne) polega na jednoczesnym wykonaniu namiarów przez wszystkie namierniki danego systemu namierzania. Sterowanie namiernikami ze stanowiska dowodzenia (GAD) jest realizowane przy wykorzystaniu elektronicznych urządzeń automatycznego sterowania (komputerów) i przesyłania informacji. Namierzanie synchroniczne jest realizowane przy pełnej automatyzacji systemu namierzania.

²² Dotychczas opisane metody lokalizacji źródeł dotyczą namierników rozmieszczonych nieruchomo i precyzyjnie dowiązanych do terenu.

Namierzanie na komendę polega na określeniu azymutów (namiarów) przez wszystkie namierniki jednego systemu na podstawie rozkazów i komend przekazywanych do nich jednocześnie (na okólnik). Komendy mogą być podawane ze stanowiska kierowania namierzaniem lub bezpośrednio ze stanowisk rozpoznawczych (śledzenia lub przechwyty).

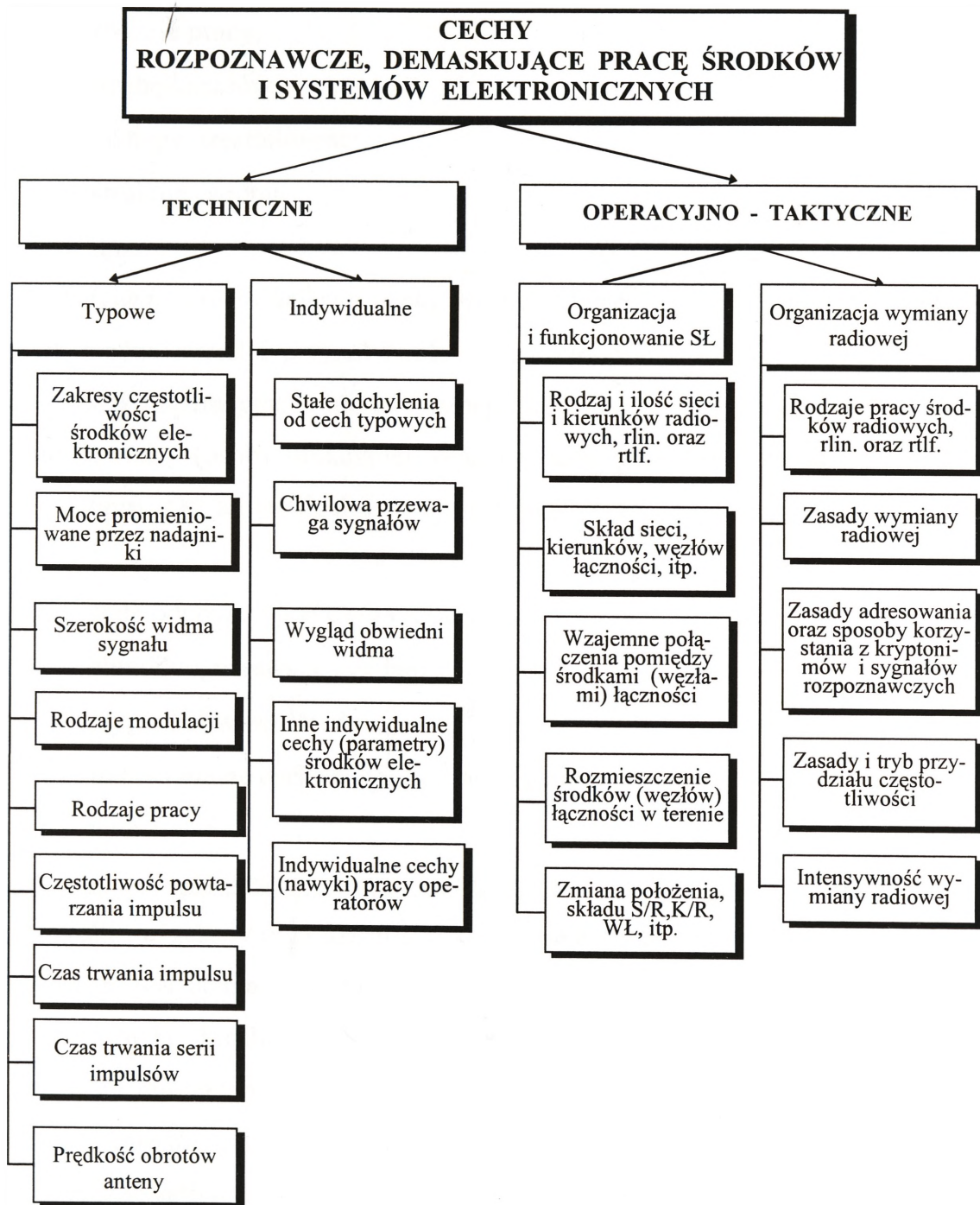
Namierzanie według zadań stałych polega na wykonaniu namiarów przekazywanych operatorom wcześniej w specjalnym harmonogramie (wykazie), w którym określa się częstotliwość, sygnały rozpoznawcze, czas oraz charakter pracy namierzanego środka radioelektronicznego. Zadania namierzania opracowuje grupa analizy danych. Namierzanie według zadań stałych jest podstawowym sposobem kierowania namierzaniem środków pracujących bardzo krótkimi seansami. Do namierzania tych środków wydziela się specjalne namierniki i odbiorniki, które wcześniej nastraja się na wiadomą lub prawdopodobną częstotliwość pracy tych środków.

Analiza techniczno-operacyjna powinna obejmować działalność wydzielonych sił i środków rozpoznania zmierzających do określenia cech techniczno-operacyjnych źródeł promieniowania²³ energii elektromagnetycznej zarówno znanych jak i nowo wykrytych, oraz wypracowanie zaleceń dotyczących rejestracji emisji radiowych bądź sygnałów radiotechnicznych emitowanych przez te źródła. Podział cech rozpoznawczych demaskujących pracę środków elektronicznych ze szczególnym uwzględnieniem środków i systemów łączności przedstawiono na rysunku 11.

Techniczne (informacyjne) cechy rozpoznawcze - to właściwości urządzeń elektronicznych, które promieniują energię elektromagnetyczną. Wynikają ze sposobów i rodzajów pracy oraz pozwalają jednocześnie rozróżniać te urządzenia między sobą. Można podzielić je na:

- typowe (zbiorowe, ogólne lub grupowe),
- indywidualne.
- *Typowe techniczne cechy rozpoznawcze* - to wielkości, które umożliwiają określenie charakterystyk środka elektronicznego przyporządkowując go do określonej klasy lub grupy.

²³ Identyfikację środków elektronicznych prowadzi się obecnie według charakterystyki ich widma. Podobnie jak człowieka wyróżnia się spośród innych ludzi na podstawie linii papilarnych.



Rys. 11. Podział cech demaskujących pracę środków i systemów elektronicznych

Do typowych technicznych cech rozpoznawczych - środków elektronicznych (łączności) można zaliczyć:

- zakresy częstotliwości środków radioelektronicznych,
- moce promieniowane przez nadajniki,
- szerokości widma sygnałów,

- rodzaje modulacji,
- rodzaje pracy,
- liczbę kanałów,
- odstępów częstotliwości,
- strukturę widma,
- inne.

Indywidualne techniczne cechy rozpoznawcze - to wielkości i parametry, wg których można określić przynależność środka elektronicznego do rodzaju sił zbrojnych, związku operacyjnego lub taktycznego, do odpowiedniego stanowiska dowodzenia lub dowódcy (osoby funkcyjnej) oraz wyróżnić go spośród tej samej klasy (tego samego typu). Do indywidualnych technicznych cech rozpoznawczych należy zaliczyć:

- stałe odchylenia od cech typowych,
- chwilową przewagę sygnałów,
- wygląd obwiedni widma,
- indywidualne cech (nawyki) pracy operatorów,
- inne.

Operacyjno-taktyczne cechy rozpoznawcze - to takie charakterystyki, wg których określa się zasady organizacji i wykorzystania środka promieniowania elektromagnetycznego w systemach łączności, dowodzenia i kierowania uzbrojeniem. Powyższe cechy pozwalają określić skład bojowy i ugrupowanie wojsk oraz wnioskować o jego działaniach i zamiarach. Można podzielić je na dwie grupy.

1. *Cechy charakterystyczne organizacji i funkcjonowania systemu łączności*, do których można zaliczyć:

- rodzaj i ilość sieci i kierunków radiowych organizowanych w danym systemie łączności,
- skład poszczególnych sieci, kierunków i węzłów łączności,
- wzajemne powiązania węzłów bezprzewodowymi liniami łączności,
- rozmieszczenie węzłów łączności i środków łączności w terenie, na określonych rubieżach i sposób zmiany położenia w toku walki,

- inne),

2. *Cechy charakterystyczne organizacji wymiany radiowej*, do których można zaliczyć:

- rodzaje pracy radiostacji,
- stosowane zasady wymiany radiowej, adresowania, korzystania z kryptoni-mów i sygnałów rozpoznawczych,
- tryb przydziału i zmiany częstotliwości,
- intensywność wymiany radiowej,
- treść korespondencji,
- inne.

Zaprezentowany podział cech rozpoznawczych, demaskujących pracę środków elektronicznych pozwala postawić, że mają one obiektywny charakter i wynikają z określonego sposobu i warunków ich wykorzystania, przynależności do kraju, rodzaju sił zbrojnych, rodzaju uzbrojenia, organu dowodzenia i właściwości pracy w systemach dowodzenia i kierowania środkami bojowymi. Cechy te mogą i powinny być wykorzystywane w toku realizacji zadań analizy techniczno-operacyjnej, które można podzielić na dwie grupy:

- grupa zadań z rozpracowaniem systemu rozpoznania (nauczeniem) oraz określenia jego elementów, do której można zaliczyć: ujawnianie (wykrywanie) nowych rodzajów źródeł rozpoznania, wykrywanie nowych cech rozpoznawczych z grupy technicznej, opracowanie charakterystycznych wzorców (wzorów) poszczególnych rodzajów nadawań, itp.
- grupa zadań związanych z podniesieniem efektywności prowadzenia poszukiwania i śledzenia.

Zatem analiza techniczno-operacyjna powinna polegać na ustaleniu cech szczególnych urządzeń nadawczych środkami technicznymi przez rozkład i badanie widma EM i innych cech charakterystycznych tego widma. Na podstawie tej analizy można przypisać danej emisji (a przez to i nadajnikowi) takie cechy, które wyróżniają go spośród innych. Pozwala to przy kolejnych analizach bardzo łatwo ustalić przynależność danych środków elektronicznych do odpowiedniego szczebla dowodzenia.

Wszystkie uzyskane informacje z technicznych środków rozpoznania podlegają analizie i opracowaniu przez zespoły ludzi (oficerów)²⁴ grup analizy danych (GAD).

Prowadzi się ją według następujących etapów:

- studiowanie i gromadzenie zdobytych informacji w miarę ich napływu,
- łączenie zdobytych informacji w jedną całość,
- studiowanie całości sytuacji wynikłej z usystematyzowania zdobytych wiadomości rozpoznawczych,
- informowanie.

Analiza ma za zadanie logiczne uporządkowanie wszystkich informacji i wyciągnięcie wniosków ze składu i ugrupowania wojsk przeciwnika, stanu bojowego, działalności i zamierzeń, rozmieszczenia stanowisk dowodzenia, organizacji dowodzenia, systemów łączności, systemów radiolokacyjnych, sterowania itp.

Uzyskane informacje z rozpoznania elektronicznego powinny służyć jako dane sytuacyjne do oceny przeciwnika oraz prowadzenia przeciwdziałania elektronicznego.

3.3. Wybrane kryteria i wskaźniki efektywności rozpoznania elektronicznego

Prowadzenie skutecznego rozpoznania elektronicznego, jak już wcześniej autor starał się przedstawić zależy nie tylko od właściwej jego organizacji i sprawnego prowadzenia, lecz także od wielu innych warunków i czynników.

Pierwszym, podstawowym i niezbędnym warunkiem prowadzenia rozpoznania elektronicznego jest *praca źródeł rozpoznawczych*. Inaczej mówiąc, pracujące źródła tworzą określoną sytuację elektroniczną i w ten sposób umożliwiają prowadzenie rozpoznania.

Drugim, niezbędnym warunkiem jest *dostęp energetyczny urządzeń rozpoznawczych do tej sytuacji radioelektronicznej*. Zależy on od gęstości energii elektromagnetycznej oraz fizycznych możliwości urządzeń rozpoznawczych.

Na gęstość energii mają wpływ następujące czynniki:

- liczba, moc i odległość rozpoznawanych nadajników,

²⁴ W niektórych systemach mogą tego dokonywać komputery według opracowywanych programów

- wyniesienie i kierunkowość anten nadawczych,
- warunki propagacji fal radiowych,
- rodzaje modulacji i pracy.

Fizyczne możliwości urządzeń rozpoznawczych z kolei określają:

- liczba (przepustowość) urządzeń rozpoznawczych,
- wyniesienie i zysk anten odbiorczych,
- czułość i selektywność odbiorników,
- zakres odbieranych częstotliwości,
- przystosowanie do odbioru poszczególnych rodzajów modulacji i pracy,
- bezwładność urządzeń.

Liczba, moc i odległość nadajników oraz wyniesienie i kierunkowość ich anten decyduje o ilości energii elektromagnetycznej, która może dotrzeć do urządzeń rozpoznawczych.

Warunki propagacji fal radiowych, oddziałują wprost proporcjonalnie na gęstość energii w rozpoznawanym obszarze - im lepsze, tym gęstość energii większa. Na gęstość energii, wbrew pozorom, ma również wpływ rodzaj stosowanej modulacji. W odróżnieniu od analogowych modulacji, skupiających energię w wąskim przedziale częstotliwości, cyfrowe modulacje z widmem rozproszonym, charakteryzują się emisją sygnałów na poziomie naturalnych szumów elektromagnetycznych.

Liczba, przepustowość i bezwładność urządzeń rozpoznawczych²⁵, rzutuje na możliwości objęcia rozpoznaniem całej sytuacji radioelektronicznej.

Czułość i selektywność urządzeń wpływa zaś na możliwości systemu rozpoznawczego do "wyławiania" słabych sygnałów spośród innych, mocniejszych, będących w bezpośrednim sąsiedztwie kanałowym.

Wyniesienie anten urządzeń rozpoznawczych oraz ich zysk antenowy, rzutuje na możliwości objęcia rozpoznaniem elektronicznym obszaru działań, tj. na głębokość **rozpoznania elektronicznego**.

Głębokość rozpoznania elektronicznego w zakresie fal bezpośrednich ograni-

²⁵ Bezwładność urządzeń oraz systemu obiegu informacji, oprócz wpływu na możliwości rozpoznawcze, ma również wpływ na czas taktycznej i operacyjnej reakcji ogniowej. Im mniejsza bezwładność systemu, tym krótszy czas reakcji.

czona jest horyzontem radiowym, który uzależniony jest od wielu czynników oraz zakresu częstotliwości:

1. W odniesieniu do poszukiwania i wykrywania:

$$\text{– dla } f = 1 \div 30 \text{ MHz} \quad D = \frac{80}{\sqrt[3]{f}} \quad (1)$$

$$\text{– dla } f > 30 \text{ MHz} \quad D = 4,12 \left(\sqrt{h_n} + \sqrt{h_o} \right) \quad (2)$$

$$\text{– dla } f \text{ zakresu GHz} \quad D = 3,57 \left(\sqrt{h_n} + \sqrt{h_o} \right) \quad (3)$$

2. W odniesieniu do namierzania:

Uzależniona jest od horyzontu radiowego oraz wzajemnego usytuowania namierników radiowych. W tym względzie mogą występować cztery charakterystyczne przypadki:

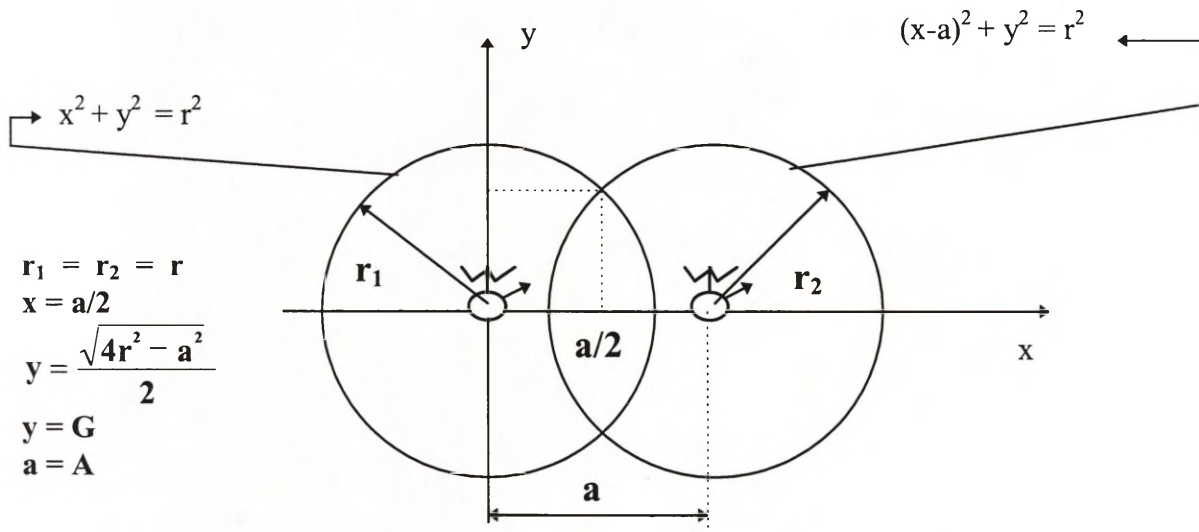
- $D \leq A/2$ - brak obszaru namierzania,
- $A/2 < D < A$ - na danych obszarach mogą namierzać tylko sąsiadujące namierniki,
- $D < A$ (skrajnych) lecz $>$ od sąsiadujących namierników - tylko na niewielkich obszarach może funkcjonować cała sieć namierzania,
- $D \geq A$ (skrajnych namierników) - cała sieć może namierzać na stosunkowo dużym obszarze.

Jeżeli horyzont radiowy D dwukrotnie przekracza wartość A wówczas można stosować kryterium geometrycznego usytuowania, a kąty wcięcia będą zawierać się w granicach $30^\circ \div 150^\circ$ (rysunek 5). *Wymaganie trudne do spełnienia na szczeblu taktycznym, gdyż po przekształceniu zależności (2) można obliczyć h_o*

$$h_o = h_n + \frac{D(D - 8,24 \sqrt{h_n})}{16,97}$$

- przy $A = 20 \text{ km}$, $h_n = 4 \text{ m}$. wartość h_o (wysokość anten namierników powinna wynosić około 60 m),
- przy $A = 30 \text{ km}$, $h_n = 4 \text{ m}$. wartość h_o (wysokość anten namierników powinna wynosić około 157, 87 m).

Przy określaniu głębokości namierzania można posłużyć się również matematycznymi *metodami analitycznymi*. Polegają one na rozwiązaniu układu równań dwóch okręgów, których promienie odpowiadają horyzontom radiowym poszczególnych par namierników, a przesunięcie środków okręgów na osi rzędnych - podstawie namierzania.



Po przekształceniu wzoru 1:

$$G_{UKF} = \frac{\sqrt{68(h_n + \sqrt{h_n h_o} + h_o) - A^2}}{2} \quad [\text{km}]$$

Po przekształceniu wzoru 2:

$$G_{KF} = \frac{2560 \frac{1}{\sqrt[3]{f^2}} - A^2}{2} \quad [\text{km}]$$

Kolejnym, istotnym czynnikiem determinującym proces rozpoznania elektro-nicznego jest *ugrupowanie sił i środków*. Powinno ono zapewnić:

- rozpoznanie przeciwnika na głębokość wynikającą z potrzeb szczebla, na którego korzyść jest prowadzone,
- optymalne warunki rozpoznania w rejonie lub obszarze zainteresowania,
- ciągłość procesu rozpoznawczego podczas zmiany położenia elementów rozpoznawczych (w toku prowadzenia działań bojowych),

- skrytość rozmieszczenia, rozwijania i pracy elementów rozpoznawczych (przed obserwacją przeciwnika),
- sprawny obieg informacji między elementami ugrupowania.

Przyjęcie odpowiedniego ugrupowania wiąże się z wyborem odpowiedniego rejonu rozwinięcia sił i środków. Rejony, w których planuje się rozwijanie elementów rozpoznania elektronicznego powinny zapewniać:

- odpowiednie miejsca dla rozśrodkowanego rozwinięcia urządzeń rozpoznawczych i łączności oraz rozmieszczenia pododdziałów (załóg),
- naturalne warunki maskowania i zabezpieczenia przed środkami rażenia,
- możliwość wykonania schronów i ukryć dla zespołów obsługujących,
- możliwość korzystania z istniejących źródeł wody lub stałego i szybkiego jej dowozu,
- możliwości organizowania ochrony i obrony.

Ponadto, przy wyborze rejonów rozwinięcia, trzeba brać pod uwagę ukształtowanie i pokrycie terenu, uwzględniając jego wpływ na propagację fal elektromagnetycznych, warunki odbioru itp. Elementy rozpoznania elektronicznego należy rozmieszczać na wzniesieniach, fałdach terenowych lub na obszarze równinnym w terenie odkrytym - na kierunku rozpoznania. Nie powinno się rozmieszczać pododdziałów (elementów) w pobliżu urządzeń i konstrukcji oddziałujących na warunki pracy środków rozpoznawczych, w sąsiedztwie dużych zakładów przemysłowych, węzłów komunikacyjnych, magazynów uzbrojenia, paliw, dużych przepraw wodnych, w głębi masywów leśnych oraz obiektów wyróżniających się w terenie.

Na proces rozpoznania elektronicznego mają wpływ (*w zależności od zakresu częstotliwości*) *pory roku, doby i warunki atmosferyczne*. Pory roku i doby wpływają na poziom jonosfery, warunki atmosferyczne na poziom troposfery i tłumienność, szczególnie w zakresie mikrofal. Poziom jonosfery oddziałuje na rozprzestrzenianie się fal radiowych niższych zakresów częstotliwości (KF), poziom troposfery i warunki atmosferyczne - na zasięg stacji radioliniowych oraz innych urządzeń wykorzystujących zakres ultrakrótkofalowy.

Jonosferę tworzą molekuly gazu zjonizowane pod wpływem promieniowania ultrafioletowego i kosmicznego. Pod wpływem wymienionych czynników oraz przy

równomiernym rozkładzie temperatury i gęstości gazów, w jonosferze tworzą się co najmniej cztery oddzielne warstwy zjonizowane: D, E, F1 i F2. Warstwa D znajduje się na wysokości 60-70 km, tylko od strony oświetlonej przez Słońce i odbija tylko fale długie, absorpcja tej warstwy jest niestała. Warstwa E występuje na wysokości 90-125 km i istnieje tylko w dzień. Warstwa F²⁶ natomiast (200-300 km) dzieli się na wysokości około 200 km na F1 i F2 na wysokości ok. 300 km. W nocy obie warstwy się łączą. Warstwa E wpływa na rozprzestrzenienie się fal średnich, warstwa F - fal krótkich. Duża aktywność Słońca wywołująca silną jonizację, może spowodować zaniki sygnału radiowego w zakresie krótkofalowym.

Troposfera to najniższa warstwa atmosfery od 0 do 17 km (nad poziomem morza) w zależności od szerokości geograficznej. W troposferze tworzą się chmury i powstają duże prądy powietrzne. Odbicia troposferyczne wywoływane są niejednorodnością przenikalności elektrycznej powietrza, powstającej na granicy jego mas o różnych charakterystykach. W odbiciach troposferycznych jonizacja powietrza nie odgrywa żadnej roli. Intensywność odbić jest nieduża, współczynnik odbicia wynosi $10^{-3} - 10^{-4}$.

Niesprzyjające warunki atmosferyczne (obfite opady śniegu, deszcz) utrudniają proces rozpoznania elektronicznego w wyższych zakresach częstotliwości.

Wysokie wartości czynników wpływających na skuteczność rozpoznania świadczą o jego efektywności. W rozpoznaniu elektronicznym "efektywność" jest interpretowana jako wskaźnik wyrażający stosunek efektu działalności rozpoznawczej określonego potencjału sił i środków do optymalnych możliwości tego potencjału. Przez efekt - należy rozumieć liczbę wykrytych i zlokalizowanych obiektów źródeł w danej jednostce czasu, a przez optymalne możliwości - maksymalną liczbę wykrytych i zlokalizowanych źródeł rozpoznania, na które pozwalają możliwości techniczne sprzętu oraz warunki terenowe i propagacyjne. Efektywność rozpoznania elektronicznego może być odniesiona do reprezentatywnych i mierzalnych takich czynników jak:

- proces poszukiwania i wykrywania źródeł (obiektów),
- proces lokalizacji (namierzania) tych źródeł (obiektów).

²⁶ Ma szczególnie wpływ w czasie natężenia występowania plam słonecznych

Nie może natomiast ujmować czynników niemierzalnych, np. czynnika ludzkiego. Ogólny wzór na obliczanie efektywności rozpoznania elektronicznego można przedstawić w postaci:

$$E_r = \frac{E_p}{2M_p} + \frac{E_l}{2M_l}$$

gdzie:

- E_r - efektywność rozpoznania elektronicznego,
- E_p - efekt poszukiwania i wykrywania,
- E_l - efekt lokalizacji,
- M_p - optymalne możliwości poszukiwania i wykrywania,
- M_l - optymalne możliwości lokalizacji.

Istotnym problemem w obliczaniu efektywności jest wiarygodne określenie optymalnych możliwości poszukiwania i wykrywania " M_p " oraz namierzania " M_l ". Ustalenie efektu poszukiwania i wykrywania " E_p " oraz namierzania " E_l " nie stanowi z kolei żadnego problemu, ponieważ fakt ten tylko się stwierdza i tę wartość przyjmuje do obliczeń.

Obliczanie optymalnych możliwości poszukiwania i wykrywania, wyrażone w wartościach względnych, zapisuje się w postaci:

$$P(\mathbf{x}_i = \overline{\mathbf{w}}) = p$$

Co oznacza, że prawdopodobieństwo wykrycia zbioru $\{\mathbf{x}_i\}$ radiostacji o liczebności „ $\overline{\mathbf{w}}$ ” wynosi „ p ”. Po rozwinięciu zależność ta przyjmie postać:

$$P_i(\{\mathbf{x}_i\} = \overline{\mathbf{w}}) \frac{T_s}{\Delta f \left(\frac{1}{\gamma} + t_0 + n_{01} \right)} = p$$

gdzie:

- " T_s " - czas trwania seansu poszukiwanej radiostacji lub średni czas trwania seansów radiostacji poszukiwanych wyrażony w sekundach,
- " Δf_i " - szerokość poszukiwania pasma częstotliwości przez jedno stanowisko

(poszukiwania i wykrywania) wyrażona w KHz dla zakresu KF i MHz dla zakresu UKF,

- " γ " - szybkość przestrajania odbiornika wyrażona dla zakresu KF w KHz, dla UKF w MHz na sekundę,
- " t_0 " - czas identyfikacji poszukiwanej radiostacji przez operatora wyrażony w sekundach,
- " n_{oi} " gęstość zajętości pasma częstotliwości wyrażona w liczbie radiostacji na jeden KHz,
- " n_s " - liczba seansów łączności poszukiwanej radiostacji na tych samych danych radiowych.

Możliwości wykrycia tego samego zbioru radiostacji, ale przy większej liczbie seansów łączności " n_s " są warunkowane zależnościami wynikającymi z wzoru:

$$P_{ns} \left(\{x_i\} = \overline{W} \right) = \sum_{k=1}^{n_s} (-1)^{k+1} \binom{n_s}{k} p^k \text{ gdzie:}$$

$$p = \frac{T_s}{\Delta f \left(\frac{1}{\gamma} + t_0 n_{oi} \right)}$$

Optymalne możliwości poszukiwania i wykrywania (M_p) określa się z zależności:

$$M_p = \overline{W} \sum_{k=1}^{n_s} (-1)^{k+1} \binom{n_s}{k} p^k$$

Optymalne możliwości namierzania z kolei, wyrażane wartościami liniowymi błędów i prawdopodobieństwem ich występowania, co zapisuje się w postaci:

$$P(L_s \leq d_{i_{km}}) = p$$

Oznacza to, że prawdopodobieństwo wystąpienia błędu liniowego " L_s " nie przekraczającego wartości " d_i " kilometrów i wynosi " p ".

Wartość liniowa " L_s " błędu namierzania interpretuje się jako promień okręgu opisującego obszar prawdopodobnego położenia namierzanej radiostacji.

Oznaczając przez R_s pole powierzchni tego okręgu, forma wyrażenia błędu namierzenia przyjmie postać:

- w odniesieniu do sieci składającej się z 2 namierników:

$$P(R_s \leq \prod L_s^2) = p$$

- w odniesieniu do sieci składającej się z „ n_r ” namierników:

$$P(R_s \leq \prod L_s^2) = \begin{cases} p_1 \Leftrightarrow L_s = d_1 \text{ km} \\ p_2 \Leftrightarrow L_s = d_2 \text{ km} \\ \vdots \\ p_{\binom{n_r}{2}} \Leftrightarrow L_s = d_{\binom{n_r}{2}} \text{ km} \end{cases}$$

Podstawę obliczania wartości prawdopodobieństwa właściwej, określonego błędowi liniowemu, stanowi wzór:

$$P(P_s \leq \prod L_s^2) = \sum_{k=1}^{\binom{n_r}{2}} (-1)^{k+1} \binom{n_r}{k} p^{2k}$$

gdzie:

- n_r - liczba namierników w sieci namierzania,
- p - wartość jednostkowa prawdopodobieństwa.

W bieżącej działalności bojowo-rozpoznawczej posługiwanie się powyższym wzorem pochłaniałoby zbyt wiele czasu. Dlatego w praktyce należy korzystać z gotowych tablic tego prawdopodobieństwa. Przykład tablicy odpowiadającej prawdopodobieństwu "0,5" i liczbie namierników w sieci od 2 do 5 ($n_r = 2, 3, 4, 5$) przedstawiono w tabeli 2.

Podstawę do obliczania wartości liniowej błędów namierzania stanowi wzór:

$$d_i = 0,4 \sqrt{Z^2 (x_c^2 + 1 - 2x_c \cos |\Delta \alpha|)}$$

gdzie:

$$Z = D^2 + \frac{A^2}{4} + AD \cos \alpha$$

natomiast:

$$X_c = \frac{A \left(\frac{A}{2} \sin |\Delta \alpha| + D \sin (\alpha - |\Delta \alpha|) \right)}{\left(\frac{A^2}{4} - D^2 \right) \sin 2|\Delta \alpha| + AD \sin \alpha \cos 2|\Delta \alpha|}$$

Przy czym:

- α - nachylenie podstawy namierzania do namierzanej radiostacji,
- $|\Delta \alpha|$ - błąd kątowy namierników wyrażony w wartościach bezwzględnych,
- A - długość podstawy namierzania,
- D - odległość od środka podstawy namierzania wybranych namierników do namierzanego źródła.

Tabela 2

Wartości
prawdopodobieństwa błędów namierzania

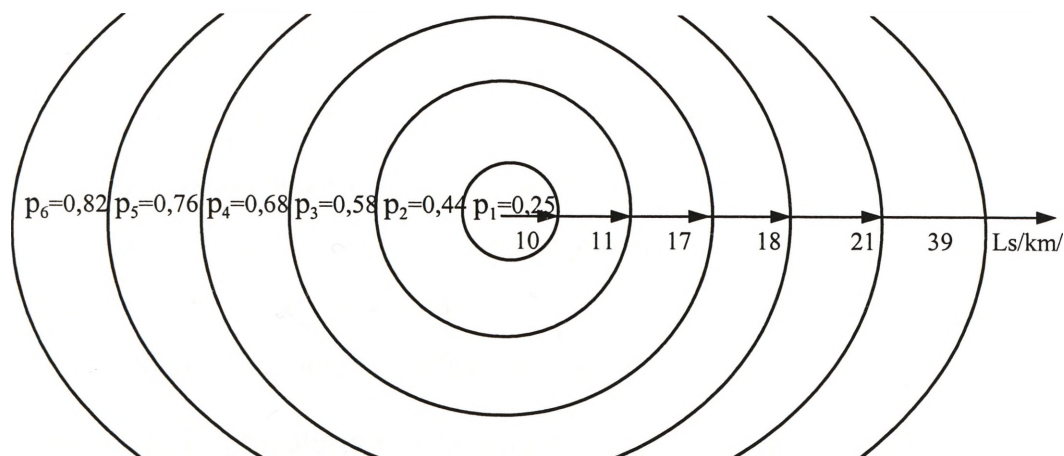
p(di) =				
Liczba namierników sieci namierzania „n _i ” ⇒ Liczba wyróżnianych błędów „di”⇓	2	3	4	5
1	0,250 0	0,2500	0,2500	0,2500
2	-	0,4375	0,4375	0,4375
3	-	0,5181	0,5181	0,5181
4	-	-	0,6836	0,6836
5	-	-	0,7627	0,7627
6	-	-	0,8220	0,8220
7	-	-	-	0,8665
8	-	-	-	0,8999
9	-	-	-	0,9249
10	-	-	-	0,9437

Mając możliwość wyróżnienia liczby błędów liniowych i przypisane im wartościom prawdopodobieństwa, kolejną czynnością w obliczaniu optymalnych możliwości namierzania jest ustalenie wartości liniowej wyróżnionych błędów oznaczonych symbolem " d_i ".

W praktyce posługiwanie się wymienionymi wzorami, przy obliczaniu wartości liniowej błędów namierzania byłoby uciążliwe i bardzo czasochłonne. Dlatego też korzysta się ze specjalnie opracowanych tablic lub komputerów. Przykładowe wyniki optymalnych możliwości namierzania KF czterech namierników usytuowanych w terenie poniżej:

– $\alpha_{(1,2)} = 60^\circ$	$D_{(1,2)} = 300 \text{ km}$	$A_{(1,2)} = 100 \text{ km}$	$D/A = 3,00$	$d_{(1,2)} = 39 \text{ km},$
– $\alpha_{(1,3)} = 76^\circ$	$D_{(1,3)} = 280 \text{ km}$	$A_{(1,3)} = 300 \text{ km}$	$D/A = 0,93$	$d_{(1,3)} = 11 \text{ km},$
– $\alpha_{(1,4)} = 82^\circ$	$D_{(1,4)} = 320 \text{ km}$	$A_{(1,4)} = 400 \text{ km}$	$D/A = 0,80$	$d_{(1,4)} = 10 \text{ km},$
– $\alpha_{(2,3)} = 74^\circ$	$D_{(2,3)} = 310 \text{ km}$	$A_{(2,3)} = 200 \text{ km}$	$D/A = 1,55$	$d_{(2,3)} = 17 \text{ km},$
– $\alpha_{(2,4)} = 64^\circ$	$D_{(2,4)} = 330 \text{ km}$	$A_{(2,4)} = 250 \text{ km}$	$D/A = 1,32$	$d_{(2,4)} = 18 \text{ km},$
– $\alpha_{(3,4)} = 72^\circ$	$D_{(3,4)} = 290 \text{ km}$	$A_{(3,4)} = 150 \text{ km}$	$D/A = 1,93$	$d_{(3,4)} = 21 \text{ km},$

Natomiast graficzną interpretację prawdopodobieństwa wystąpienia namierzonej radio-stacji w okręgu o promieniu L_s ilustruje rysunek 12.



Rys. 12. Graficzna interpretacja prawdopodobieństwa wystąpienia namierzonej radio-stacji w okręgu o promieniu L_s

Zatem błąd namierzania składa się z dwóch elementów: wartości liniowych (d_i) oraz wielkości prawdopodobieństw (p) odpowiadających tym wartościom. Oznacza to prawdopodobieństwo, że namierzona radiostacja znajduje się wewnątrz okręgu o powierzchni R_s wyznaczonej promieniem L_s i wynosi np. 0,25 wtedy i tylko wtedy gdy $L_s = 10$ km.

Do prostych obliczeń efektywności rozpoznania można posłużyć się uniwersalnym wzorem:

$$E = \frac{2D * L * W}{T} \text{ gdzie:}$$

- D- głębokość rozpoznania,
- L- liczba zdobytych informacji,
- W- wiarygodność,
- T- czas.

3.4. Wnioski

Przeprowadzone badania umożliwiają przedstawienie następujących wniosków i uogólnień:

1. W przestrzeni elektromagnetycznej pojawia się coraz więcej nowych emisji trudno rozpoznawalnych. Zaliczają się do nich emisje FH, emisje poniżej poziomu szumów, szerokopasmowe itp.
2. Wartość urządzeń rozpoznawczych będzie zależy od możliwości przechwytywania wszystkich rodzajów emisji. Konieczny jest zatem rozwój tych urządzeń, który powinien zmierzać w kierunku urządzeń uniwersalnych, mogących wszystko przechwytywać i wydzielać poszczególne emisje w zależności od ich charakteru.
3. Konieczność skrócenia czasu na rozpoznanie jednego źródła EM oraz rozpoznawania setek źródeł w bardzo krótkim czasie wymusza automatyzację i komputeryzację poszczególnych urządzeń rozpoznawczych, jak i całych systemów. Jest to tendencja stała, w przyszłości bowiem tylko takie środki będą wchodziły do uzbrojenia.
4. Automatyzacja i komputeryzacja będą prowadzić do skracania czasu uzyskiwania informacji o wszystkich pracujących środkach radioelektronicznych, ograniczając subiektywność człowieka w pomiarach.

4. PRZECIWDZIAŁANIE ELEKTRONICZNE

4.1. Istota przeciwdziałania elektronicznego

Przeciwdziałanie elektroniczne stanowi - zdaniem autora- zespół skoordynowanych przedsięwzięć i działań ukierunkowanych na dezorganizację procesów informacyjnych przeciwnika funkcjonujących w przestrzeni elektromagnetycznej. Stanowi ono rodzaj aktywnych, ofensywnych działań elektronicznych, polegających na emitowaniu zakłócającej energii EM na częstotliwościach pracy urządzeń odbiorczych przeciwnika. Przeciwdziałanie elektroniczne, podejmowane w elektronicznych systemach pokładowych lotnictwa i środkach satelitarnych przeciwnika, określane często jako *osłona elektroniczna* jest realizowane we współdziałaniu ze środkami rozpoznania oraz środkami ogniowymi obrony powietrznej i przeciwlotniczej.

Powinno być prowadzone na szczeblu operacyjnym i taktycznym w działaniach wszystkich rodzajów sił zbrojnych i rodzajów wojsk, w różnych warunkach terenowych i meteorologicznych, w stosunku do różnorodnych środków elektronicznych w które wyposażone są wojska przeciwnika.

Zasadniczymi obiektami przeciwdziałania elektronicznego powinny być:

- w systemach łączności - różnego rodzaju relacje łączności radiowej, radioliniowej, troposferycznej, satelitarnej,
- w systemach radiolokacyjnych - różnego typu naziemne stacje radiolokacyjne rozpoznania celów (naziemnych, powietrznych i morskich), stacje naprowadzania rakiet i kierowania ogniem oraz pokładowe stacje radiolokacyjne lotnictwa i sił morskich,
- w systemach radionawigacyjnych - różnego rodzaju kanały, w których przekazywane są dane niezbędne do dowiązywania topograficznego wyrzutni rakietowych, stanowisk startowych i ogniowych, naprowadzania lotnictwa, sił morskich i zgrupowań uderzeniowych wojsk lądowych oraz określenia położenia pilotowych i bezpilotowych celów powietrznych,
- w systemach samonaprowadzania - urządzenia odbiorcze pokładowych stacji radiolokacyjnych oraz urządzenia radioelektroniczne głowic samonaprowadzających się bomb, pocisków, rakiet, itp.,

- w systemach radiotelesterowania - różnego typu środki i urządzenia zapewniające zdalne sterowanie uzbrojeniem wojsk, samolotami bezpilotowymi oraz pociskami raketowymi (przeciwpancernymi, przeciwlotniczymi itp.).

Możliwości efektywnego przeciwdziałania elektronicznego środków i systemów elektronicznych przeciwnika wynikają z zasadniczych wad, jakimi się te środki i systemy odznaczają. Zaliczyć można do nich:

- możliwość wykrycia i śledzenia pracy, określenia parametrów taktyczno-technicznych oraz miejsc i rejonów rozmieszczenia wszystkich środków elektronicznych promieniujących energię EM,
- odbieranie przez elektroniczne urządzenia odbiorcze nie tylko właściwych sygnałów użytecznych lecz również wszystkich innych niepożądanych sygnałów, w tym także i tych, które promieniowane są w przestrzeń elektromagnetyczną przez elektroniczne środki zakłócające i dywersyjne.

Przeciwdziałanie elektroniczne stanowi bardzo skuteczny sposób dezorganizacji pracy i działania różnorodnych środków i systemów elektronicznych wykorzystywanych w dowodzeniu wojskami i kierowaniu środkami walki przeciwnika. W poważnym stopniu ograniczają one zakres i możliwości ich wykorzystania przez poszczególne dowództwa i sztaby a ponadto, mimo że nie powodują bezpośrednich materialnych zniszczeń, to jednak w wielu sytuacjach są przyczyną powstających u przeciwnika znacznych i często bezpowrotnych strat w sile żywej i sprzęcie bojowym.

W rezultacie przeciwdziałania elektronicznego środków i systemów elektronicznych przeciwnika następują zmiany w ilości informacji przesyłanych za ich pomocą do poszczególnych dowództw i sztabów oraz do wojsk wykonujących określone zadania bojowe. Często, mimo sprawności technicznej środków elektronicznych w wielu ogniwach dowodzenia wystąpić może całkowita lub częściowa utrata informacji albo opóźnienie w przekazywaniu wiadomości bojowych. Poza tym przekazywane informacje w znacznym stopniu mogą być zniekształcone, zamazywane i deformowane. Występować będzie zmniejszenie objętości informacji, poprzez ich maskowanie zakłóceniami lub też zwiększenie w drodze imitowania. Do dowództw i sztabów, na stanowiska dowodzenia, do wojsk i środków walki docierać będą informacje niepełne, , wątpliwe, odznaczające się niskim stopniem wiarygodności.

W wyniku stosowania przedsięwzięć przeciwdziałania elektronicznego dopływ informacji do dowództw i sztabów oraz do wojsk i środków walki na pewien okres czasu może być całkowicie przerwany. Brak informacji lub mały stopień ich wiarygodności uniemożliwia lub utrudnia realizację terminowego, skoordynowanego i operatywnego dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki, co w poważnym stopniu obniża efektywność bojową wojsk, ich siłę uderzeniową i skuteczność działań, uniemożliwia terminowe wykonanie zadań bojowych i bardzo często prowadzi do znacznych strat w sile żywej i sprzęcie bojowym.

Efekty przeciwdziałania elektronicznego wzrastają w przypadku silnej koordynacji działań elektronicznych z oddziaływaniem ogniowym na wybrane obiekty elektroniczne. Czas przeciwdziałania elektronicznego powinien być podporządkowany potrzebom wykonania zadań ogniowych i manewrowych. Szczególnie jest to widoczne w walce z systemami obrony powietrznej i systemami dowodzenia wojsk lądowych.

Przeciwdziałanie elektroniczne może być prowadzone selektywnie na wybranych obiektach i środkach elektronicznych lub na środkach elektronicznych w wybranych rejonach w sposób zmasowany. Wówczas wszystkie środki elektroniczne przeciwnika w obszarze walki podlegają obezwładnieniu.

Największą efektywność przeciwdziałania elektronicznego można osiągnąć w wyniku kompleksowego wykonywania różnego rodzaju zakłóceń w stosunku do najważniejszych środków i obiektów elektronicznych przeciwnika w sposób zmasowany, niespodziewanie, na głównych kierunkach i w decydujących etapach działań bojowych i operacji. Mając na uwadze potrzeby operacji, należy przeznaczyć gros sił i środków przeciwdziałania elektronicznego na głównym kierunku działań wojsk. Jest to niezbędne do wyeliminowania z normalnego działania ważnych środków elektronicznych przeciwnika, a tym samym stworzenia dogodnych warunków do działań głównych zgrupowań wojsk lądowych, lotnictwa i sił morskich.

Przeciwdziałanie elektroniczne powinno być wykonywane przez zakłócanie pracy systemów elektronicznych przeciwnika, dywersję elektroniczną i niszczenie energią EM (neutralizację).

4.2. Zakłócanie elektroniczne

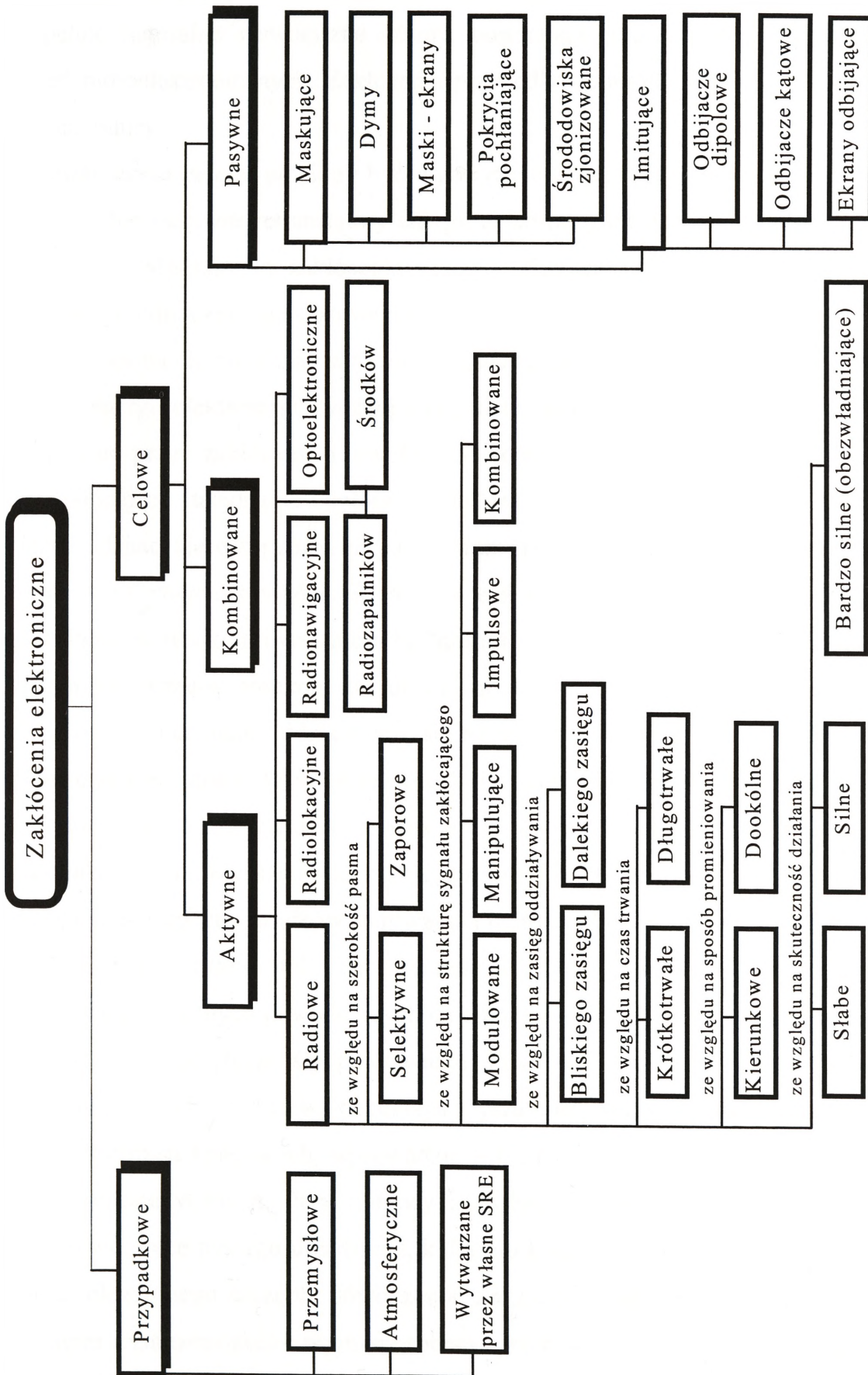
Dezorganizacja pracy systemów i środków elektronicznych przeciwnika powinna odbywać się przede wszystkim przez stosowanie różnego rodzaju zakłóceń elektronicznych. Zakłócanie elektroniczne stanowi bowiem bardzo skuteczny sposób dezorganizacji pracy i działania różnorodnych środków i systemów elektronicznych przeciwnika. W dużym stopniu ogranicza zakres i możliwości ich wykorzystania przez poszczególne dowództwa i sztaby, a ponadto - mimo że nie powoduje bezpośrednich materialnych zniszczeń - w wielu sytuacjach są przyczyną znacznych i często bezpowrotnych strat w ludziach i sprzęcie bojowym przeciwnika.

Zakłócanie jest prowadzone na wszystkich szczeblach dowodzenia, rodzajach sił zbrojnych i wojsk, w każdych warunkach terenowych i meteorologicznych, różnorodnymi technikami i sposobami.

Zakłócanie powinno polegać - zdaniem autora - na celowym (rozmyślnym) promieniowaniu, odpromieniowaniu lub odbijaniu energii elektromagnetycznej w celu zmniejszenia efektywności użycia odbiorczych urządzeń (systemów) elektronicznych wykorzystywanych przez przeciwnika. W związku z powyższym powinny być emitowane odpowiednie zakłócenia aktywne oraz pasywne (maskujące). Wielokryterialny podział zakłóceń elektronicznych autor przedstawił na rysunku 13.

Według charakteru powstawania, zakłócenia można podzielić na: przypadkowe oraz celowe.

Zakłócenia przypadkowe powstają w wyniku oddziaływania zjawisk przyrodniczych (naturalne) oraz urządzeń technicznych (przemysłowe) na urządzenia elektroniczne, najczęściej podczas wyładowań atmosferycznych, oddziaływania zorzy polarnej lub wybuchów słonecznych, opadów atmosferycznych, pracy urządzeń przemysłowych, w tym: spawarek, urządzeń wyładowczych, źle zabezpieczonych silników elektrycznych. Powstają również w rezultacie oddziaływania na środki elektroniczne polowych urządzeń elektrycznych, czy też w wyniku nieumiejętnego rozmieszczenia środków elektronicznych na stanowiskach dowodzenia - zbyt blisko siebie albo na kierunku promieniowania energii elektromagnetycznej innego środka elektronicznego, co powoduje wzajemne nakładanie się pól elektrycznych i zakłócenia pracy eksploatowanych w danym rejonie środków.



Rys. 13. Podział zakłóceń elektronicznych

Zakłócenia przypadkowe mogą być również pochodzenia kosmicznego oraz jako zupełnie naturalne wewnętrzne szумы, powstające podczas pracy odbiorczych urządzeń radioelektronicznych. Zakłócenia przypadkowe mogą powstawać także wewnątrz aparatury.

Zakłócenia celowe powinny być wytwarzane przez specjalne stacje i nadajniki zakłócające lub pasywne retranslatory energii elektromagnetycznej. W teorii zakłóceń [9, 14, 18] wyróżnia się zakłócenia celowe: aktywne, pasywne i kombinowane (w przypadku jednoczesnego stosowania zakłóceń aktywnych i pasywnych).

Zakłócenia elektroniczne *aktywne* polegają na promieniowaniu przez urządzenie nadawcze energii elektromagnetycznej z sygnałem zakłócającym na częstotliwościach lub w paśmie pracy zakłócanych urządzeń odbiorczych. Mogą być emitowane przez stacje zakłócające stacjonarne i polowe (mobilne). Aktywne, celowe zakłócenia elektroniczne odznaczają się różnymi parametrami taktyczno-technicznymi dostosowanymi do konkretnych środków i systemów elektronicznych, przeciw którym mają działać. Przeciw środkom i systemom łączności stosowane są tylko zakłócenia aktywne, natomiast przeciw środkom radiolokacyjnym - zakłócenia aktywne i pasywne. Aktywnymi zakłóceniami oddziałuje się na urządzenia odbiorcze poszczególnych środków elektronicznych. Wytwarzane one są na częstotliwościach roboczych, na których dokonywana jest transmisja informacji i do których dokładnie dostrajane są nadajniki zakłócające. Wyróżnia się zakłócenia radiowe, radiolokacyjne, radionawigacyjne, optoelektroniczne, środków sterowania i radiozapalników.

Zakłócenia radiowe polegają - zdaniem autora - na celowym promieniowaniu fal elektromagnetycznych powodujących uniemożliwienie lub utrudnienie pracy elektronicznych środków łączności przeciwnika. Zakłócenia radiowe mogą całkowicie uniemożliwić odbiór sygnałów, pogorszyć słyszalność, spowodować nieprawidłowe działanie urządzeń końcowych, wprowadzić w błąd operatorów lub zwiększyć błędy urządzeń automatycznych. Przy pomocy zakłóceń radiowych można utrudnić lub uniemożliwić pracę jednego urządzenia, kilku lub kilkunastu, a nawet całego systemu łączności określonego szczebla dowodzenia. Zakłócenia radiowe są najbardziej ekonomicznym a zarazem skutecznym sposobem przeciwdziałania elektronicznego systemów łączności przeciwnika.

Zakłócenia radiolokacyjne to - zdaniem autora - niepożądane sygnały zniekształcające lub zakłócające sygnały użytkowe, stanowiące nośniki informacji w systemach radiolokacyjnych. Są prowadzone przeciw wszystkim rodzajom radiolokacyjnych urządzeń rozpoznawczych. Zaliczamy do nich stacje RL obrony powietrznej i OPL, pokładowe SRL, morskie SRL zainstalowane na brzegu, okrętach i samolotach, stacje RL artyleryjskie, rozpoznania pola walki, stacje RL rozpoznania i sterowania w broni samonaprowadzającej itp.

Zakłócenia optoelektroniczne dotyczą środków rozpoznania i sterowania pracujących tą techniką. Należą do nich urządzenia pracujące w podczerwieni, termolokatory, urządzenia telewizyjne oraz urządzenia laserowe.

Zakłócenia radionawigacji obejmują środki i systemy radionawigacyjne (w tym bliskiej radionawigacji oraz systemy globalne).

Zakłócenia środków sterowania obejmują urządzenia sterowania uzbrojeniem, środki samosterujące oraz sygnały sterujące różnorodną techniką wojskową. Można do nich zaliczyć sygnały sterujące raketami, środkami bezpilotowymi, systemami rozpoznania itp.

Zakłócenia radiozapalników dotyczą urządzeń radiowych powodujących detonację bomb, rakiet i pocisków. Mogą one spowodować przedwczesny wybuch lub niewybuch przez całkowite zablokowanie radiozapalnika.

Analiza minionych wojen i konfliktów zbrojnych pozwala postawić tezę, że najczęściej wykorzystywane były aktywne **zakłócenia radiowe**, które - zdaniem autora - można podzielić według następujących kryteriów:

1. Ze względu na szerokość zakłócanego pasma:

- *selektywne (punktowe) zakłócenia radiowe*. Nazywane są często wąskopasmowymi, obejmują swoim zakresem częstotliwości tylko tego pasma, które jest przenoszone (odbierane) przez urządzenie zakłócanie. Zakłócenia te odznaczają się dużą dokładnością dostrojenia częstotliwości urządzeń stacji zakłócającej do częstotliwości roboczej zakłócanego środka elektronicznego. Przy stosowaniu zakłóceń selektywnych nadajnik promieniuje sygnał zakłócający o szerokości pasma optymalnej do zakłócanego urządzenia. Zasadniczym zaś warunkiem, pozwalającym na wykonanie zakłóceń selektywnych,

jest dokładna znajomość częstotliwości roboczych poszczególnych środków elektronicznych przeciwnika. W działalności bojowej tego rodzaju zakłócenia stosuje się głównie w systemach łączności, radionawigacji oraz systemach sterowania. Praktyka wykazuje, że dokładność dostrojenia do częstotliwości nośnej emisji wąskopasmowych nie powinna być gorsza niż 15-30 Hz. Stosowane są zwłaszcza do zakłócania wąskopasmowego emisji radiowych (A1A, A2A, F1A).

- *zaporowe zakłócenia radiowe* (szerokopasmowe, wielopunktowe). Są stosowane do obezwładniania jednocześnie kilku, kilkunastu lub jeszcze większej środków radioelektronicznych. Za pomocą wielu nadajników lub nadajników zakłócających jednorazowego użycia prowadzi się zakłócenie całych pasm częstotliwości wykorzystywanych przez przeciwnika. Zakłócenia takie stosuje się w przypadku słabego rozpoznania obszaru elektromagnetycznego lub dysponowania właściwym potencjałem zakłócającym. Cechą takich zakłóceń jest duża nieefektywność wykorzystania mocy nadajników, która rozkłada się proporcjonalnie na wszystkie częstotliwości zakłócanego pasma. Utrudnia to uzyskanie pożądanego współczynnika zakłóceń. Polegają na jednoczesnym zakłócaniu relacji radiowych na różnych częstotliwościach. Zaporowe zakłócenia radiowe mogą być stosowane do zakłócania środków łączności na szczeblu taktycznym. Celem zakłóceń zaporowych jest uniemożliwienie przeciwnikowi korzystania z częstotliwości roboczych położonych w określonym paśmie (podzakresie).

2. Ze względu na strukturę sygnału zakłócającego:

- *modulowane (szumowe) zakłócenia radiowe*. Są 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 napięciem szumowym. Zakłócenia szumowe mogą być stosowane w celu zakłócenia wielu rodzajów pracy radiostacji, a przede wszystkim pracy fonicznej.

- *manipulowane zakłócenia radiowe*. Są to drgania wielkiej częstotliwości manipulowane ręcznie lub automatycznie amplitudowo, częstotliwościowo lub fazowo. Stosowane są najczęściej do zakłócania wąskopasmowych emisji telegraficznych z manipulacją amplitudy lub częstotliwości.
- *impulsowe zakłócenia radiowe*. Są to postępujące po sobie krótkotrwałe impulsy modulowane pod względem czasu trwania, amplitudy, częstotliwości, fazy 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 częstotliwości zakłócanych środków radioelektronicznych. Jeśli częstotliwość powtarzania zakłóceń pokrywa się z częstotliwością powtarzania zakłócaniej stacji, mamy do czynienia z zakłóceniami synchronicznymi. Jeżeli natomiast te częstotliwości się nie pokrywają, mówimy o zakłóceniach impulsowych nie synchronicznych. Mogą być odzewowe (jednokrotne lub wielokrotne) albo niezależne (nie odzewowe). Zakłócenia impulsowe są wykorzystywane do zakłóceń środków za pracujących impulsowo, tj. do obezwładniania stacji radiolokacyjnych, do obezwładniania łączności radioliniowej, relacji radiotelesterowania raketami itp.
- *kombinowane zakłócenia radiowe*. Są to drgania wielkiej częstotliwości modulowane i manipulowane równocześnie kilkoma sposobami, na przykład impulsowe zakłócenia radiowe w połączeniu z modulacją szumami. Tego rodzaju zakłócenia stosowane są głównie do naruszania pracy środków radioliniowych oraz radiotelegrafii z przesuwem częstotliwości.

3. Ze względu na zasięg działania:

- *zakłócenia bliskiego zasięgu* zapewniają skuteczne obezwładnienie radioelektroniczne i dezorganizację pracy środków elektronicznych przeciwnika na odległość do 10 km od miejsca pracy nadajnika lub stacji zakłócającej. Występują one podczas użycia nadajników zakłócających jednorazowego użycia, autonomicznych środków zakłócających oraz niektórych środków wykorzystywanych na szczeblach taktycznych.
- *zakłócenia dalekiego zasięgu* zapewniają skuteczne obezwładnienie i dezorga-

nizację pracy środków elektronicznych przeciwnika na odległość powyżej 10 km (nawet do kilkuset kilometrów). Taki zasięg zakłóceń uzyskuje się wykorzystując naziemne, okrętowe i powietrzne stacje zakłócające dużej mocy.

4. Ze względu na czas trwania:

- krótkotrwałe zakłócenia radiowe. Prowadzone są w czasie równym a nawet krótszym od czasu nadawania jednego lub kilku telegramów.
- długotrwałe zakłócenia radiowe. Polegają na zakłócaniu pracy elektronicznych środków łączności w czasie od kilkunastu minut do kilku godzin. Stosowane są przy zakłóceniach zaporowych lub przy stosowaniu nadajników jednorazowego użytku.

5. Ze względu na sposób promieniowania:

- *zakłócenia dookólne*. Występują wówczas, gdy promieniowanie anteny odbywa się we wszystkich kierunkach z jednakową mocą. Stosuje się je, kiedy są nieznane miejsca rozmieszczenia zakłócanych środków, w nadajnikach zakłócających jednorazowego użytku i często w stacjach pracujących w ruchu. Ujemną cechą zakłóceń dookólnych jest stosunkowo niski stopień wykorzystania energii wynikający ze znacznego jej rozproszenia.
- *zakłócenia kierunkowe*. Występują wtedy, gdy energia EM jest promieniowana przez antenę stacji zakłócającej w kierunku zakłócanego środka elektronicznego przeciwnika. Uzyskuje się to przez stosowanie dobranych anten o charakterystyce kierunkowej. Dzięki kierunkowości anten istnieje możliwość uzyskania w punkcie odbioru większego natężenia pola elektrycznego energii zakłócającej. Stosując tego typu zakłócenia należy częściowo znać miejsca rozmieszczenia zakłócanego środka lub środek radioelektroniczny musi się znajdować w sektorze pracy stacji zakłócającej. Zakłócenia kierunkowe zwiększają efektywność wykorzystania mocy nadajnika. Stosowanie takich zakłóceń jest konieczne do obezwładniania urządzeń o dużej kierunkowości anten oraz skomplikowanych strukturach sygnału.

6. Ze względu na skuteczność działania:

- *słabe zakłócenia radiowe*. Są to takie zakłócenia, przy których natężenie pola elektrycznego sygnału zakłócającego (E_z) w punkcie odbioru u przeciwnika,

jest nieco większe od natężenia sygnału użytecznego (E_s) i średnio wynosi 3-5%. ($E_z > E_s$ - *średnio o 3-5%*). Przy tego rodzaju zakłóceniach poziom zakłóceń w punkcie odbioru sygnału użytecznego powoduje utratę lub obniżenie wiarygodności informacji w granicach 5-15%. Oznacza to, że w wypadku stosowania słabych zakłóceń występują tylko pewne zniekształcenia przekazywanej informacji. W relacjach łączności utrudniony jest odbiór telegramów lub prowadzenie bezpośrednich rozmów. W zasadzie w większości wypadków odbiór jest możliwy przez doświadczonego operatora (oficera sztabu) przygotowanego do pracy w warunkach zakłóceń. Istnieje potrzeba powtarzania treści informacji przekazywanej w granicach 10-15%. W urządzeniach radiolokacyjnych występują utrudnienia w odróżnieniu celu.

- *silne zakłócenia radiowe*. To takie zakłócenia, przy których natężenie pola elektrycznego sygnału zakłócającego w punkcie odbioru po stronie przeciwnika jest większe o 5-15 % od natężenia pola elektrycznego sygnału użytecznego środka elektronicznego przeciwnika ($E_z > E_s$ o 15-50%). Tego typu zakłócenia powodują utratę lub obniżenie wiarygodności informacji od 15 do 50 %. Oznacza to, że w relacjach łączności będzie poważnie utrudniony odbiór informacji, a nawet utrata jej znacznej części. 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.
- *bardzo silne zakłócenia radiowe* (obezwładniające). 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 informacji. Oznacza to, że nie ma możliwości wykorzystania środków elektronicznych do odbioru informacji.

Zakłócenia pasywne polegają na wtórnym promieniowaniu, odpromieniowy-

waniu, odbijaniu i rozpraszaniu energii elektromagnetycznej przez środki nie dysponujące generatorem energii EM. Zakłócenia pasywne dotyczą najczęściej środków radiolokacyjnych, środków pracujących w podczerwieni oraz urządzeń laserowych. Pasywne zakłócenia wytwarzane są przez sztuczne zmiany właściwości elektromagnetycznych środowiska rozprzestrzeniania się fal radiowych. Ze względu na sposób oddziaływania na zakłócanie urządzenia rozróżnia się zakłócenia *maskujące i imitujące* (dezinformujące).

Do *maskujących* zalicza się zakłócenia, które utrudniają lub uniemożliwiają wykrycie i obróbkę sygnały użytecznego (dymy, maski-ekrany, pokrycia pochłaniające, środowiska zjonizowane).

Zakłócenia imitujące wprowadzają do zakłócanego systemu fałszywą informację. Za ich pomocą można wytworzyć na ekranie wskaźnika stacji radiolokacyjnej zobrazowanie celu na takim azymucie i odległości, gdzie nie ma celów rzeczywistych. Zakłócenia imitujące – stosowane przede wszystkim w radiolokacji, powodują na wskaźnikach powstawanie fałszywych zobrażeń znaków celów, analogicznych do znaków celów realnych. Zastosowanie tych zakłóceń dezorientuje użytkownika oraz utrudnia podjęcie właściwych decyzji. Jako środki do wytwarzania imitujących zakłóceń pasywnych stosowane są odbijacze kątowe, odbijacze dipolowe, wszelkiego rodzaju pułapki i fałszywe cele radiolokacyjne oraz pokrycia przeciwradiolokacyjne.

Wytwarzając zakłócenia w stosunku do różnorodnych środków elektronicznych przeciwnika należy zawsze dążyć do tego, aby zapewnić takie warunki techniczne i organizacyjno-taktyczne, które umożliwiają wykonanie zakłóceń silnych i bardzo silnych. Tylko tego rodzaju zakłócenia są w stanie zapewnić właściwą skuteczność i efektywność przeciwdziałania elektronicznego i jednocześnie umożliwiają realizację celów i zadań aktywnej i ofensywnej walki radioelektronicznej na wybranym kierunku operacyjnym oraz w decydującym etapie walki i operacji.

4.3. Dywersja elektroniczna

Dywersja elektroniczna to - zdaniem autora - specyficzna forma przeciwdziałania elektronicznego, polegająca na dostarczeniu energii wraz z informacją w taki sposób, aby odbierający nie zorientował się, że pochodzi ona ze stacji przeciwnika, zaś

przekazaną treść przyjął jako prawdziwą. Realizuje się ją za pomocą środków łączności przez specjalnie do tego przygotowane zespoły obsługujące. Dywersja elektroniczna dostarcza organom dowodzenia przeciwnika fałszywych informacji, które mogą być przez nie przyjmowane i wykorzystywane podczas podejmowania różnorodnych decyzji. W zautomatyzowanych systemach dowodzenia informacje takie mogą krążyć między różnymi użytkownikami aż do momentu ich zdezaktualizowania.

Dywersja elektroniczna jest zatem celowym oddziaływaniem w przestrzeni elektromagnetycznej na zorganizowane systemy łączności bezprzewodowej i systemy radionawigacyjne przeciwnika, zmierzającym do dezorganizowania dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki, a tym samym obniżenia skuteczności jego działań zbrojnych oraz obniżenia wartości bojowych jego wojsk.

Dywersja elektroniczna polega na ciągłym śledzeniu pracy środków i systemów łączności i radionawigacyjnych przeciwnika i włączeniu - w sprzyjających okolicznościach - własnych środków elektronicznych do pracy w wybranych, ważnych relacjach łączności i kanałach radionawigacyjnych przeciwnika i stworzeniu wrażenia, że są ich stałym elementem składowym oraz przekazywaniu fałszywych informacji (komend, rozkazów, zarządzeń, meldunków itp.). We współczesnej walce i operacji jej znaczenie będzie permanentnie wzrastać, głównie ze względu na rozmach prowadzonych działań, w których dowodzenie wojskami i kierowanie środkami walki realizowane będzie 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. Ponadto duże możliwości rażenia i niszczenia przez lotnictwo, wojska rakietowe i artylerię, desanty i grupy dywersyjno-rozpoznawcze środków i obiektów elektronicznych będą przyczyną częstego wypadania korespondentów z poszczególnych relacji łączności bez wiedzy dowództw i sztabów, co stworzy bardzo korzystne warunki do prowadzenia dywersji elektronicznej tj. podszywania się pod istniejące, a czasowo nieczynne środki łączności przeciwnika.

Przekazywanie informacji nieprawdziwych może być przyczyną wszelkiego rodzaju nieporozumień, niepewności, nieskoordynowanych działań i w wielu wypad-

kach w konsekwencji przynieść większe efekty niż zakłócenia. Oznacza to, że stosowanie dywersji elektronicznej na współczesnym polu walki jest ze wszech miar celowe, tym bardziej, że jak wskazują doświadczenia wojenne i praktyka ćwiczeń do jej prowadzenia nie zawsze konieczna jest znajomość języka i zasad korespondencji. Oczywiście są to te czynniki, które przede wszystkim determinują prowadzenie dywersji we wszystkich jej odmianach i postaciach oraz na różnych szczeblach dowodzenia. W praktyce można z powodzeniem stosować inną formę dywersji, polegającą na uprzednim nagraniu korespondencji przekazywanych w relacjach łączności przeciwnika.

We współczesnej walce elektronicznej dywersja elektroniczna ma do spełnienia szczególnie ważną rolę i zadania. Traktowana jest powszechnie jako aktywna forma oddziaływania elektronicznego na relacje łączności różnych systemów dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki, jak również na kanały radionawigacji lotnictwa i sił morskich. Do zasadniczych zadań dywersji zalicza się:

- przekazywanie wojskom przeciwnika mylnych informacji (meldunków, rozkazów, komunikatów, itp.) oraz przedstawienie mylnego obrazu tego, co istnieje na polu walki lub tego, co już nie istnieje albo dopiero nastąpi,
- przeciążanie kanałów łączności fałszywą lub całkowicie zbędną informacją,
- utrzymywanie wojsk przeciwnika w niepewności co do wiarygodności informacji oraz zmuszanie ich do stałego upewniania się co do wiarygodności przekazywanych danych, stałego sprawdzania tożsamości korespondenta itp.,
- wprowadzenie chaosu i zamieszania w dowodzeniu wojskami i kierowaniu środkami walki.

Zakres i możliwości prowadzenia dywersji elektronicznej w działaniach zbrojnych uzależnione będą od sposobów organizacji przez przeciwnika systemów łączności i radionawigacyjnych, właściwości ich działania i eksploatacji, stosowanego w tych systemach sprzętu elektronicznego, sposobu pracy, charakteru działań taktycznych jak również aktualnie wytworzonej sytuacji taktyczno-operacyjnej i radioelektronicznej. Najlepsze warunki do prowadzenia dywersji elektronicznej istnieją w tych kanałach i relacjach łączności, w których wymiana informacji realizowana jest fonicznie i tekstem jawnym. Najczęściej będzie miało to miejsce na szczeblu taktycznym, gdzie

stopień wykorzystania urządzeń utajniających jest stosunkowo niski. Bardzo dogodne warunki do prowadzenia dywersji będą istniały również w relacjach łączności naprowadzania lotnictwa, kierowania ogniem wojsk raketowych i artylerii, powiadamiania, alarmowania i ostrzegania, w których przekazywane są przede wszystkim komendy (sygnały) do natychmiastowego wykonania. W tych relacjach łączności z reguły nie stosuje się sprawdzania tożsamości i potwierdzania odebranych danych i informacji.

Wyjątkowo trudne będzie prowadzenie dywersji elektronicznej w tych relacjach łączności, których przekazywane będą informacje utajnione za pomocą specjalnych elektronicznych urządzeń utajniających, a także w przypadku zastosowania urządzeń transmisji danych.

Najtrudniejsze warunki prowadzenia dywersji elektronicznej będą istniały wówczas, kiedy przeciwnik będzie dysponował dobrze zorganizowaną obroną, a w niej - szeroko rozbudowanym systemem łączności oraz w działaniach mało dynamicznych. Utrudnione będzie również prowadzenie dywersji elektronicznej w początkowym okresie walki, gdyż przeciwnik posiada wówczas dobrze zorganizowany i jeszcze sprawny cały system dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki. Jednak w miarę utraty zdolności bojowej poszczególnych oddziałów, niszczenia ich stanowisk dowodzenia, węzłów łączności i innych obiektów radioelektronicznych, warunki do prowadzenia dywersji będą polepszały się, co należy umiejętnie wykorzystać. Przemysłane, rozsądne i skuteczne działania dywersyjne prowadzone w tym okresie mogą znacznie opóźnić odtwarzanie dowodzenia wojskami i gotowości bojowej.

Podstawowym *sposobem* prowadzenia dywersji elektronicznej jest włączenie się do relacji łączności przeciwnika w celu przekazywania fałszywych informacji (meldunków, rozkazów, zarządzeń, sygnałów, komend itp.). W toku zbrojnych działań wojennych nieodzowne jest przekazywanie fałszywych informacji rozpoznawczych, wykorzystując do tego celu środki radioelektroniczne zlikwidowanych elementów systemu rozpoznawczego przeciwnika. Tego rodzaju działanie polega na przekazywaniu różnego rodzaju informacji i meldunków w relacjach łączności przeciwnika, z takim stopniem wiarygodności, aby informacje uznane zostały za prawdziwe. Wykonanie tego zadania umożliwiają zdobyte dokumenty operacyjne i bojowe oraz eksploatacyjne czynnych systemów radioelektronicznych, przede wszystkim systemu rozpo-

znania wojskowego.

Dywersję elektroniczną powinny realizować siły i środki przeciwdziałania elektronicznego (pododdziały dywersji elektronicznej), natomiast informacje dywersyjne, akceptowane przez szefa sztabu lub dowódcę, powinny być przygotowywane przez pion operacyjny. Do jej prowadzenia często przydatne stają się środki łączności, środki utajniające, szyfry oraz inne zdobyte dokumenty dowodzenia przeciwnika.

W zbrojnych działaniach wojennych pododdziały dywersji elektronicznej powinny ściśle współpracować z pododdziałami rozpoznania i zakłóceń radioelektronicznych, ze względu na ograniczone możliwości własne w zakresie rozpoznania elektronicznego oraz konieczność wykonywania zadań w ścisłej korelacji z zakłóceniami lub też wykonywanie własnymi środkami zakłóceń i tym samym zwiększanie wysiłku przeciwdziałania elektronicznego na ważnych kierunkach i w decydujących etapach zbrojnych działań wojennych.

4.4. Niszczenie energią elektromagnetyczną (neutralizacja)

Niszczenie energią elektromagnetyczną polega - zdaniem autora na - celowym użyciu energii elektromagnetycznej o dużej gęstości do zarówno chwilowego uszkodzenia jak i stałego zniszczenia urządzeń elektronicznych przeciwnika, których działanie opiera się na wykorzystaniu mikroelektroniki. W tym celu emitowane są silnych impulsy EM oparte na technice wybuchowej¹. Badania nad wzbudzaniem środkami klasycznymi silnych impulsów EM (niszczących) wskazują, że należy zwrócić szczególną uwagę na ten problem. Przyszłe bomby impulsu EM charakteryzować się będą ogromnymi mocami promieniowania, ponad tysiąc razy większymi niż generują klasyczne środki WE. W literaturze fachowej [8, 9, 17] otrzymały już miano super-środka zakłócającego². Impuls EM powoduje krótkotrwałe wzbudzenie silnych napięć i prądów w aparaturze radioelektronicznej, powodując uszkodzenie (przegrzewanie) wrażliwych elementów tej aparatury: układy scalone, tranzystory, cewki itp. Informacje napływające o badaniach tego zjawiska wykazują, że środkami tymi może być po-

¹ Ta forma oddziaływania była dotychczas rozpatrywana w sytuacji użycia broni jądrowej, gdzie przy wybuchach część energii zamieniała się w impuls EM.

² Bomby impulsu magnetycznego mogą być groźnym narzędziem terrorystów podczas niszczenia informatycznych systemów finansowych np. banków.

rażona aparatura elektroniczna na znacznym obszarze oraz wykonana w technologii „stealth”.

Środkami niszczącymi przy użyciu energii EM dużej gęstości mogą być także urządzenia mikrofalowe i laserowe o określonej mocy. Można je wykorzystywać do niszczenia środków elektronicznych, szczególnie czułych na to zjawisko systemów termowizyjnych i czujników laserowych, a także innej wrażliwości na takie oddziaływanie aparatury. Środki mikrofalowe i laserowe zalicza się do broni selektywnego działania, a zakres ich wykorzystania może się zwiększyć w miarę polepszenia parametrów taktyczno-technicznych.

4.5. Wybrane wskaźniki skuteczności i efektywności przeciwdziałania elektronicznego

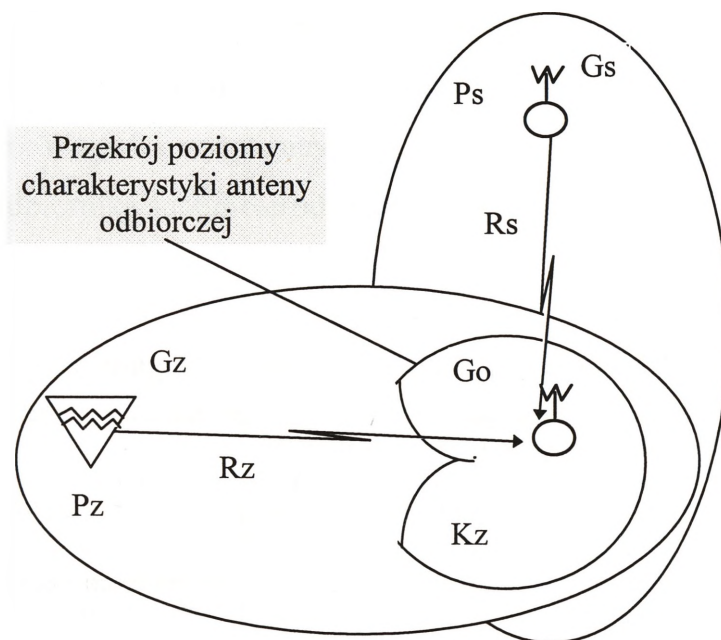
Skuteczność zakłóceń to - zdaniem autora - zdolność do pozbawienia odbioru informacji przesyłanej przez środki radioelektroniczne przeciwnika. Polega na dostarczeniu do zakłócanego urządzenia odbiorczego takiej porcji energii zakłócającej, która przy jego parametrach technicznych, rodzaju pracy oraz warunkach taktycznych, uniemożliwi poprawne odebranie sygnału użytecznego.

4.5.1. Czynniki determinujące skuteczność zakłóceń radiowych

Skuteczność zakłóceń łączności radiowej, realizowanych w zakresie ultrakrótkofalowym i krótkofalowym falą przyziemną, uzależniona jest od następujących zasadniczych czynników (rysunek 14):

- mocy nadajnika stacji zakłócającej wykorzystywanej do obezwładnienia łączności radiowej przeciwnika (P_z),
- mocy radiostacji przeciwnika przekazującej informacje w zorganizowanych relacjach łączności (P_s),
- odległości między nadajnikiem a odbiornikiem w zakłócanych relacjach łączności przeciwnika (R_s),
- odległości między urządzeniem odbiorczym (zakłócanym) a stacją (nadajnikiem) zakłócającym (R_z),
- współczynnika zysku kierunkowości anteny radiostacji przeciwnika (G_s)

- i stacji zakłócającej (G_z),
- współczynnika zakłóceń określonego dla danego rodzaju pracy i typu środka łączności (K_z),
- współczynnika tłumienności anteny urządzenia odbiorczego (odbiornika) z kierunku na stację zakłócającą (G_o).



Rys. 14. Czynniki wpływające na skuteczność zakłóceń radiowych

Wszystkie wyszczególnione czynniki decydujące o skuteczności przeciwdziałania zakłóceniami są z sobą ściśle współzależne. 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 przyjęto nazywać współczynnikiem zakłóceń. *Współczynnik zakłóceń (K_z) jest wyrażany stosunkiem natężenia pola elektrycznego, pochodzącego ze stacji zakłócającej (E_z) do natężenia pola elektrycznego, pochodzącego z nadajnika pracującej radiostacji (E_s), mierzony na wejściu antenowym zakłócanego odbiornika. W teorii zakłóceń wyróżnia się dwa rodzaje współczynników zakłóceń: według napięcia (natężenia pola elektrycznego) i według mocy sygnału zakłócającego oraz użytecznego, które można przedstawić w postaci zależności:*

$$Kz^E = \frac{Ez}{Es} \text{ lub } Kz^P = \frac{Pz}{Ps} \quad (4.5.1.1)$$

Aby skutecznie obezwładnić dany środek radioelektroniczny, powinien być zapewniony odpowiednio wysoki, tzw. *wymagany współczynnik zakłóceń*, którego wartość jest wyznaczana doświadczalnie i zależy od rodzaju sprzętu, jego parametrów technicznych a przede wszystkim rodzaju sygnału (emisji) bezpośrednio związanego z rodzajem pracy. Wartości wymaganych współczynników zakłóceń (Kz_w) dla konwencjonalnego odbiornika superheterodynowego przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3

**Wartość
wymaganego współczynnika zakłóceń (Kz_w)**

Lp.	Rodzaj emisji	Wymagana wartość współczynnika zakłóceń	
		wg natężenia pola (Kz_w^E)	wg mocy (Kz_w^P)
1	Manipulacja amplitudy	0,8	0,64
2	Manipulacja częstotliwości	1 - 1,1	1 - 1,21
3	Modulacja amplitudy	1,5 - 2	2,25 - 4
4	Modulacja jednowstęgowa	4 - 5	16 - 25
5	Modulacja częstotliwości	1,5	2,25

Na wyznaczenie współczynników zakłóceń oczekują takie emisje, jak: rozproszone (FH, emisje szumopodobne), cyfrowe, modulowane fazowo oraz inne, pojawiające się w przestrzeni elektromagnetycznej.

Zależności (4.5.1.1), po odpowiednim rozwinięciu umożliwiają rozwiązanie następujących typów zadań:

1. Ocena skuteczności zakłóceń (K_{zrz}^E):

$$K_{zrz}^E = \left(\frac{R_s}{R_z} \right)^2 * \sqrt{\frac{P_z * G_z * G_0}{P_s * G_s}} \quad (4.5.1.2)$$

Jeżeli $K_{zrz}^E > K_{zw}$ (uwzględnianego dla danego rodzaju pracy radiostacji), to ocenia-
na linia będzie skutecznie zakłócona, w przeciwnym wypadku ww. linia jest odporna
na zakłócenia.

2. Ocena głębokości skutecznych zakłóceń (R_{zsk}):

$$R_{zsk} = R_s * \sqrt[4]{\frac{P_z * G_z * G_0}{P_s * K_{zw}^2 * G_s}} \quad [\text{km}] \quad (4.5.1.3)$$

3. Ocena skutecznej mocy zakłóceń (P_{zsk}):

$$P_{zsk} = \frac{P_s * R_z^4 * G_s * K_{zw}^2}{R_s^4 * G_z * G_0} \quad [\text{W}] \quad (4.5.1.4)$$

*Dla oceny skuteczności zakłóceń łączności KF i UKF w relacjach samolot-
samolot i ziemia-samolot*, gdzie nie występuje zjawisko tłumienia fal elektromagne-
tycznych przez pokrycie Ziemi, celowe jest wykorzystanie przedstawionych niżej za-
leżności:

1. Ocena skuteczności zakłóceń (K_{zrz}^E):

$$K_{zrz}^E = \frac{R_s}{R_z} * \sqrt{\frac{P_z * G_z * G_0}{P_s * G_s}} \quad (4.5.1.5)$$

Jeżeli $K_{zrz}^E > K_{zw}$ (uwzględnianego dla danego rodzaju pracy radiostacji), to oceniana
linia będzie skutecznie zakłócona, w przeciwnym wypadku ww. linia jest odporna na
zakłócenia.

2. Ocena głębokości skutecznych zakłóceń (R_{zsk}):

$$R_{zsk} = R_s * \sqrt[4]{\frac{P_z * G_z * G_0}{P_s * K_{zw}^2 * G_s}} \quad [\text{km}] \quad (4.5.1.6)$$

3. Ocena skutecznej mocy zakłóceń (P_{zsk}):

$$P_{zsk} = \frac{P_s * R_z^2 * G_s * K_{zw}^2}{R_s^2 * G_z * G_0} \quad [\text{W}] \quad (4.5.1.7)$$

Z analizy przedstawionych zależności wynika, że do czynników wywierających wpływ na skuteczność przeciwdziałania radiowego należy zaliczyć:

- maksymalną odległość między środkami łączności przesyłającymi sygnał użyteczny, tzw. długość linii łączności [R_s],
- minimalną odległość między stacją zakłócającą a zakłócanym środkiem łączności (urządzeniem odbiorczym), tzw. odległość zakłóceń [$R_{z_{min.}}$],
- rodzaje pracy radiostacji (wykorzystywanych emisji Kz_w),
- moc radiostacji [P_s] i stacji zakłóceń [P_z],
- zyski energetyczne anten radiostacji [G_s] i stacji zakłóceń [G_z] względem urządzeń odbiorczych,
- współczynnik tłumienności anteny odbiornika z kierunku na stację zakłócającą (G_o).

Dla ocen szacunkowych niekiedy można posługiwać się zależnościami uproszczonymi:

$$R_z = R_s - \text{w zakresie UKF,} \quad (4.5.1.8)$$

$$R_z = 2 * R_s - \text{dla fali przyziemnej w zakresie KF.} \quad (4.5.1.9)$$

W praktyce zakłóceń należy również uwzględnić warunki rozprzestrzeniania się fal elektromagnetycznych - przyziemnych i przestrzennych. Na te warunki może mieć wpływ pokrycie terenu, które pogarsza warunki propagacji, wilgotność gleby, która polepsza te warunki: jonizacja powietrza (zwłaszcza po wybuchach jądrowych), która znacznie polepsza warunki rozprzestrzeniania się fal EM.

Podczas zakłócania łączności radiowej KF na falach przestrzennych (odbitych) najwyższe natężenie pola elektrycznego pochodzące od sygnału zakłócającego powstaje w odległości 200-600 km od stacji zakłócającej. W związku z tym *dla skutecznego zakłócania relacji łączności KF przeciwnika na falach przestrzennych stacje zakłóceń należy rozmieszczać w odległości 150-200 km od przedniego skraju. Obliczenia skuteczności tych zakłóceń dokonuje się przy pomocy specjalnych nomogramów³.*

Stosowanie zakłóceń łączności radioliniowej, troposferycznej i satelitarnej

³ Metodyki obliczeń operacyjno-taktycznych obozowania radioelektronicznego, Szt. Gen. WP, Warszawa 1979.

związane jest z koniecznością uwzględniania ostrych charakterystyk kierunkowych anten stacji radioliniowych. Jeżeli antena odbiorcza stacji radioliniowej skierowana jest w stronę przeciwną do stacji zakłócającej, to skuteczne naruszenie jej pracy może być zapewnione tylko przy pomocy nadajników zakłócających o dużej mocy. Najwyższą skuteczność zakłóceń łączności radioliniowej osiąga się przy pomocy stacji zakłócających zainstalowanych na środkach latających (śmigłowcach, samolotach). Stacje takie o mocy 50-200W są w stanie skutecznie zdeorganizować pracę środków radioliniowych na głębokość do 200 km, w zależności od lotu samolotu (śmigłowca). *Podczas zakłócania łączności radioliniowej, troposferycznej i satelitarnej głębokość skutecznych zakłóceń oblicza się z zależności:*

$$Rz^* = 0,67 \cdot Rs^2 \text{ lub } Rz^{**} = 0,3 \cdot Rs \quad (4.5.1.10)$$

Dla emisji FH (ang. frequency hopping) istotnym czynnikiem zapewniającym skuteczność zakłóceń jest czas zakłócania sygnału na jednej częstotliwości i wynosi on nie mniej niż 50 %. W niektórych przypadkach przez zakłócanie końcowych sekwencji sygnału (synchronizujących) można doprowadzić do zerwania współpracy w pracujących sieciach, co prowadzi do niemożliwości przekazywania informacji.

4.5.2. Czynniki determinujące skuteczność zakłóceń radiolokacyjnych

Skuteczność zakłóceń pracy środków i systemów radiolokacyjnych przeciwnika zeterminowana jest wieloma właściwościami technicznymi, jakimi odznaczają się zakłócenia radiolokacyjne, wytwarzane przez specjalne stacje zakłócające, jak również właściwościami technicznymi pracy zakłócanych stacji radiolokacyjnych.

Możliwość zakłócania pracy stacji radiolokacyjnych za pomocą specjalnych sygnałów zakłócających istnieje dlatego, że urządzenia odbiorcze stacji radiolokacyjnych rejestrują sygnały użyteczne dla stacji (odbite od celu) oraz inne sygnały promieniowane w eter przez urządzenia radioelektroniczne na tej samej częstotliwości. Każda stacja radiolokacyjna "obserwująca" określoną przestrzeń działa na zasadzie tzw. podwójnej drogi sygnału. Sygnał wypromieniowany przez stację radiolokacyjną przebywa drogę od urządzenia nadawczego stacji do celu, odbija się od niego i (część tej energii) wraca z powrotem do urządzenia odbiorczego stacji. Sygnał ten jest zobrazo-

* Przy zakłócaniu główną wiązką energii elektromagnetycznej.

wany najczęściej na wskaźniku celów. Moc sygnału użytecznego odbitego od celu jest odwrotnie proporcjonalna do odległości podanej w czwartej potęgze.

Nadajniki zakłócające mają przewagę nad stacjami radiolokacyjnymi, ponieważ działają na zasadzie tzw. pojedynczej drogi. Sygnał zakłócający, wypromieniowany w eter przez antenę, przebywa drogę tylko od stacji zakłócającej do urządzenia odbiorczego stacji radiolokacyjnej przeciwnika. Ze względu na to, że odległość trasy, jaką przebywa sygnał zakłócający jest o połowę krótsza od drogi, jaką pokonuje sygnał stacji radiolokacyjnej, jego tłumienie jest znacznie mniejsze. Moc sygnału zakłócającego w punkcie odbioru zakłócanej stacji radiolokacyjnej jest więc odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości (w wymiarze drugiej potęgi, zgodnie z równaniem zasięgu stacji).

Wymienione uwarunkowania można wyrazić następującymi równaniami:

1. Moc sygnału użytecznego stacji radiolokacyjnej odbitego od celu i odbieranego przez urządzenia odbiorcze stacji:

$$P_{sr} = \frac{P_s * G_s^2 * \delta * \lambda^2}{(4\pi)^3 * R_s^4} \quad [W] \quad (4.5.2.1)$$

gdzie:

- P_{sr} - moc sygnału użytecznego stacji radiolokacyjnej odbitego od celu;
- P_s - moc nadajnika stacji radiolokacyjnej (moc stacji);
- G_s - zysk kierunkowy anteny stacji radiolokacyjnej;
- δ - efektywna odbijająca powierzchnia obserwowanego celu;
- λ - długość fali radiowej;
- R_s - odległość stacji radiolokacyjnej od celu.

2. Moc sygnału zakłócającego odbieranego przez urządzenia odbiorcze zakłócanej stacji radiolokacyjnej:

$$P_{sz} = \frac{P_z * G_z * G_s * \lambda^2}{(4\pi * R_z)^2} \quad [W] \quad (4.5.2.2)$$

** Przy zakłócaniu bocznymi (tylnymi) wiązkami energii elektromagnetycznej.

gdzie:

- P_{sz} - moc sygnału zakłócającego w punkcie odbioru zakłócanej stacji radiolokacyjnej;
- P_z - moc stacji zakłócającej;
- G_z - zysk kierunkowy anteny stacji zakłócającej;
- G_s - zysk kierunkowy anteny zakłócanej stacji radiolokacyjnej;
- λ - długość fali radiowej;
- R_z - odległość między stacją zakłócającą a odbiornikiem zakłócanej stacji radiolokacyjnej.

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

Przedstawione równania, zarówno dla sygnału stacji radiolokacyjnej, jak i sygnału zakłócającego, pozwalają określić wielkość mocy stacji zakłócającej, jaka jest wymagana do skutecznego obezwładniania pracy stacji radiolokacyjnej przeciwnika. Należy więc podzielić drugie równanie przez pierwsze i wprowadzić odpowiedni stosunek sygnału zakłócającego do sygnału użytecznego stacji radiolokacyjnej przeciwnika, odbitego od celu:

$$K_z = \frac{P_z}{P_s}$$

Po odpowiednim podstawieniu do ww. zależności równań 4.5.2.1 oraz 4.5.2.2 wyrażenie to przyjmie postać:

$$K_z = \frac{P_z}{P_s} = \frac{P_z * G_z * 4\pi * R_s^4}{P_s * G_s * \delta * R_z^2} \quad 4.5.2.3$$

Uwzględniając charakterystykę kierunkową zakłócanej SRL;

$$K_z = \frac{P_z}{P_s} = \frac{P_z * G_z * 4\pi * R_s^4}{P_s * G_s * \delta * R_z^2} F^2(\theta_s, \phi_s) \frac{\Delta f_o}{\Delta F_z} \gamma_z * 10^{0,1\alpha(2R_s - R_z)} \quad 4.5.2.4$$

gdzie:

- $F(\theta, \Phi)$ - funkcja opisująca znormalizowaną charakterystykę kierunkową zakłócanej SRL;
- Δf_0 - szerokość pasma przypuszczania liniowej części odbiornika zakłócanej SRL;
- ΔF_z - efektywna szerokość widma sygnału zakłócającego;
- γ_z - współczynnik uwzględniający różnicę w polaryzacji anten nadajnika zakłóceń i zakłócanej SRL;
- α - współczynnik uwzględniający osłabienie sygnału w atmosferze (dB/km).

Przedstawione wyrażenia 4.5.2.3 oraz 4.5.2.4 nazywa się równaniem przeciwdziałania radioelektronicznego dla aktywnych zakłóceń radiolokacyjnych. Pozwala ono znaleźć zależność stosunku mocy zakłócenia do mocy sygnału (współczynnika "k") oraz parametrów zakłócanej SRL nadajnika zakłócającego i ich wzajemnego rozmieszczenia.

Z równania wynika, że wielkość potrzebnej mocy stacji zakłócającej jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości. Oznacza to, że im większa jest odległość celu od stacji radiolokacyjnej przeciwnika, tym mniejsza moc jest potrzebna do skutecznego obezwładniania zakłóceniami pracy tej stacji.

Ponadto można dokonać pewnych uogólnień:

1. Skuteczne obezwładnienie elektroniczne stacji radiolokacyjnych przeciwnika znajdujących się na małych odległościach względem stacji zakłócających jest znacznie trudniejsze niż na większych odległościach.
2. Korzystne jest dla przeciwdziałania elektronicznego, kiedy odległości obserwacji radiolokacyjnej (R_s) są znacznie większe lub równe odległości zakłócania (R_z);
3. Bardzo duży wpływ na możliwości przeciwdziałania elektronicznego ma stosowana technika przeciwwzakłócenkowa zwiększająca współczynnik zakłóceń.

Do obliczenia natomiast zasięgu zakłóceń pokładowych stacji radiolokacyjnych należy wykorzystać następujące równanie:

$$R_z = 2R_{s \max \text{ SRL}} \sqrt{\frac{10^6 \cdot \pi \cdot P_z \cdot G_z \cdot \Phi^2(\beta, \varepsilon) \cdot \gamma_z \cdot \Delta f_0}{P_s \cdot G_s \cdot \delta \cdot \Delta F_z \cdot K_z}} \quad 4.5.2.5$$

gdzie:

- R_z - zasięg zakłóceń;
- $R_{MAX\ SRL}$ - maksymalny zasięg SRL;
- P_z - moc stacji zakłócającej;
- G_z - współczynnik wzmocnienia anteny stacji zakłócającej;
- Φ - poziom listków bocznych;
- g - współczynnik niezgodności sygnału stacji zakłócającej;
- Δf_o - pasmo przepuszczania odbiornika SRL (MHz);
- P_s - moc stacji RL;
- G_s - współczynnik wzmocnienia SRL;
- δ - wielkość efektywnej powierzchni odbicia celu;
- ΔF_z - szerokość pasma zakłóceń;
- K_z - współczynnik zakłóceń;
- 10^6 - współczynnik przeliczeniowy.

Po odpowiednim przekształceniu równania 4.5.2.5 można obliczyć niezbędną moc do zakłócania pokładowych (samolotowych) stacji radiolokacyjnych.

4.5.3. Czynniki determinujące skuteczność zakłóceń środków i systemów radionawigacyjnych

Systemy radionawigacyjne służą do określania pozycji środka walki w przestrzeni trójwymiarowej. Obecnie siły zbrojne państw europejskich wykorzystują różne operacyjno-taktyczne i techniczne systemy radionawigacyjne. Do najbardziej znanych należą: system bliższej radionawigacji (zapytująco-odzewowy), dalekiej radionawigacji (odbiorczy), globalnej radionawigacji (odbiorczy).

Każdy z poszczególnych rodzajów systemów wymaga odrębnego nań oddziaływania; inne też czynniki determinują możliwości oraz skuteczność jego zakłócania. Technika przeciwdziałania zakłóceniami systemów radionawigacyjnych polega na wprowadzeniu w kanały odbiorcze systemów, sygnałów uniemożliwiających określe-

nie współrzędnych. W takich rodzajach systemów jak promieniowy i hiperboliczny urządzenia odbiorcze znajdują się tylko u użytkownika. W systemach kołowych i kołowo-promieniowych (bliższej radionawigacji), pracujących metodą odzewowych radioodległościomierzy impulsowych, odbiorniki znajdują się zarówno w urządzeniach pokładowych, jak i bazowych.

Zakłócanie systemów promieniowych przeprowadza się przy wykorzystaniu stacji zakłóceń naziemnych, wskutek czego pokładowe urządzenia odbiorcze nie wskazują kierunku na stację naziemną, lecz kierunek maksimum sumarycznego pola elektromagnetycznego w danym punkcie. Dla stacji zakłócającej i odległości moc oblicza się według podobnych zasad, jak w przypadku obezwładnienia zakłóceniami łączności radiowej, odpowiednio zwiększając współczynnik zakłóceń K_z .

Zakłócanie środków i systemów radionawigacyjnych dalekiego i globalnego zasięgu, które są w większości systemami różnicowo-odległociowymi z impulsowym lub ciągłym promieniowaniem energii EM, ułatwione jest ze względu na pracę środków bazowych (nadawczych) na jednej roboczej częstotliwości.

Obezwładnienie takich systemów polega na zakłóceniu lub myleniu pokładowych urządzeń odbiorczo-wskaźnikowych. Czynniki warunkujące skuteczność zakłóceń są następujące przedsięwzięcia:

- dostosowanie częstotliwości sygnału zakłócającego do sygnału użytecznego;
- dostarczenie sygnału o właściwej strukturze i niezbędnej mocy;
- dyslokacja środków zakłócających między urządzeniami nadawczymi a odbiorczymi.

Ma to szczególnie istotne znaczenie w dążeniu do obezwładnienia elektronicznego satelitarnych globalnych systemów radionawigacyjnych. Zakłócanie takich systemów może się odbywać w wybranych obszarach, najczęściej w rejonie prowadzenia działań zbrojnych.

4.5.4. Sposoby doboru pasywnych zakłóceń elektronicznych

W systemie przeciwdziałania elektronicznego znajdują zastosowanie pasywne środki zakłócające, które cechują się tym, że same nie wytwarzają energii elektroma-

gnetycznej. Do pasywnego zakłócania wykorzystuje się zjawisko odbijania fal, które występuje w procesie rozprzestrzeniania się fal elektromagnetycznych. Wiadomo, że jeżeli fale elektromagnetyczne o określonej długości padają na powierzchnię przewodzącą, to całkowicie się od niej odbijają. Inne materiały mogą ją odbijać częściowo lub też pochłaniać. Różnego rodzaju przedmioty terenowe (mosty, zabudowania, sprzęt techniczny, uzbrojenie) lub środki pozorne wprowadzone w otoczenie odbijają energię fal elektromagnetycznych. Gdy wymiary przedmiotu odbijającego są mniejsze od długości fali elektromagnetycznej padającej na przedmiot, odbicie jest bardzo słabe. Natomiast podczas opromieniowania energią elektromagnetyczną dużych przedmiotów, których wymiary wielokrotnie przewyższają długość fali elektromagnetycznej, występują odbicia silne. Wyróżnić można *odbicia lustrzane, rozproszone i odbicia mieszane*.

Odbicie lustrzane charakteryzuje się tym, że kąt padania fali EM na powierzchnię określonego przedmiotu odbijającego równy jest kątowi odbicia. Rozproszone odbicie występuje wtedy, gdy fale EM są odbijane w różnych kierunkach, stosownie do usytuowania powierzchni odbijających względem kierunku przychodzenia fal. Odbicia takie dotyczą przedmiotów, techniki wojskowej w otaczającym ich środowisku (tło).

Odbicie rezonansowe występuje wówczas, gdy któryś z wymiarów odbijającego przedmiotu lub obiektu jest równy połowie długości fali EM lub jej krotności. Wynika z tego, że intensywność odbicia oraz skuteczna powierzchnia odbicia fal EM zależna jest od wielkości i rodzaju obiektu. Zjawisko to jest wykorzystywane w produkcji dipolowych środków odbijających.

Te dwa najważniejsze czynniki w zakłócaniu pasywnym są uwzględniane przy opracowywaniu środków pasywnych zakłóceń, maskowania radiolokacyjnego, budowy środków pozornych oraz w organizacji ich bojowego wykorzystania na polu walki. ***Środki, które służą do zwiększonego odbicia energii elektromagnetycznej (nazywane odbijaczami kątowymi)*** są używane do pozorowania obiektów rzeczywistych w otaczającym je tle. Wielkość odbijanej energii zależy od kształtu i rozmiarów odbijaczy. Specjalna konstrukcja odbijaczy kątowych powoduje znaczne odbicia energii przy stosunkowo niewielkich wymiarach.

Obiekty wojskowe w większości przypadków mają złożoną budowę, w wyniku czego przychodząca energia opromieniowuje je pod różnymi kątami. Mogą przy tym

powstawać odbicia wielokrotne i sumaryczny odbity sygnał będzie miał złożoną strukturę. Poszczególne obiekty odznaczają się różnymi wielkościami odbicia. Średnie wielkości dla kilku wybranych obiektów przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Średnie

wielkości skutecznej powierzchni odbicia dla niektórych obiektów pola walki

Obiekty pola walki	Powierzchnia odbicia w m ²
Człowiek	0,08
Samochód ciężarowy	1 - 36
Czołg, transporter	10 - 90
Wyrzutnia raketowa, most na podwoziu samojezd- nym	60 - 540
Działo artyleryjskie (ciężkie)	3 - 6
Samolot myśliwski	3 - 5
Samolot myśliwsko-bombowy	15 - 20
Samolot transportowy	50 - 70
Samolot bezpilotowy	0,01 - 0,001
Mosty niskowodne i nawodne	500 - 4000
Batalion czołgów w rejonie ześrodkowania	500 - 1000
Okręt wojenny (most drogowy stalowy)	10 000 - 14 000
Lotnisko	1000 - 1500
Niewielki zakład przemysłowy	400 - 10 000
Zapora wodna	200 - 180 000
Zabudowa miejska	500 - 500 000

Jeżeli nastąpi rozmieszczenie kilku obiektów w odległości mniejszej od wielkości rozdzielczej stacji RL skuteczna powierzchnia odbicia jest w przybliżeniu sumą skutecznych powierzchni odbicia wszystkich obiektów.

Ukrycie obiektów przed obserwacją, prowadzoną za pomocą środków radiolokacyjnych, polega na zmniejszeniu kontrastu radiolokacyjnego, tj. wyrównanie 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.

Kontrast radiolokacyjny obiektów oraz skuteczność pasywnych zakłóceń zależą również od właściwości środowiska, w którym rozchodzi się energia EM, w tym głównie od stanu atmosfery. Obecność w atmosferze śniegu, deszczu, mgły, dymów

oraz kurzu zwiększa tłumienność rozprzestrzeniania się energii EM, utrudnia wykrycie małokontrastowych obiektów. W zależności od intensywności zjawisk atmosferycznych zasięg środków radiolokacyjnych może się zmniejszyć o 35-60%.

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 elektronicznie oraz stacje rozpoznania pola walki bliskiego zasięgu.

Drugą grupę pasywnych środków zakłócających stanowią elementy dipolowe, których produkcja jest oparta na metalizowanych włóknach szklanych i poliamidowych lub metalizowanej odpowiednio ciętej folii. Długość tych elementów z reguły odpowiada długości $1/2 \lambda$.

Środki dipolowe są przeznaczone do użycia w atmosferze i służą do zakłócania stacji radiolokacyjnych, pozorowania obiektów i maskowania rzeczywistych obiektów w atmosferze i na wodzie. Dipole można wyrzucać w określonych odstępach czasowych, na dużych przestrzeniach lub układać w paczki, wyrzucona paczka rozlatuje się tworząc chmurę dipoli. Sygnał odbity od chmury można obserwować na ekranie wskaźnika jako plamkę o dużej jaskrawości, plamka ta sugeruje istnienie określonego obiektu. Jeśli zostanie wyrzucona duża liczba środków dipolowych w określonym obszarze na ekranie wskaźnika powstaje zobrazowanie w postaci jasnego pasma o znacznej długości (często także szerokości), to z kolei powoduje zakłócenia w pracy stacji oraz zamaskowanie obiektów będących w tym sektorze. Środki dipolowe są charakteryzowane: skutecznością powierzchni odbicia, szybkością opadania (zaniku zakłóceń) oraz koncentracją dipoli w jednostce objętości (gęstość w m^3).

Skuteczna powierzchnia odbicia - to ilość energii elektromagnetycznej, która powraca do urządzenia odbiorczego stacji RL i jest sumą odbić pojedynczych elementów dipolowych, wyrażana jest w metrach kwadratowych. Przy pozorowaniu celu, skuteczna powierzchnia odbicia obłoku dipolowego, powinna przewyższać 3-5-krotnie skuteczną powierzchnię odbicia celu.

Szybkość opadania decyduje o czasie zakłócania, maskowania lub utrzymywania się celu pozornego. Także warunki atmosferyczne takie, jak: średnia prędkość wiatru, pionowy gradient prędkości 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 m³ powietrza. Zmniejszenie zasięgu stacji radiolokacyjnej dziesięciokrotnie odpowiada tłumieniu 40 dB, dla fali o długości 3 cm osiąga się taki stan przy 30 dip/m³.

Obliczenia wielkości odbicia radiolokacyjnego pasywnych środków odbijających (odbijaczy katowych zwanych także reflektorami rogowymi) dokonuje się przy pomocy odpowiednich zależności matematycznych. Zależnie od kształtu ścianek różni się odbijacze katowe trójkątne, prostokątne i okrągłe. Maksymalną zaś wartość powierzchni skutecznej odbicia takich reflektorów można określić z zależności:

$$\delta_t = \frac{4\pi a^4}{3\lambda^2}; \delta_p = \frac{12\pi a^4}{\lambda^2}; \delta_o = \frac{2\pi a^4}{\lambda^2} \quad (4.5.4.1)$$

gdzie:

- δ - powierzchnia odbicia odbijacza katowego (t - trójkątnego, p - prostokątnego, o - okrągłego) w [m²],
- a - długość krawędzi styku ścianek [m],
- α - długość fali [m].

Dla obliczenia wielkości odbicia radiolokacyjnego środków dipolowych wykorzystuje się zależność:

$$\delta_p = 0,17 * \lambda^2 * N_{ze} \quad (4.5.4.2)$$

gdzie:

- $N_{ze} = N$ - liczba efektywnych dipoli w paczce

Natomiast tłumienie fali elektromagnetycznej w chmurze dipoli oblicza się z zależności:

$$\beta = 0,73 * \lambda^{2n} \text{ [dB/m]} \quad (4.5.4.3)$$

gdzie:

- α - długość fali [m],
- n - powierzchnia dipoli [m^3].

4.5.5. Wybrane problemy efektywności przeciwdziałania elektronicznego

Ocena efektywności przeciwdziałania elektronicznego jest częścią składową efektywności walki elektronicznej, definiowanej jako rezultat prowadzenia WE w działaniach zbrojnych na współczesnym polu walki (w warunkach obustronnego stosowania środków elektronicznych), określonej jako stosunek efektów tej walki do nakładów na jej prowadzenie.

$$E_{f_{ORE}} = \frac{E}{N} \quad (4.5.6.1)$$

gdzie:

- $E_{f_{ORE}}$ - efektywność przeciwdziałania elektronicznego,
- E - efekty,
- N - nakłady.

Wychodząc z ogólnej definicji efektywności przeciwdziałania elektronicznego, to stopień osiągnięcia założonego celu działania (efekty) do określonych nakładów. Jako nakłady należy rozumieć określone siły i środki, oraz koszty wyszkolenia i przygotowania do prowadzenia działań.

Efektywność można rozpatrywać na poziomie oddziaływania bezpośredniego środków przeciwdziałania elektronicznego oraz na poziomie wyższym (pośrednim), gdzie określa się skutki dla środków ogniowych i wojsk wynikających z tego obezwładniania.

Efektami *bezpośrednimi przeciwdziałania elektronicznego* możemy określić:

- wielkość utraty informacji przez dany środek (system) elektroniczny,
- opóźnienie czasu przepływu informacji w środkach (systemach) elektronicz-

nich przeciwnika,

- wprowadzenie informacji dywersyjnej do środka (systemu) elektronicznego przeciwnika,
- ograniczenie zasięgu działania danego środka (systemu) elektronicznego,
- pogorszenie dokładności zbieranych informacji (działania środków).

Efekty bezpośrednie oblicza się z przedstawionych wzorów na skuteczność przeciwdziałania elektronicznego oraz z innych zależności wynikających z czasu działania, wzajemnych powiązań systemu elektronicznego oraz obserwacji zachowania się środków elektronicznych i ogniowych przeciwnika.

Efektami pośrednimi przeciwdziałania elektronicznego można określić skutki, jakie wywołały efekty bezpośrednie w jego systemach i środkach walki, sprowadzające się do obniżenia skuteczności środków ogniowych i wykrywalności środków rozpoznawczych, błędnych lub spóźnionych decyzji wynikających z opóźnionego czasu przepływu lub braku informacji. Dotyczą one pojedynczych środków walki (czołg, samolot, rakieta itp.), określonego systemu (dowodzenia, obrony powietrznej, rozpoznawczo-uderzeniowego), pododdziału, oddziału, związku taktycznego lub operacyjnego.

Złożoność prowadzenia działań wojennych, a w nich WE, nie pozwala na precyzyjną ocenę efektywności przeciwdziałania elektronicznego według kryteriów efektywności bojowej. Dlatego ustalenie tych efektów sprowadza się często do określenia szacunkowego.

4.6. Wnioski

Przeprowadzone badania umożliwiają sformułowanie następujących wniosków i uogólnień:

1. Różnorodność środków elektronicznych jaka występuje na współczesnym polu walki powoduje wielokierunkowe zmiany *środków przeciwdziałania elektronicznego*.
2. Zmiany te zachodzą pod wpływem potrzeb skutecznego obezwładnienia elektronicznego nowo wprowadzanego lub uodpornionego na zakłócenie sprzętu elektronicznego przeciwnika. Zmierzają one w następujących kierunkach:
 - budowy zautomatyzowanych systemów rozpoznawczo-zakłócających o dużej mocy,

montowanych na środkach naziemnych i powietrznych,

- budowy nadajników zakłócających jednorazowego użytku zrzucanych w ugrupowanie przeciwnika,
- budowy generatorów silnych impulsów EM.

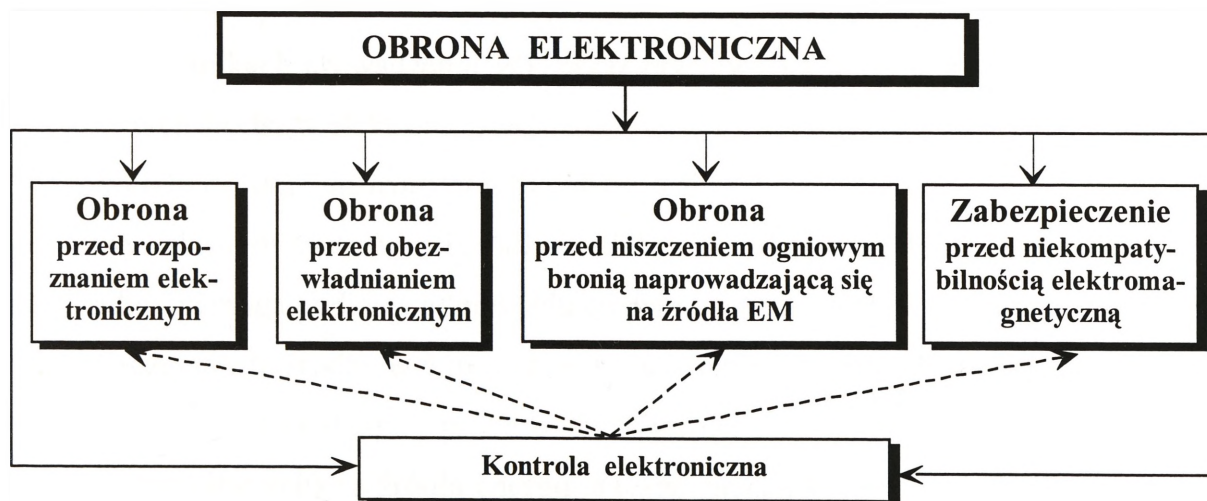
3. Z chwilą pojawienia się nowych środków walki elektronicznej zajdzie potrzeba wypracowania zasad ich skutecznego użycia na polu walki.

5. OBRONA ELEKTRONICZNA

5.1. Istota obrony elektronicznej

Obrona radioelektroniczna jest - zdaniem autora - bardzo ważnym elementem składowym walki elektronicznej. Rozpatrując ją w aspekcie ogólnowojskowym, stanowi niezmiernie ważny rodzaj zabezpieczenia bojowego i operacyjnego na wszystkich szczeblach dowodzenia.

Obronę elektroniczną w działaniach operacyjnych i taktycznych wojsk lądowych należy organizować i realizować w celu zabezpieczenia własnych sił przed: rozpoznaniem elektronicznym, obezwładnianiem elektronicznym, niszczeniem (porażeniem) ogniowym, w tym głównie bronią naprowadzającą się na źródła promieniowania energii elektromagnetycznej oraz zakłóceniami interferencyjnymi (wzajemnymi) własnych środków, a także kontrolę ich źródeł promieniowania (kontrolę elektroniczną). Zakres obrony elektronicznej przedstawia rysunek nr 15.



Rys. 15. Zakres obrony elektronicznej

Elementami składowymi obrony elektronicznej w takim ujęciu powinny być odpowiednie zadania (zasadnicze i cząstkowe) dla dowództw, sztabów i wojsk będących dysponentami i użytkownikami środków elektronicznych. Należy nadmienić, że większość tych środków elektronicznych stanowi materialną i funkcjonalną bazę systemu dowodzenia wojskami i kierowania środkami walki w działaniach operacyjnych i taktycznych wojsk lądowych.

Mając na uwadze, że model współczesnej operacji (walki)¹ obejmuje trzy zasadnicze czynniki: precyzyjne rażenie celów (ogień), manewr (ruch) i informację², to obrona informacji własnej i destrukcja informacji przeciwnika, stają się ważną częścią obrony jednego z głównych czynników walki zbrojnej. Prowadzona w systemie walki elektronicznej i dotycząca podmiotowo środków elektronicznych, jest rodzajem obrony elektronicznej.

Badania prowadzone przez autora w wojskach i Akademii Obrony Narodowej wykazały, że obronę elektroniczną w operacji (walce) prowadzonej zwłaszcza na terytorium kraju, należy zapewnić tym środkom i systemom, które tworzą określone środowisko elektromagnetyczne lub sytuację elektroniczną. Są to przede wszystkim miejsca rozmieszczenia (dyslokacja) środków elektronicznych; środowisko rozchodzenia się energii elektromagnetycznej promieniowanej (odbieranej) przez różne środki i systemy elektroniczne, oraz szczególne cechy pracy tych środków i systemów.

Obrona elektroniczna powinna polegać na zapewnieniu trwałości pracy systemów rozpoznania, dowodzenia, walki elektronicznej, kierowania uzbrojeniem i sterowania w warunkach prowadzenia WE przez przeciwnika i wzajemnego oddziaływania własnych środków elektronicznych.

Celem obrony elektronicznej powinno być zapewnienie stabilnej i niezakłóconej pracy własnym systemom i środkom elektronicznym. Realizacja tak sprecyzowanego celu wymaga podjęcia odpowiednich przedsięwzięć techniczno-organizacyjnych zabezpieczających środki elektroniczne przed rozpoznaniem elektronicznym, obezwładnieniem elektronicznym, przed oddziaływaniem środków naprowadzających się (lub naprowadzanych) na źródła energii, a także zabezpieczenie przed niekompatybilnością elektromagnetyczną.

Możliwość realizacji celu i wykonania zadań i przedsięwzięć obrony elektronicznej w działaniach zbrojnych zależy od czasu „przebywania” elementów systemu elektronicznego w zasięgu środków, przeciwko którym te przedsięwzięcia są skierowane. Wymagane jest, rozpoczęcie ich z takim wyprzedzeniem czasowym i prze-

¹ Koziej S, Pawłowski J., Kordas R. Działania operacyjne wojsk lądowych. Wyd. AON, nr bibl. S/1836, s.13. Warszawa 1992.

² Informacja przesyłana jest głównie za pomocą środków elektronicznych systemu dowodzenia oraz powstaje

strzennym, aby osiągnąć pełną efektywność podejmowanych działań zanim wojska własne znajdą się w zasięgu określonego rodzaju elektronicznych środków walki przeciwnika.

Na użytek przyszłych działań zbrojnych zainteresowane strony z reguły prowadzą ciągle rozpoznanie już w czasie pokoju. Wyniki rozpoznania określają potencjalnemu przeciwnikowi plan realizacji zadań walki elektronicznej, tzn. zakłóceń i dywersji elektronicznej, skierowanych na wykryte obiekty; mogą również służyć wypracowaniu danych do rażenia ogniem elementów systemu dowodzenia strony przeciwnej. Dokładne wyniki rozpoznania elektronicznego umożliwiają więc z dużym wyprzedzeniem czasowym przyjęcie odpowiedniego ugrupowania zaczepnego lub obronnego, wykonanie właściwego manewru ogniem i wojskami w celu stworzenia przewagi w odpowiednich rejonach i na wybranych kierunkach prowadzenia działań bojowych.

5.2. Obrona przed rozpoznaniem elektronicznym

W obecnej doktrynie militarno-wojennej RP zakłada się, że zbrojne działania wojenne wojsk lądowych będą prowadzone - na obszarze kraju, w wypadku agresji na nasze terytorium obcych wojsk. Będą to przede wszystkim działania obronne. Zwroty zaczepne mogą występować w końcowym etapie i na szczeblach taktycznych. Wytworzona w zbrojnych działaniach wojennych sytuacja elektroniczna będzie zatem składową wielu systemów. Wszystkie te systemy mogą funkcjonować tylko w warunkach zorganizowanej obrony elektronicznej.

W systemie dowodzenia sił zbrojnych można wyróżnić wiele różnorodnych i odrębnych elementów. Organizacja i funkcjonowanie tych elementów są uwarunkowane specyfiką techniki, spełnianej funkcji i przynależności do określonych dysponentów. W ocenie zagrożenia elektronicznego rozpoznaniem, a następnie zakłócaniem i zniszczeniem ogniowym elementów systemu dowodzenia uwzględnia się następujące kryteria ich podziału:

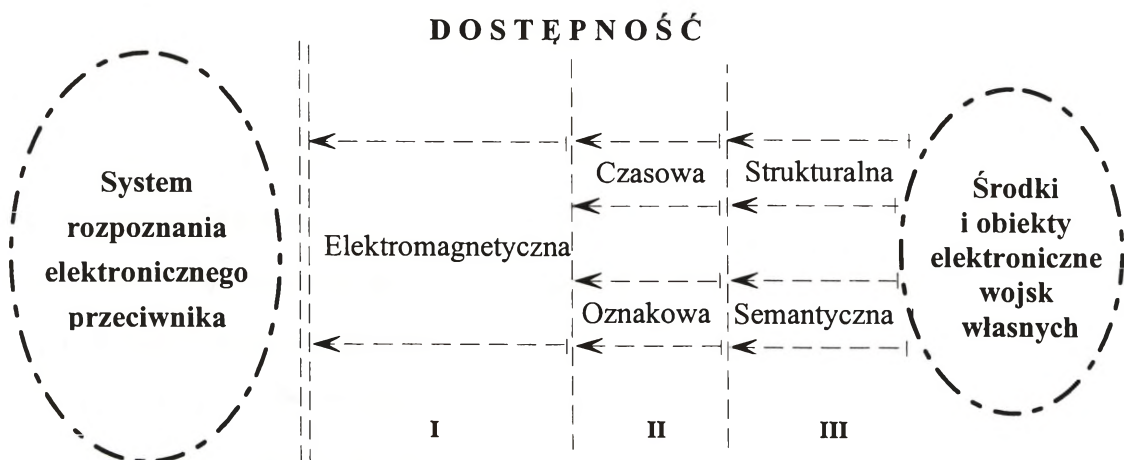
między innymi w systemie rozpoznania i walki elektronicznej.

- pasywne i emitujące energię elektromagnetyczną;
- o krótkim lub dalekim zasięgu emisji;
- o dużej lub małej kontrastowości radiolokacyjnej w terenie;
- wrażliwe lub odporne na rozpoznanie i obezwładnianie zakłóceniami.

Według dokonanego kryterium podziału, można podporządkować poszczególnym grupom:

- środki radiowe, radioliniowe, radiolokacyjne i radionawigacyjne, radiofoniczne i telewizyjne,
- środki zakresu fal długich, krótkich i ultrakrótkich,
- pojedyncze stacje, grupy urządzeń i węzły łączności,
- środki pracujące w szerokim zakresie częstotliwości, wykorzystujące utajnianie z gwarantowaną mocą kryptograficzną, emitujące sygnały o nowych skomplikowanych strukturach,
- środki kablowe (przewodowe, światłowodowe).

Tak podzielone elementy systemu na grupy obiektów elektronicznych wymagają odpowiedniej, specyficznej obrony i ochrony na polu walki, gdyż funkcjonują warunkach ciągłej dostępności dla sił i środków rozpoznania elektronicznego potencjalnego przeciwnika. Dostępność środków i obiektów elektronicznych dla systemów rozpoznania elektronicznego przeciwnika przedstawiono na rysunku nr 16.



Rys. 16. Dostępność środków i obiektów elektronicznych

Dostępność elektromagnetyczna uzależniona jest warunkami energetycznymi,

tj. wymaganym stosunkiem poziomu sygnału do szumu na wejściu rozpoznawczego urządzenia odbiorczego (w łączy radiowym: rozpoznawany nadajnik - rozpoznawcze urządzenie odbiorcze strony przeciwnej). Środki radioelektroniczne są dostępne elektromagnetycznie w ściśle określonym obszarze, który można określić jako strefa dostępności elektromagnetycznej. Głębokość strefy dostępności elektromagnetycznej uzależniona jest przede wszystkim od parametrów równania przepływu mocy w łączy radiowym utworzonym przez ukrywany nadajnik i odbiornik rozpoznawczy przeciwnika. Z równań przepływu mocy w łączy radiowym utworzonym przez ukrywany nadajnik i urządzenie rozpoznawcze przeciwnika wynika, że głębokość strefy elektromagnetycznej zależy od mocy nadajnika, jego rodzaju pracy oraz wysokości wzniesienia (zawieszenia) anteny nadawczej oraz anteny odbiorczej urządzenia rozpoznawczego przeciwnika, długości fali roboczej i jej polaryzacji oraz właściwości elektrycznych gruntu w miejscu i na trasie radiowej (w przypadku propagacji typu ogólnego). Wartości tych parametrów z wyjątkiem wysokości zawieszenia anteny odbiorczej urządzenia rozpoznawczego przeciwnika powinny być odpowiednio kształtowane w procesie organizacji i eksploatacji środków elektronicznych.

Dostępność czasową warunkują czasy trwania seansów radiowych oraz intensywność wymiany radiowej. Jest ona wprost proporcjonalna do wielkości ww. składowych.

Dostępność oznakowa i strukturalna uwarunkowana jest istnieniem cech (oznak, właściwości) demaskujących pracę środków i systemów elektronicznych, które umożliwiają organom rozpoznania radioelektronicznego zidentyfikowanie sygnałów emitowanych przez te środki, ich lokalizację, określenie składu sieci (linii) i węzłów łączności oraz ich przynależności do szeregu dowodzenia.

Dostępność semantyczną warunkuje stopień utajnienia wiadomości przekazywanych w systemach elektronicznych.

Z uogólnionej oceny wynika, że do obiektów elektronicznych szczególnie wrażliwych i najmniej odpornych na rozpoznanie, a następnie zakłócanie pracy należą krótkofalowe (KF) środki radiowe. Dużą odpornością zaś wyróżniają się środki ultra-krótkofalowe (UKF) przewodowe i radiowe małej mocy. Dlatego zadania obrony elektronicznej muszą być wybrane właściwie i gwarantować ciągłą pracę systemów

elektronicznych. Systemy działające w środowisku o wysokim stopniu przeciwdziałania wymagają kompleksowych zabezpieczeń obronnych. Obrona przed rozpoznaniem elektronicznym przeciwnika powinna obejmować - zdaniem autora - dwa główne zadania:

1. Maskowanie pracy własnych środków elektronicznych;
2. Obezwładnienie środków rozpoznania przeciwnika.

Zakres i sposób ich realizacji należy warunkować w dwóch okresach: przygotowania operacji (walki) oraz w toku operacji (walki).

W okresie przygotowania operacji (walki) obrona przed rozpoznaniem przeciwnika powinna być organizowana następująco:

1. Opracowanie planów funkcjonowania poszczególnych systemów i środków elektronicznych, opracowanie dokumentów planistycznych i wykonawczych.
2. Wypracowanie koncepcji prowadzenia obrony elektronicznej, zaplanowanie przedsięwzięć do realizacji przez poszczególnych wykonawców. Na każdym szczeblu odpowiedzialności za system dowodzenia, równoległe z opracowaniem każdego planu łączności i dowodzenia jest opracowywany plan obrony elektronicznej, uwzględniający zabezpieczenie techniczne i konkretne przedsięwzięcia organizacyjno-wykonawcze. Zadania dla wykonawców powinny w swej treści zawierać następujące czynności:
 - przeciwdziałanie rozpoznaniu przeciwnika;
 - obronę przed przeciwdziałaniem elektronicznym,
 - obronę przed bronią samonaprowadzającą się na źródła energii elektromagnetycznej;
 - eliminację zakłóceń interferencyjnych (wzajemnych),
 - kontrolę promieniowania własnych środków i urządzeń elektronicznych.
3. Określenie rodzajów pracy środków elektronicznych w systemach wszystkich rodzajów wojsk, koordynacja przedsięwzięć między poszczególnymi rodzajami wojsk i służb. Dotyczy to głównie opracowania wykazu częstotliwości roboczych i zastrzeżonych, czasu pracy środków elektronicznych sposobów zmiany reżimów pracy, sposobów wykorzystania rezerwowych środków i kanałów łączności.

4. Stworzenie pozornej sytuacji elektronicznej w obszarze operacji: budowa systemu pozornych SD oraz rejonów rozmieszczenia, ruchu sił i środków wojsk, organizacja pozornych systemów radiolokacyjnych i radionawigacyjnych naprowadzania rakiet przeciwlotniczych, pozornych przegrupowań i manewrów w ramach faktycznych lub pozornych systemów elektronicznych. Przedstawione zadania i przedsięwzięcia są składnikami maskowania pracy środków elektronicznych w ramach planu maskowania operacyjnego. Taki plan powstaje na szczeblu operacyjnym. W skład planu maskowania pracy środków elektronicznych wchodzi niezbędne dokumenty, jak: mapy, wykresy, tabele i zestawienia ujmujące zagadnienia organizacji i funkcjonowania łączności i innych środków elektronicznych dane do pracy środków elektronicznych w pozorowanym systemie oraz niektóre elementy eksploatacyjno-techniczne. Ponadto dowódcy jednostek wykonawczych powinni równolegle opracowywać dokumenty określające przedsięwzięcia zabezpieczające wykonanie zadań przez oddziały i pododdziały.
5. Zakłócanie pokładowych urządzeń elektronicznych samolotów i satelitów rozpoznawczych. Zadanie to powinny wykonywać siły i środki WLOP naziemnej osłony elektronicznej w celu uniemożliwienia lub utrudnienia prowadzenia rozpoznania powietrznego samolotów rozpoznawczych przeciwnika. Jest to szczególny przypadek działań aktywnych dwóch stron w okresie zagrożenia agresją zbrojną. Przeciwnik prowadzi rozpoznanie wysyłając emisję elektromagnetyczną, głównie środkami radiolokacyjnymi w obszar przyszłej agresji, nie przekraczając swoimi siłami i środkami granicy państwowej. Obroną przed rozpoznaniem satelitarnym jest obrona pasywna - maskowanie elektroniczne.
6. Określenie sygnałów ostrzegania i przedsięwzięć do natychmiastowego wykonania. Sygnały dla wszystkich dysponentów środków elektronicznych powinny być przygotowane i wyrażone w dokumentach wykonawczych planów dowodzenia i łączności: zarządzeniach i rozkazach.

W okresie prowadzenia operacji (walki) przeciwnik prowadzi różnorodne rozpoznanie wszystkimi możliwymi środkami i formami działań. W rejonach i strefach o największym nasyceniu potencjału militarnego, rozpoznanie powinno mieć charakter selektywnego rozpoznania systemów elektronicznych.

Obrona przed rozpoznaniem powinna mieć wykonawczy charakter zadań zawartych w uprzednio opracowanych planach. Do głównych zadań powinny należeć:

- obezwładnianie środków rozpoznania przeciwnika;
- maskowanie pracy środków elektronicznych.

Równocześnie z nimi powinna być organizowana i prowadzona kontrola elektroniczna w celu wykrywania i usuwania charakterystycznych i demaskujących cech pracy środków elektronicznych.

Obezwładnienie środków rozpoznania przeciwnika jest - zdaniem autora - aktywną formą walki elektronicznej, w której część działań wykonuje się na rzecz obrony elektronicznej. Polegają one na zakłócaniu pracy urządzeń odbiorczych środków radiowych i radiolokacyjnych systemu rozpoznania przeciwnika.

Jednym z zasadniczych warunków obezwładniania zakłóceniami obiektów elektronicznych jest możliwość przechwycenia i wykrycia ich promieniowania. Środki rozpoznania radiowego i rozpoznania emisji radiolokacyjnych nie promieniują w eter energii elektromagnetycznej, lecz przechwytyują promieniowanie rozpoznawanych urządzeń nadawczych. Praca "na odbiór" nadaje im charakter pasywny i niemożliwy do wykrycia, a następnie do zakłócenia przez stronę przeciwną.

Środki rozpoznania radiolokacyjnego obiektów wojsk i techniki bojowej działają natomiast na zasadzie emisji i odbioru tej samej, własnej energii elektromagnetycznej; są możliwe do wykrycia i zakłócenia.

Pasywne środki rozpoznania przeciwnika można tylko obezwładnić pośrednio. Oznacza to zakłócenie środków elektronicznych kierowania rozpoznaniem. Środki elektroniczne systemu autonomicznego lub zewnętrzne, współdziałające z tym systemem, zapewniają kierowanie rozpoznaniem przez:

- przesyłanie informacji rozpoznawczych do centrum zbioru i opracowanie danych;
- przesyłanie danych do SD związków taktycznych i oddziałów;
- wysyłanie komend do wykonania nowych (kolejnych) zadań rozpoznania.

Promieniują one i odbierają energię elektromagnetyczną, co pozwala na ich wykrycie, identyfikację i obezwładnienie. Obezwładnienie środków rozpoznania prze-

ciwnika wykonują pododdziały zakłóceń radiowych, radiolokacyjnych i radionawigacyjnych w całokształcie zadań walki elektronicznej.

Maskowanie pracy środków elektronicznych ma na celu utrudnienie lub uniemożliwienie przeciwnikowi prowadzenia aktywnego rozpoznania elektronicznego. Zawiera ono następujące formy zadań szczegółowych³:

- maskowanie bezpośrednie (ukrywanie),
- pozorowanie elektroniczne i dezinformowanie.

Każda z tych form obejmuje wiele różnych sposobów wykonawczych.

Maskowanie elektroniczne bezpośrednie ma charakter ukrywania, powinno być realizowane na szczeblu taktycznym w celu zneutralizowania lub zminimalizowania silnej kontrastowości radiolokacyjnej oraz specyfiki funkcjonowania ważnych obiektów elektronicznych jak: SD i WŁ, rejonów rozwinięcia wojsk raketowych, kierunków emisji radiowych, posterunków radiolokacyjnych itp.

Analiza dostępnej literatury źródłowej [14,21,29] pozwala na wyróżnienie następujących sposobów realizacji zadań maskowania:

- optyczne,
- radiowe,
- radiolokacyjne,
- cieplne,
- świetlne akustyczne,
- rozśrodkowanie oraz zmianę rejonów ugrupowania,
- wypełnianie (przestrzeganie) regulaminu pracy.

Są to zadania jakościowo odrębne, różnorodne, ale także kompleksowe i wzajemnie powiązane. Ten sam obiekt elektroniczny lub cały system może wykorzystywać jeden sposób maskowania elektronicznego niektóre z całości lub jednocześnie wszystkie sposoby. Ta ostatnia wersja jest najkorzystniejsza i powinna być stosowana w większości działań.

³ Przyjęty podział maskowania elektronicznego wzięto w wyniku oceny literatury źródłowej [9, 14, 21, 34] i przemyśleń autora.

Maskowanie optyczne należy stosować przeciw klasycznej, bezpośredniej obserwacji optycznej oraz przeciwko środkom walki wyposażonym w aparaturę optyczną i elektroniczną wykorzystującą takie techniki, jak: laserową, podczerwieni i termowizyjną.

Ukrywanie obiektów przed bezpośrednią obserwacją optyczną powinno być stosowane przez wykorzystywanie maskujących właściwości terenu oraz stosowania różnorodnych masek, siatek, powłok absorpcyjnych itp. Wykorzystywanie maskujących właściwości oraz przystosowanie terenu to regulaminowa powinność każdego organizatora i wykonawcy walki zbrojnej. Jeszcze w większym stopniu obowiązuje użytkowników środków elektronicznych na polu walki.

Ukrywanie przed aparaturą optyczno-elektroniczną powinno być wykonywane także przy wykorzystaniu "zasłony" terenowej, lub stosowaniu zasłon dymnych przerywających bieg promienia laserowego. Ukrycie się przed rozpoznaniem i uderzeniem pocisków raketowych odpalanych z samolotów i innych środków napadu powietrznego powinny zapewniać urządzenia izotopowe wykrywające promieniowanie laserowe i pelengujące źródła tego promieniowania i in.

Z kolei wykorzystywanie innej aparatury, jak: generatorów promieniowania termicznego, podczerwonego i laserowego o długości fali 0,532 i 1,066 powinno umożliwiać oślepienie i dezorientację przyrządów elektroniczno-optycznych,

Takie urządzenia powinny być w wyposażeniu jednostek rozpoznania i walki elektronicznej, przynajmniej jeden komplet na szczeblu pododdziału, a w przyszłości w składzie samodzielnego zespołu rozpoznawczo-zakłócającego.

Maskowanie radiowe polega głównie na ograniczeniu pracy środków radiowych, usuwaniu cech demaskujących urządzeń nadawczych, przestrzeganiu ustalonych zasad i sposobów wykorzystywania tych środków, utajnianiu przekazywanych informacji w sieciach i kierunkach radiowych oraz bezwzględnym przestrzeganiu dyscypliny pracy.

*Cechy demaskujące urządzeń nadawczych*⁴ mają znamiona techniczne i taktyczno-operacyjne. Do pierwszej grupy należy zaliczyć te, które pozwalają określić przy-

⁴ Przedstawione zostały w rozdziale 3

należność środków elektronicznych do danego szczebla dowodzenia. Są to: zakres wykorzystywanych częstotliwości, rodzaje pracy, moc i zasięg emisji, techniczna charakterystyka sygnału. Do cech taktyczno-operacyjnych urządzeń nadawczych należą: sposób organizacji łączności systemu dowodzenia, obecność i sposób rozmieszczenia środków radiowych w określonym rejonie, intensywność pracy i ich rodzaj, sposób przesuwania środków w walce i operacji.

W maskowaniu radiolokacyjnym należy wykorzystywać wszelkiego rodzaju ekrany, powłoki pochłaniające lub rozpraszające energię elektromagnetyczną, sztuczne urządzenia odbijające (odbijacze katowe i dipolowe) itp. Ekrany radiolokacyjne - wykonane z tkanin metalizowanych lub grafitowych - służą głównie do maskowania wojsk w rejonach ześrodkowania (koncentracji) okrętów bazujących w portach, samolotów na lotniskach, składów amunicji i innych obiektów typu stałego lub znajdujących się na postoju. Pokrycia pochłaniające (rozpraszające) energię elektromagnetyczną wykorzystuje się głównie do maskowania techniki bojowej oraz obiektów stałych. Odbijacze katowe umożliwiają dezinformowanie przeciwnika co do rzeczywistego ugrupowania sił i środków oraz stanowią cele pozorne dla jego środków rozpoznania i cele-pułapki dla systemów naprowadzania rakiet. Dipole odbijające wyrzucane z samolotu lub wystrzeliwane przez rakiety czy pociski artyleryjskie stosuje się do maskowania samolotów oraz pozorowania celów powietrznych.

Maskowanie radiolokacyjne powinno być dostosowane do właściwości terenu i w każdej sytuacji takie, aby na urządzeniach wskaźnikowych stacji radiolokacyjnych przeciwnika zostało utrudnione identyfikowanie maskowania obiektów.

Ekrany radiolokacyjne, powłoki i maski absorpcyjne, odbijacze katowe i inne środki maskowania bezpośredniego powinny ponadto stanowić stałe uzupełnienie sprzętu bojowego oraz być w etatowym wyposażeniu pododdziałów maskowania jednostek rozpoznania i walki elektronicznej.

Maskowanie cieplne (termiczne) powinno być organizowane w celu przeciwdziałania wykrywaniu obiektów o niewielkiej różnicy temperatur z otoczeniem (około $0,02^{\circ}\text{C}$). W tym sposobie maskowania powinny być wykorzystywane ochronne właściwości terenu, należy stosować maski ochronne zmniejszające kontrast cieplny

obiektów z otoczeniem, a także różnorodne pułapki o prostej konstrukcji, np. zorganizowane paleniska. Można wykorzystywać również makiety wozów bojowych z wmontowanymi silnikami zniszczonych pojazdów.

Maskowanie świetlne ma odniesienie w szczególności do środków łączności. Sprzęt łączności powinien być przygotowany do zaciemnienia wewnętrznego, natomiast obsługa musi respektować dyscyplinę maskowania oświetlenia zewnętrznego na węzłach łączności. Szczególnych zabiegów wymaga maskowanie świateł pojazdów w czasie marszu. Do ich maskowania stosuje się etatowe komplety urządzeń oraz oprawki zaciemniające wykonane doraźnie z materiałów podręcznych.

Maskowanie akustyczne wykorzystuje maskujące właściwości terenu, szczególnie jego pokrycia (zalesienie, zadrzewienie) i infrastruktury (budowle i zabudowania). Ponadto obejmuje unifikację środków transportu techniki bojowej, co zapobiega wykrywaniu i identyfikowaniu systemem czujnikowym. Stosuje się również przedsięwzięcia o charakterze taktycznym, jak: unikanie nagłych zmian w natężeniu pracy silników, agregatów prądotwórczych przy dokonywaniu manewru wojsk i zmiany rejonów punktów dowodzenia. Efektywne wykonywanie tego zadania mieści się w sferze wyszkolenia ludzi i nawyków praktyce (działaniu).

Rozśrodkowanie i zmiana rejonów ugrupowania stanowi jeden ze sposobów ograniczenia głębokości strefy dostępności energetycznej, w której przeciwnik może wykrywać i rozpoznawać emisje środków elektronicznych.

Zmiana rejonów ugrupowania wojsk, a wraz z tym manewr środków elektronicznych powinny być wykonywane w celu maksymalnego wykorzystania warunków terenowych, jako ekranów dla emisji fal radiowych, radioliniowych i radiolokacyjnych zakresu UKF. Jako ekrany mogą też być wykorzystywane wszystkie obiekty i przedmioty nieprzezroczyste dla fal elektromagnetycznych jeżeli tylko przewyższają o ponad 10 % antenę oraz gdy istnieje możliwość rozwinięcia jej za nimi. Te swoiste ekrany mogą być także umieszczone między anteną a linią styczności wojsk w odległości rzędu 12-25 procent długości fali roboczej nadajnika; 2,5-0,8 metra dla zakresu UKF, zależnie od średniej wartości wykorzystywanych częstotliwości.

Manewr dostępnymi energetycznie środkami elektronicznymi wobec przeciwnika przez przemieszczanie ich w inny rejon, powinien być wykonywany okresowo

wraz ze zmianą sytuacji operacyjnej i taktycznej, jak również bez ścisłego z nią związku. Czyni się to w celu utrudnienia przeciwnikowi właściwej oceny położenia i aktywności wojsk własnych na podstawie informacji uzyskanych środkami rozpoznania elektronicznego. Rozśrodkowanie powinno być dokonywane tak, aby nie utrudniało wojskom wykonania zadań bojowych.

Wypełnianie regulaminu pracy środków elektronicznych obowiązuje - jak wiadomo - wszystkich dysponentów i użytkowników. Szczególny reżim pracy i rygor dyscyplinarny spada na użytkowników środków pracujących "na nadawanie" w przestrzeni elektromagnetyczną.

Brak dyscypliny pracy w zakresie wykorzystania podzielonego pasma częstotliwości, rodzaju pracy, czasu pracy i wypełniania przedsięwzięć maskowania spowoduje wykrycie środków i systemu przez przeciwnika oraz zakłócenia wzajemne w systemie własnym. Nad utrzymaniem ustalonej dyscypliny postępowania odpowiedzialnych funkcyjnych nadzoruje kontrola na wszystkich szczeblach dowodzenia.

Pozorowanie radioelektroniczne jest - zdaniem autora - drugą z kolei formą maskowania organizowaną na szczeblach operacyjnych; tworzą go również elementy taktycznego maskowania bezpośredniego. Prowadzi się je w celu ochrony zasadniczych elementów ugrupowania bojowego i operacyjnego oraz ich obiektów elektronicznych a także wprowadzenia przeciwnika w błąd co do głównego wysiłku obrony i czasu wykonywania uderzeń.

Do zasadniczych sposobów pozorowania można zaliczyć:

- tworzenie obiektów pozornych,
- tworzenie pozornej sytuacji elektronicznej i działania bojowe pododdziałów wydzielonych (specjalnych).

Tworzenie obiektów pozornych (fałszywych) powinno umożliwiać elementom systemu łączności i innych systemów wzajemne powiązanie się ze sobą, przy jednoczesnym oddaleniu od siebie. Ta właściwość pozwala na usytuowanie wśród prawdziwych elementów również wielu obiektów pozornych (fałszywych).

W operacji obronnej na obszarze kraju (zgodnie z doktryną polityczno-militarną) powinny być tworzone następujące *obiekty pozorne*:

- ugrupowanie obronne związku taktycznego w rejonie słabo obsadzonym, podczas gdy związek ten w rzeczywistości znajduje się na kierunku spodziewanego głównego uderzenia przeciwnika;
- pozorowanie zgrupowania artylerii poza rejonem głównym do obrony;
- pozorowanie przepraw, rejonów rozmieszczenia obiektów logistycznych i innych opłacalnych do wykonania uderzeń bronią rakietową.

Pozorowanie przepraw powinno być wykonywane poza rejonem głównego wysiłku obrony i poza rejonem planowanego przeciwuderzenia (do tego celu należy stosować odbijacze katowe do imitacji mostów). Jeżeli natomiast w tym rejonie występują mosty stałe, należy zastosować pojedyncze stacje zakłóceń radiolokacyjnych do ich osłony elektronicznej. Kompleksowe zastosowanie tych środków i sposobów urealni pozorowanie przepraw.

Tworzenie pozoranej sytuacji elektronicznej obejmuje - zdaniem autora - pozorowanie punktów dowodzenia czynnego systemu łączności oraz pracy stacji radiolokacyjnych i radionawigacyjnych. Jest to specyficznie funkcjonujący system elektroniczny, który musi mieć powiązanie z systemem rzeczywistym. Do jego ważniejszych przedsięwzięć należy zaliczyć: pozorowanie SD i WŁ w niewielkich odległościach od rzeczywistych lub w zupełnie innych oddalonych rejonach. W pierwszym przypadku organizacja ma miejsce, gdy ukrycie głównego wysiłku obrony i rejonów koncentrowania wojsk jest niemożliwe. W drugim - celem są następujące przedsięwzięcia:

- maskowanie głównego wysiłku obrony, czasu jej gotowości oraz czasu wykonania zwrotów zaczepnych;
- pozorowanie radiowe zmian i przesunięć SD;
- tworzenie pozornych sieci i kierunków radiowych i radioliniowych oraz wymiana informacji w nich;
- tworzenie posterunków rozpoznania elektronicznego przy obiektach pozornych.

Praca środków elektronicznych w pozorowaniu powinna odbywać się według opracowanego harmonogramu. Pozorowane SD i WŁ powinny mieć określoną liczbę środków elektronicznych aby stworzyć autentyczność elementu systemu określonego

szczebla dowodzenia. Doświadczenia z ćwiczeń wojsk wskazują na użycie środków elektronicznych do budowy pozornego punktu dowodzenia należy przeznaczyć od 30 do 50 % analogicznego rzeczywistego punktu dowodzenia.

Przesunięć i zmian SD do nowych rejonów należy dokonywać skrycie. Jednym ze sposobów wykrywania jest pozostawienie części środków łączności w dotychczasowym rejonie i pozorowanie pracy WŁ SD.

Działania bojowe pododdziałów wydzielonych (specjalnych) mogą odbywać się wówczas gdy odwróci się uwagę przeciwnika od kierunku (rejonu) głównego uderzenia wojsk lub głównego wysiłku obrony. Powinny obejmować następujące zadania:

- pozorowanie marszu wojsk, podczas gdy faktycznie pozostają one w dotychczasowym rejonie lub maszerują, lecz w zupełnie innym kierunku. Pozorowany marsz wykonują pododdziały wydzielone (specjalne) odchodząc od sił dywizji i pułków wykonujących zadanie główne;
- pozorowanie radiowe oddziałów i ZT w rejonach uprzednio przez nich zajmowanych, podczas gdy wykonują one marsz lub zajęły inny rejon. W tym wariacie organizuje się system dowodzenia i pozorne działania pododdziałów specjalnych w rejonach dotychczasowych działań bojowych wojsk.

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 podobne do 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.

Dezinformacja elektroniczna jest kolejną formą maskowania elektronicznego. Należy organizować ją w celu wprowadzenia w błąd dowództw, sztabów i organów rozpoznawczych przeciwnika co do ugrupowania i rozmieszczenia wojsk, zamiaru operacji i innych ważnych danych o charakterze operacyjno-taktycznym.

Dezinformacja elektroniczna powinna obejmować wykorzystanie następujących urządzeń:

- specjalnych kanałów informacji;
- technicznych środków łączności;
- telewizji.

Wszystkie zadania powinny polegać na preparowaniu informacji fałszywych dotyczących położenia wojsk własnych, efektów działań bojowych (sukcesy i porażki), zamiaru przyszłych działań i przekazywaniu ich przeciwnikowi. Jedną z zasad dezinformowania powinno być przekazywanie błędnych informacji w bloku informacji prawdziwych. Wymaga to zaangażowania wysoko kwalifikowanych specjalistów wywiadu, propagandy i łączności.

5.3. Obrona przed obezwładnianiem elektronicznym

Zadanie to wymaga szczegółowego planowania, organizacji, przygotowania i działania sił wykorzystujących środki elektroniczne. Przedsięwzięcia planistyczno-organizacyjne należy wykonywać w okresie przygotowawczym, natomiast realizacja zadań powinna odbywać się w toku operacji (walki).

Uwzględniając doświadczenia lokalnych konfliktów zbrojnych, szczególnie wojnę w Zatoce Perskiej można założyć, że charakter działań strony zagrażającej może być przynajmniej dwu wariantowy. W pierwszym - kilkadziesiąt minut przed wtargnięciem środków napadu powietrznego w strefę obrony obszaru kraju, może pojawić się zmasowane obezwładnianie i niszczenie środków elektronicznych systemu WLOP oraz kierowania państwem i dowodzenia wojskami. *Obezwładnienie będzie wykonywane w formie aktywnych i pasywnych zakłóceń, dywersji elektronicznej, a także oddziaływanie impulsem elektromagnetycznym opartym na konwencjonalnej technice wybuchowej.*

W drugim - może nastąpić uprzedzenie ofensywy wojsk lądowych zmasowanym przeciwdziałaniem i zakłóceniami środków łączności radiowej, radioliniowej oraz naziemnych systemów radiolokacyjnych wojsk. Jednocześnie może być obezwładniany system elektroniczny WLOP.

Można przyjąć, że systemy elektroniczne sił obrony na obszarze kraju będą zmuszone do funkcjonowania w warunkach silnych zakłóceń elektronicznych, dy-

wersji oraz dezinformacji (wojny informacyjnej). Obrona zagrożonych systemów i środków musi więc mieć charakter kompleksowy, wielozadaniowy oraz obejmować jednocześnie różne grupy i rodzaje środków elektronicznych.. W takiej sytuacji istnieje prawdopodobieństwo nie obezwładnienia wszystkich systemów elektronicznych.

Do zasadniczych zadań obrony przed obezwładnieniem elektronicznym można - zdaniem autora zaliczyć:

- rozpoznanie środków przeciwdziałania przeciwnika,
- maskowanie pracy środków elektronicznych,
- niszczenie ogniowe środków przeciwdziałania elektronicznego,
- likwidacja skutków zakłóceń elektronicznych.

Rozpoznanie środków przeciwdziałania przeciwnika - to zadanie mieszczące się w zakresie obszaru szerokiego rozpoznania elektronicznego. Umożliwia wykrycie środków zakłócających i rejonów ich dyslokacji z dokładnością umożliwiającą określenie wymaganych współrzędnych dla skutecznego ich niszczenia. Rozpoznanie elektroniczne prowadzi - jak wiadomo- siły i środki walki elektronicznej wszystkich rodzajów wojsk na wszystkich szczeblach dowodzenia.

Maskowanie pracy środków elektronicznych - to zadanie realizowane w celu obrony zarówno przed rozpoznaniem jak i obezwładnieniem elektronicznym przeciwnika. Treść tego maskowania przedstawiono wcześniej.

Niszczenie ogniowe środków przeciwdziałania elektronicznego mieści się w zakresie walki ogólnowojskowej. Środki zakłóceń elektronicznych przeciwnika, jako cele punktowe o małych gabarytach, nie są opłacalnymi obiektami dla uderzeń ogniowych lotnictwa, rakiet naziemnych czy nawet artylerii polowej. Powinny być niszczone „przy okazji” w kompleksowym rażeniu ogniowym. Stanowią one jednak cele opłacalne do niszczenia ogniem dla grup specjalnych, rozpoznawczych i oddziałów wydzielonych.

Likwidacja skutków zakłóceń elektronicznych - to zadanie do wykonania w warunkach częściowo lub całkowicie obezwładnionego systemu dowodzenia. Do najważniejszych przedsięwzięć obronnych zdaniem autora należą:

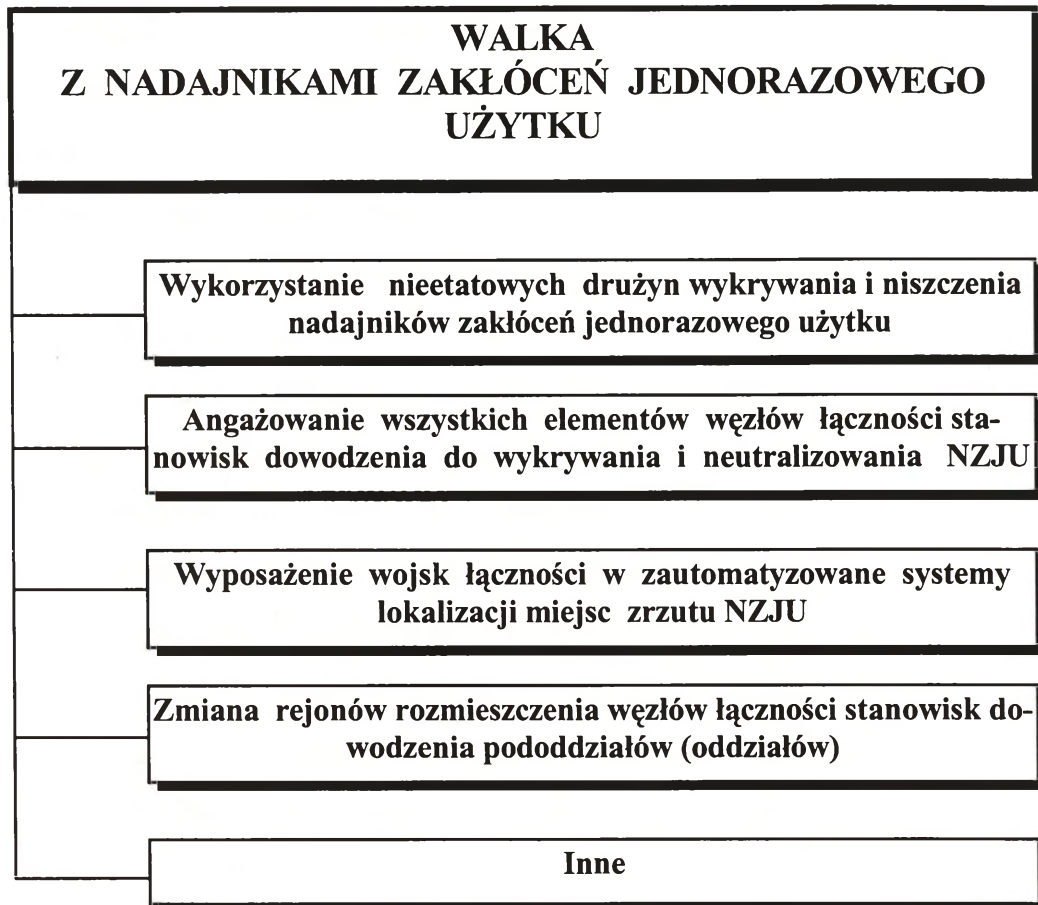
- wykorzystanie kanałów łączności nie zakłóconej;

- organizowanie i wykorzystywanie rezerwowych i skrytych relacji radiowych dla ważniejszych ogniw systemu kierowania uzbrojeniem i dowodzenia wojskami;
- wykorzystanie wcześniej wyznaczonych, określonych relacji łączności radiowej oraz stosowanie (tam, gdzie to możliwe) radiostacji pośredniczących;
- wykorzystanie (na przemian) różnych rodzajów łączności w ważnych ogniwach informacyjnych;
- przygotowanie zespołów obsługujących do pracy w warunkach intensywnych zakłóceń elektronicznych;
- zmianę stopnia wzmocnienia urządzeń odbiorczych;
- zwiększenie mocy stacji nadawczych oraz optymalizacja zysku energetycznego anten,
- zmianę rejonów WŁ i SD.

Szczególnie trudnym zadaniem, wymagającym rozwiązań zarówno organizacyjnych jak i technicznych jest *walka z nadajnikami zakłóceń jednorazowego użytku (NZJU)*. Zespoły węzłów łączności powinny umieć je wykrywać, niszczyć lub neutralizować, bądź też wychodzić poza strefy skutecznego ich oddziaływania. Zestaw działań w tym zakresie przedstawiono na rysunku nr 17.

Jednym ze sposobów przeciwdziałania NZJU powinno być *organizowanie i działanie na węzłach łączności stanowisk dowodzenia nieetatowych „drużyn wykrywania i niszczenia NZJU”*. Biorąc jednak pod uwagę czas pracy tych nadajników (średnio od kilkunastu do kilkudziesięciu minut) oraz prawdopodobny sposób ich bojowego użycia (umieszczanie w rejonie obezwładnionego obiektu kilkunastu do kilkudziesięciu nadajników zakłócających z takim wyliczeniem, aby nowo umieszczane nadajniki rozpoczynały pracę wcześniej niż zakończą ją znajdujące się już w tym rejonie), możliwość ich wcześniejszego zaminowania, a także stosunkowo długi czas i sposób wykonania zadania przez nieetatową drużynę, należy stwierdzić, że przedstawiony sposób obrony może być wykorzystany w zasadzie jedynie na szczeblu operacyjnym. Natomiast na szczeblu taktycznego może okazać się mało skuteczny. Poza tym zakłada się, że w składzie takiej drużyny powinni być saperzy, którymi wojska

łączości nie dysponują.



Rys. 17. Walka z nadajnikami zakłóceń jednorazowego użytku

Bardziej skutecznym sposobem może być *zaangażowanie wszystkich elementów WŁ stanowisk dowodzenia do wykrywania i neutralizowania NZJU*. Neutralizowanie ich polega na ekranowaniu za pomocą, np. lekkich metalizowanych siatek, cienkich arkuszy folii aluminiowej lub kilku odpowiednio wysokich prętów metalowych wbitych w ziemię wokół poszczególnych nadajników. Spowoduje to natychmiastowe skuteczne ograniczenie rozprzestrzeniania się energii elektromagnetycznej emitowanej przez NZJU. Czynność ta jest mniej czasochłonna niż niszczenie, gdyż nie wymaga angażowania wyspecjalizowanych sił i środków.

Najskuteczniejszym sposobem, umożliwiającym natychmiastowe i precyzyjne lokalizowanie nowo pojawiających się źródeł energii elektromagnetycznej w rejonie węzłów łączności i przyległym terenie jest wyposażenie wojsk łączności w *zautomatyzowane systemy pelengacyjne*. Należy mieć na uwadze fakt, że ww. systemy pelengacyjne powinny mieć możliwość odróżniania sygnałów pochodzących z NZJU od sy-

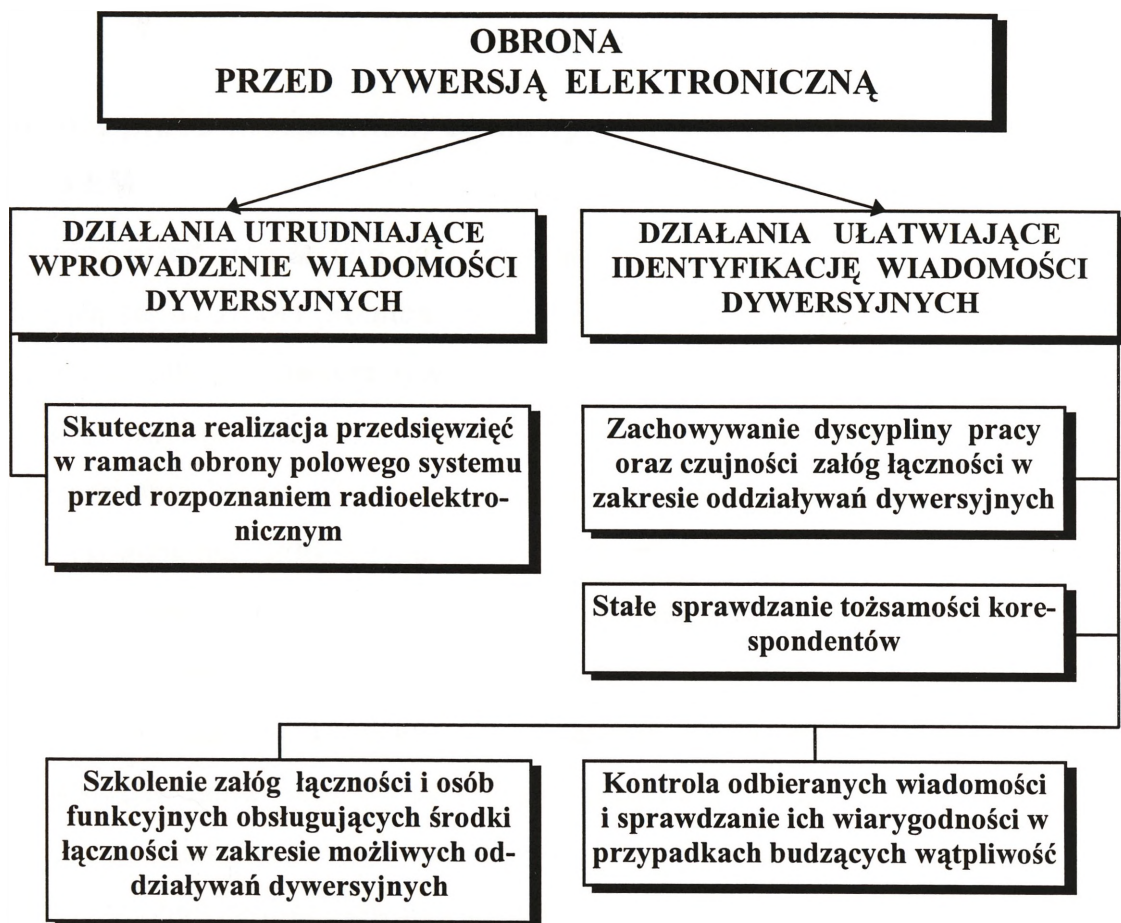
gnałów emitowanych przez własne nadajniki. Natomiast *na niższych szczeblach dowodzenia (kompania, batalion a nawet brygada) należy przewidywać zmianę rejonów rozmieszczenia węzłów łączności z chwilą pojawienia się zakłóceń emitowanych przez te nadajniki.*

Obrona przed dywersją elektroniczną polega na wszechstronnym zabezpieczeniu środków i systemów łączności przed wprowadzeniem fałszywych informacji, tj. rozkazów, zadań, sygnałów powiadamiania i ostrzegania oraz sygnałów sterujących, itp. Przeciwdziałanie dywersji radiowej powinno stanowić system zorganizowanych działań takich jak przedstawione na rysunku nr 18.

Najskuteczniejszym sposobem uniemożliwiania (utrudniania) przeciwnikowi wprowadzania informacji do relacji radiowych, radiotelefonicznych i radioliniowych jest *skuteczna realizacja przedsięwzięć obrony SŁ przed rozpoznaniem radioelektronicznym*. Ponieważ nie zawsze to się osiąga dlatego często zachodzi konieczność podejmowania działań ułatwiających *identyfikację informacji dywersyjnych*.

Sytuacje takie mogą występować zwłaszcza w relacjach radiowych współdziałania, dowodzenia lotnictwem, kierowania ogniem artylerii oraz w innych - podczas przekazywania komend (sygnałów) wymagających natychmiastowej reakcji. Problem nie pojawia się tak krytycznie w systemie *automatycznej identyfikacji własnego korespondenta* na podstawie wprowadzanych do pamięci wzorców (np.: widma odbieranych sygnałów, jednolitego czasu operacyjnego, itp.). Należy nadmienić, że obrona SŁ przed dywersją radiową traktowana jest często formalnie lub całkowicie pomijana w procesie szkolenia wojsk. Jest to zjawisko bardzo niebezpieczne, ponieważ skuteczność przeciwdziałania dywersji radiowej uzależnione jest w wielu przypadkach od nawyków operatorów, załóg środków łączności, a nawyki można wyrobić tylko w procesie systematycznego, długotrwałego szkolenia.

Ważne jest, by w trakcie szkolenia zwrócić uwagę na cykl dywersyjnego oddziaływania, który rozpoczyna się skrytym włączeniem radiostacji przeciwnika do czynnej sieci łączności wojsk własnych oraz pamiętać, że podstawowym warunkiem dywersyjnego, nie zauważonego przeniknięcia do relacji radiowej jest jej wcześniejszy dokładny „nasłuch”.



Rys. 18. Obrona przed dywersją elektroniczną

Zatem może odbywać się m.in. przez:

- utożsamianie się i przejęcie roli jednej z radiostacji sieci,
- wejście do sieci po kolejnej zmianie częstotliwości roboczej, jeśli nie wszystkie podległe radiostacje zgłosiły się,
- włączenie się do sieci kryptonimem radiostacji wyższego szczebla,
- zgłoszenie się w sieci jako nowy korespondent.

Obrona przed niszczeniem energią elektromagnetyczną stanowić będzie nowe przedsięwzięcie z chwilą pojawienia się nowych środków walki (np. bomb impulsu elektromagnetycznego, i in.). Nie mniej jednak w projektowanych systemach elektronicznych wszystkie ich komponenty (nie tylko bezprzewodowe) powinny być uodpornione pod względem technicznym na oddziaływanie impulsu elektromagnetycznego. Natomiast działania organizacyjne powinny być przedmiotem oddzielnych badań w

tym zakresie.

5.4. Obrona przed niszczeniem ogniowym bronią naprowadzającą się na źródła EM

Obrona przed niszczeniem ogniowym przeciwnika, a głównie przed bronią naprowadzającą się na źródło promieniowania energii elektromagnetycznej, najogólniej ujmując, ma na celu zachowanie żywotności wojsk w walce i operacji. Środki rażenia przeciwnika, współuczestniczące w niszczeniu potencjału bojowego, będą jednocześnie obiektami szerokiego i aktywnego oddziaływania w celu fizycznego ich niszczenia lub obezwładniania zakłóceniami elektronicznymi.

Do niszczenia ogniowego obiektów elektronicznych przeciwnik może użyć wszystkich rodzajów swojego lotnictwa, naziemnych sił rakietowych i artylerii polowej. Użycie poszczególnych rodzajów broni rażenia ogniowego pozostanie będzie w ścisłym uwarunkowaniu sytuacji operacyjnej i taktycznej, a także dostosowane zostanie do różnych obiektów elektronicznych w celu uzyskania maksymalnych efektów. Zakłada się, że obiektami ogniowego rażenia będą głównie środki elektroniczne rozmieszczone w strefie operacyjno-taktycznej i operacyjnej, w szczególności stanowiska dowodzenia i węzły łączności oraz posterunki i stacje radiolokacyjne wykorzystywane do wykrywania i śledzenia celów powietrznych.

Należy liczyć się z tym, że wysiłek uderzeniowy lotnictwa może być skierowany przede wszystkim na niszczenie posterunków radiolokacyjnych, stacji radiolokacyjnych wykrywania i śledzenia celów powietrznych, stacji radionawigacyjnych oraz stacji radiolokacyjnych naprowadzania rakiet i kierowania ogniem artylerii przeciwlotniczej, a następnie dopiero na stanowiska dowodzenia i węzły łączności wojsk lądowych. Ze względu na powszechne stosowanie w działaniach bojowych pocisków rakietowych do niszczenia głównych obiektów wojsk i sprzętu bojowego oraz obiektów elektronicznych, dużo uwagi w obronie elektronicznej poświęca się środkom i sposobom zakłócania pracy systemów kierowania (sterowania) rakietami.

Ocena wykorzystywanych systemów kierowania rakietami [21, 25] wykazuje, że obecnie niemożliwe jest obezwładnienie zakłóceniami elektronicznymi autono-

micznych, najczęściej programowanych systemów kierowania rakiet. W systemach tych program lotu rakiet ustala się za pomocą urządzeń znajdujących się na ich pokładach, niezależnie od ośrodków naziemnych. Dzięki temu są niewrażliwe na zakłócenia elektroniczne, wytwarzane z zewnątrz (z ziemi, pokładu samolotu, przez fałszywy cel lub pułapki radiolokacyjne). Istnieje jedynie możliwość zakłócenia zbliżeniowych zapalników radiowych rakiet. Oddziaływanie zakłóceniami na zapalniki może spowodować ich zadziałanie na ustalonej zawczasu wysokości lub na ziemi w takiej chwili, która jest niewygodna dla przeciwnika. W rezultacie stosowanych zakłóceń rakietą może nie trafić w zaplanowany cel.

Obecnie możliwe jest zakłócanie nie autonomicznych i kombinowanych (częściowo automatycznych) systemów kierowania rakietami, ponieważ w zestaw tych rakiet wchodzi urządzenia elektroniczne, które współpracują z naziemnymi środkami elektronicznymi, rozwiniętymi na określonych punktach dowodzenia szczebla taktycznego i operacyjnego. Konieczność elektronicznej współpracy w relacjach: „ziemia-powietrze” i „powietrze - ziemia”, czyni wszystkie te urządzenia wrażliwymi na rozpoznanie i zakłócanie.

W obronie elektronicznej wysiłek przeciwdziałania elektronicznego należy koncentrować przede wszystkim na tych urządzeniach elektronicznych systemów kierowania rakiet przeciwnika, które są najbardziej wrażliwe na zakłócenia. Doświadczenia i prowadzone badania wykazują, że najkorzystniej jest obezwładniać zakłóceniami urządzenia śledzenia radiolokacyjnego, a także relacji radiowych dowodzenia i automatycznego kierowania (sterowania). Do zakłócenia urządzeń radiolokacyjnego śledzenia można wykorzystywać naziemne lub samolotowe stacje zakłóceń radiolokacyjnych, wytwarzające zakłócenia szumowe i impulsowo-odzewowe.

Zakłócenia urządzeń systemów śledzenia rakiet klasy „powietrze-ziemia” mogą się odbywać w strefie radiolokacyjnej widzialności celu i poza nią. Można założyć, że jeśli rakietą jest radiolokacyjnie śledzona i sterowana na całej trasie lotu, to zakłócenie urządzenia śledzącego, np. samolotu nosiciela rakiety przeciwnika jest możliwe na całej trasie jego lotu, tj. od rubieży startu rakiety (pocisku kierowanego) do rubieży jej naprowadzania na obiekt naziemny.

Środki śledzenia radiolokacyjnego rakiet klasy „ziemia-ziemia” można skutecznie obezwładniać za pomocą samolotowych stacji zakłócających, odznaczających się dużą mocą zakłóceń. Obezwładnianie zakłóceniami może być przeprowadzone na trasach lotu rakiet w całej strefie śledzenia stacji radiolokacyjnej.

W przypadku zakłócania radiowych, zbliżeniowych zapalników rakietowych (w celu spowodowania ich wcześniejszego zadziałania i tym samym przedwczesnego wybuchu rakiet i bomb), stacje zakłócające należy rozmieszczać w rejonie osłanianych obiektów.

Oprócz wymienionych aktywnych form obrony przed niszczeniem ogniowym, należy stosować *pasywne* formy obrony. Są to głównie formy obrony przed bronią naprowadzającą się, zwaną także bronią precyzyjnego rażenia. Obrona ta powinna polegać w dużej mierze na:

- wszechstronnym wykorzystaniu ochronnych właściwości terenu,
- ciągłym maskowaniu operacyjnym i bezpośrednim,
- systematycznej rozbudowy fortyfikacyjnej,
- specyficznym działaniu wojsk w warunkach zagrożenia oddziaływania broni precyzyjnego rażenia.

A ponadto:

- jednoczesnej pracy kilku stacji radiolokacyjnych opromieniowujących samolot-nosiciel pocisków (rakiet) samonaprowadzających się;
- ograniczeniu czasu pracy stacji radiolokacyjnych i innych środków promieniujących energię elektromagnetyczną podczas promieniowania do jednego celu - nosiciela rakiety (pocisku) samonaprowadzającej się;
- natychmiastowym wyłączeniu nadajników środków elektronicznych po zakończeniu strzelania do celów powietrznych;
- stosowaniu telewizyjno-optycznych metod wykrywania i śledzenia celów powietrznych i naziemnych;
- systematycznym szkoleniu zespołów obsługujących środki elektroniczne w celu wyrobienia odporności psychicznej do działania w warunkach zagrożenia bronią samonaprowadzającymi się na źródło promieniowania.

5.5. Zabezpieczenie przed niekompatybilnością elektromagnetyczną

Zadanie to ma na celu zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej w pracy własnych systemów i środków elektronicznych przez uniknięcie występowania szkodliwego oraz niepożądanego zjawiska wzajemnych zakłóceń wewnętrznych i zewnętrznych.

Do głównych przyczyn powstawania zakłóceń wzajemnych w pracy środków elektronicznych można zaliczyć:

- masowe użycie urządzeń elektronicznych;
- ograniczoną pojemność i nierównomierne wykorzystanie widma częstotliwości;
- wzrost potencjału energetycznego urządzeń nadawczych;
- wzrost czułości urządzeń odbiorczych;
- niestabilność częstotliwości;
- niedoskonałość innych cech technicznych środków elektronicznych;
- niewłaściwe rozmieszczenie środków elektronicznych w terenie.

Masowe użycie urządzeń elektronicznych wynika z wysokiego stopnia nasycenia wojsk różnorodnymi środkami elektronicznymi. Do środków tych należą: stacje radiolokacyjne, radiostacje, stacje radioliniowe i troposferyczne, stacje zakłóceń, namierniki, urządzenia odbiorcze itp. Duża liczba tych środków na poszczególnych szczeblach dowodzenia wojsk oraz gęstość ich rozmieszczenia w ugrupowaniu bojowym, a także prawdopodobieństwo jednoczesnej pracy, stanowi jedną z poważniejszych przyczyn występowania wzajemnych zakłóceń.

Ograniczona pojemność i nierównomierne wykorzystanie widma częstotliwości wynika z nienasyconych potrzeb zagospodarowania całego pasma przez potencjalnych użytkowników środków elektronicznych. Często zachodzi bowiem konieczność kilkakrotnego używania tych samych częstotliwości przez różne urządzenia elektroniczne. Z widma częstotliwości natomiast wykorzystuje się w całości i bardzo nierównomiernie pasmo od 10 KHz do 40 GHz. Stanowi to przesłankę występowania zakłóceń interferencyjnych (wzajemnych).

Wzrost potencjału energetycznego urządzeń nadawczych i wzrost czułości

urządzeń odbiorczych to wynik założonych oczekiwań zwiększenia zasięgu emisji elektromagnetycznej. Współczesne układy nadawcze urządzeń elektronicznych mogą emitować dziesiątki i setki kilowatów w rodzaju pracy ciągłej i impulsowej, przy współczynniku zysku kierunkowego anten mogących wynosić dziesiątki tysięcy.

Zwiększenie potencjału energetycznego układów nadawczych i czułości urządzeń odbiorczych z jednej strony bowiem prowadzi do zwiększenia zasięgu i niezawodności, z drugiej zaś - zwiększa obszar, w którym urządzenia elektroniczne mogą się wzajemnie zakłócać.

Niestabilność częstotliwości i niedoskonałości innych charakterystyk technicznych objawia się oddziaływaniem promieniowania niepożądanego (poza pasmowego, bocznego) jednych urządzeń na podstawowy kanał odbiorczy innych urządzeń.

Promieniowanie poza pasmowe (na częstotliwościach harmonicznym) urządzeń nadawczych jest zbędne i szkodliwe, ponieważ zakłóca urządzenia odbiorcze. Poziomą zaś emisję niepożądanych zależy od rodzaju i parametrów urządzeń elektronicznych, typu generatorów i rodzaju modulacji oraz obecności filtrów na wyjściu układów nadawczych (moc emisji na częstotliwościach harmonicznym w niektórych urządzeniach nadawczych jest tylko o 20-30 dB mniejsza od podstawowej). Boczne kanały urządzeń odbiorczych nie są wykorzystywane do przekazywania informacji użytecznej, jedynie pogarszają selektywność, ponieważ ich czułość jest kilkadziesiąt dB mniejsza od czułości kanału podstawowego. Wysokie poziomy sygnałów bocznych i tylnych listków urządzeń antenowych, pogarszające możliwości selekcji przestrzennej, są przyczyną występowania zakłóceń interferencyjnych (wzajemnych). Istnieje bowiem możliwość zarówno emitowania, jak i odbioru zakłóceń z dowolnego kierunku.

Niewłaściwe rozmieszczenie środków elektronicznych w terenie powoduje również wzajemne zakłócenia środków. Środki radiowe, radioliniowe i radiolokacyjne o dużej mocy emisji wytwarzają wokół siebie pole elektromagnetyczne. Obecność innych urządzeń w takim obszarze powoduje natomiast występowanie zakłóceń w ich pracy, mimo iż częstotliwości robocze będą różne. Bliskie sąsiedztwo stacji zakłócających oraz środków systemu dowodzenia i kierowania uzbrojeniem tworzy więc warunki wzajemnych zakłóceń. Niewłaściwe rozmieszczenie środków elektronicznych jest zaliczane do tzw. błędów taktycznych.

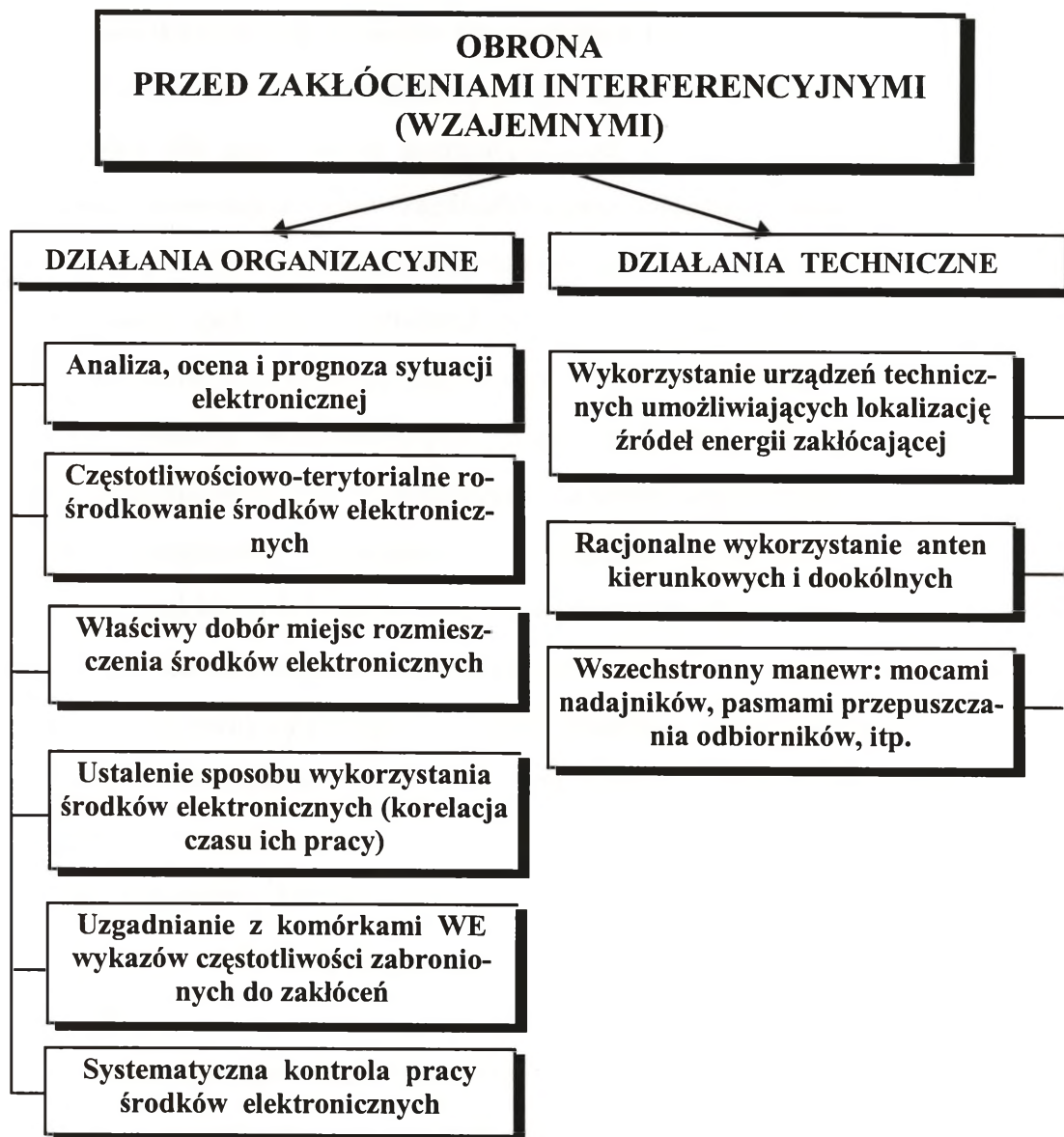
Obrona środków elektronicznych przed zakłóceniami interferencyjnymi (wzajemnymi) powinna zmierzać do wyeliminowania lub maksymalnego zmniejszenia niepożądanego oddziaływania jednych środków na drugie. Ma na celu zapewnienie im kompatybilnej pracy. Kompatybilność elektromagnetyczna – to zdolność zapewniająca prawidłowe funkcjonowanie środków elektronicznych (z założoną jakością) w otaczającym środowisku elektromagnetycznym, bez wywierania szkodliwego wpływu na to środowisko [9]. Zdolność tę można uzyskać przez wcześniejsze uzgodnienie wzajemnego działania środków elektronicznych. W tym celu należy podejmować odpowiednie działania organizacyjne i techniczne. Przedsięwzięcia organizacyjne obrony przed zakłóceniami interferencyjnymi należy planować i realizować w sposób scentralizowany na poszczególnych szczeblach dowodzenia. Przedsięwzięcia techniczne powinny być realizowane zdecentralizowanie przez zespoły obsługujące wszystkie środki elektroniczne. Zestawienie przedsięwzięć z zakresu eliminacji zakłóceń interferencyjnych przedstawiono na rysunku 19.

Analiza, ocena i prognoza sytuacji elektronicznej określa zakres pracy dla wykonawców - dysponentów środków elektronicznych prace analityczno-prognostyczne prowadzi się począwszy od pary pojedynczych typów środków elektronicznych wchodzących w skład ugrupowania bojowego, a skończywszy na wszystkich środkach elektronicznych danego zgrupowania wojsk.

Analizie i ocenie powinny podlegać więc warunki wykorzystania pasma częstotliwości, propagacji elektromagnetycznej, rejonów rozmieszczenia i czasu pracy wszystkich środków elektronicznych wojsk w walce i operacji. Określane powinny być warunki optymalnego wykorzystania środków, a także ograniczenia i zastrzeżenia co do ich wykorzystania. Wnioski z dokonanej oceny sytuacji elektronicznej powinny mieć odzwierciedlenie w planach dowodzenia i łączności.

Dobór przydziału częstotliwości roboczych dla środków elektronicznych powinien być dokonywany w celu zabezpieczenia potrzeb w zakresie wykorzystania częstotliwości i umożliwia pracę środków elektronicznych bez zakłóceń wzajemnych. Polega na przydzieleniu poszczególnym użytkownikom (związkom, oddziałom, pododdziałom) limitu częstotliwości oraz wyznaczaniu częstotliwości dla konkretnych środków elektronicznych (lub określaniu, które z nich są już zajęte ze względu na wła-

ściwości konstrukcyjne sprzętu).



Rys. 19. Zakres działań wojsk w zakresie obrony przed zakłóceniami interferencyjnymi (wzajemnymi)

Rozdział częstotliwości roboczych jest - zdaniem autora - zasadniczym sposobem zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej i uwarunkowany rangą ważności środka elektronicznego oraz rejonem (miejscem) jego dyslokacji. Jest jedną z podstawowych czynności zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej bezprzewodowych środków łączności. Należy podkreślić, że systematycznie wzrasta jej ranga ze względu na powszechny deficyt częstotliwości, duże zagęszczenie środków elektronicznych w rejonach działania wojsk i przyległych do nich (zwłaszcza przed

przednim skrajem i w rejonach rozmieszczenia pierwszych rzutu) a także duży i trudny do przewidzenia wpływ środków i systemów elektronicznych przeciwnika na stan sytuacji radioelektronicznej. Problem ten powinien być rozwiązywany centralnie przez związek operacyjny z wykorzystaniem z wykorzystaniem techniki komputerowej.

Istotne dla zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej powinno mieć **częstotliwościowo-terytorialne rozśrodkowanie obiektów elektronicznych**. Wybór miejsca pracy środków elektronicznych obejmuje wykorzystanie właściwości terenu (ukształtowanie, pokrycie i infrastrukturę) w celu zmniejszenia występowania wzajemnych zakłóceń z najbardziej zagrożonych kierunków. Warunki terenowe w rejonie rozwijania środków elektronicznych mogą zmniejszać wielokrotnie gęstość mocy energii elektromagnetycznej w przestrzeni, na której są przeszkody, np. las, zabudowa, konstrukcje metalowe. Umiejętne wykorzystanie terenu pozwoli obniżyć poziom wzajemnych zakłóceń lub całkowicie je wyeliminować. Rozwiązanie tego problemu powinno sprowadzać się do rygorystycznego przestrzegania przewidzianych dokumentami normatywnymi odległości między środkami radioelektronicznymi, a zwłaszcza radiostacjami średniej mocy i stacjami radioliniowymi, rozwijanymi w obrębie tego samego stanowiska dowodzenia (węzła łączności) lub w sąsiednich rejonach. Odległości te powinny być nie mniejsze niż:

- między radiostacjami średniej mocy a stacjami radioliniowymi: 1500 - 2000 m,
- między stacjami radioliniowymi: 200 - 300 m,
- między radiostacjami średniej mocy KF i UKF: 300 - 400 m,
- w grupie powyżej 4 radiostacji średniej mocy: 800 - 1000m.
- pozostałe elementy węzłów łączności powinny być rozśrodkowane z zachowaniem odstępów 50-70 m.
- grupy środków radiowych powinny być rozmieszczone w odległości: WŁ SD (ZSD) ZO 3 - 5 km i więcej; WŁ SD (ZSD) ZT 1 - 3 km; WŁ SD oddziału 1 - 1,5 km.

Wybór miejsca rozwijania środków elektronicznych powinien odgrywać również duże znaczenie dla eliminowania wzajemnych zakłóceń. Idealne z punktu widze-

nia kompatybilności elektromagnetycznej miejsce do rozwijania środków elektronicznych powinno umożliwiać ekranowanie anteny odbiorczo-nadawczej w obszarze promieniowania niepożądanego z wykorzystaniem ekranów naturalnych oraz stwarzać korzystne warunki propagacji fal elektromagnetycznych w obszarze promieniowania pożądanego. Optymalnym miejscem rozwijania elementów systemów łączności przede wszystkim szczebla taktycznego są małe miejscowości.

Ze względu na niekontrolowany wpływ środków i systemów elektronicznych przeciwnika, powszechny deficyt częstotliwości, duże zagęszczenie środków elektronicznych oraz inne uwarunkowania wynikające z zasad aktualnie stosowanego sposobu podziału częstotliwości mogą występować nieprzewidziane zakłócenia kompatybilności elektromagnetycznej. Dlatego też konieczne jest *ustalenie sposobu wykorzystania środków elektronicznych* według częstotliwości, czasu i kierunków informacyjnych. Realizacja ww. ustaleń (przedsięwzięć) ogranicza w pewnym stopniu przepustowość systemu łączności. Powinny być podejmowane zatem w ostateczności, gdy niemożliwe jest usunięcie przyczyn naruszenia kompatybilności elektromagnetycznej innymi sposobami.

Ważnym przedsięwzięciem, eliminującym wpływ zakłóceń pochodzących od wojsk własnych, jest *uzgodnienie z komórkami walki elektronicznej częstotliwości zabronionych do zakłóceń*. Przy czym należy podkreślić, że osoby odpowiedzialne za organizację i eksploatację systemów łączności powinny zabiegać o dostarczenie wykazów częstotliwości, rejonów i sektorów zabronionych do zakłóceń do odpowiednich komórek walki elektronicznej.

Ustalenie sposobów wykorzystania środków elektronicznych (korelacja czasu ich pracy) jest jednym z warunków kompatybilnej pracy środków elektronicznych w sytuacji, gdy niemożliwe jest zapewnienie odstępu częstotliwościowo-terytorialnego. Powinno polegać na rozłożeniu w różnym czasie pracy środków elektronicznych lub zakazie ich wykorzystania w określonym czasie. Należy uwzględnić zasadę, aby zakazem lub ograniczeniem pracy były obejmowane te środki, które w danym okresie nie są związane bezpośrednio z prowadzeniem działań bojowych lub ich wyłączenie nie wpłynie ujemnie na możliwości bojowe wojsk.

Sprawną eliminację przyczyn naruszenia kompatybilności elektromagnetycznej można osiągnąć w wyniku *ciągłej kontroli pracy środków elektronicznych i warunków propagacji fal elektromagnetycznych*. Zadanie to powinno być realizowane przez specjalistyczne komórki WE. Należy mieć na uwadze, że prawdopodobieństwo naruszenia kompatybilności elektromagnetycznej, np. w działaniach taktycznych dywizji I rzutu wynosi około 0,9999997 [9]. Jeśli uwzględni się wpływ innych środków przeciwnika i własnych oraz zakłóceń atmosferycznych i przemysłowych, to łączne prawdopodobieństwo wystąpienia naruszeń kompatybilności elektromagnetycznej będzie jeszcze wyższe. W przypadku drastycznych naruszeń kompatybilności elektromagnetycznej należy przewidzieć wyłączanie mniej ważnych środków elektronicznych lub podejmowanie innych działań.

W ramach działań technicznych należy przede wszystkim wyposażyć wojska łączności w urządzenia *umożliwiające identyfikację i lokalizację źródeł energii zakłóceńowej, poprzez ciągłe śledzenie źródeł emitujących energię elektromagnetyczną na częstotliwościach przydzielonych środkom radioelektronicznym danego SŁ, węzła łączności, itp.* Pozostałe techniczne działania mające na celu eliminację zakłóceń interferencyjnych (wzajemnych) powinny być podejmowane analogicznie jak w przypadku obrony przed przeciwdziałaniem elektronicznym.

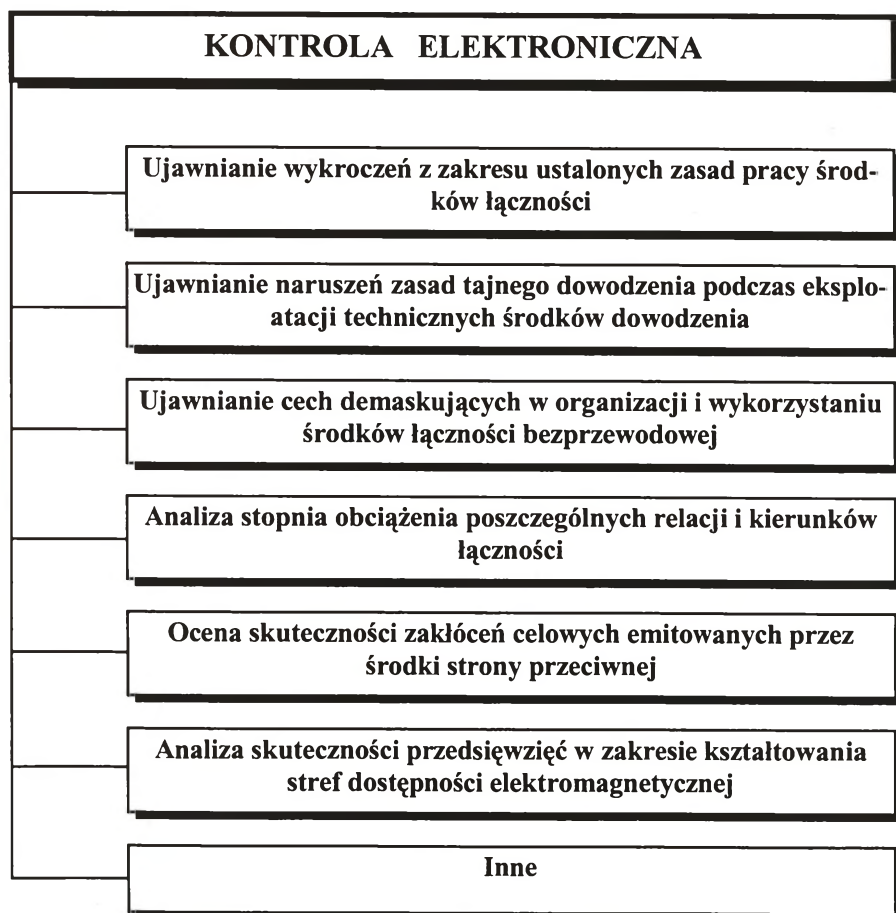
5.6. Kontrola elektroniczna

Kontrola elektroniczna jest jednym z ostatnich zadań obrony elektronicznej. Powinna być prowadzona w celu wykrycia i oceny cech demaskujących pracy własnych środków elektronicznych, sprawdzenia przestrzegania regulaminu i ustalonych zasad pracy. Umożliwiać powinna ponadto określenie głębokości stref rozpoznania przeciwnika i sprawdzenie skuteczności przedsięwzięć maskowania elektronicznego.

Pod względem formy i treści kontrola ta powinna dzielić się na kontrolę radiową i radiotechniczną. Do jej prowadzenia powinny być angażowane na szczeblu operacyjnym i taktycznym wyspecjalizowane siły i środki WE. Kontrolę radiową należy organizować również w wojskach łączności i informatyki (na własne potrzeby). W tym celu powinny być wyznaczane zespoły oficerskie, siły i środki wojsk łączności.

W składzie węzła łączności związku operacyjnego powinny znaleźć się (i funkcjonować) aparatury kontroli radiowej i kontroli częstotliwości. Takie aparatury powinny być również wykorzystywane na szczeblu związku taktycznego. Przykładowy zakres kontroli radiowej przedstawiono na rysunku 20.

Kontrola radiotechniczna powinna być organizowana i prowadzona na szczeblu operacyjnym. Jej zadanie to sprawdzenie technicznych norm pracy środków elektronicznych takich, jak: stabilność częstotliwości, szerokość pasma jednej emisji, wielkość mocy sygnałów informacji. Do tego niezbędny jest specjalistyczny sprzęt techniczny: aparatury kontrolne i analizatory komputerowe oraz wyszkolone zespoły osób funkcyjnych.



Rys. 20. Zakres kontroli elektronicznej

5.7. Wnioski

Przeprowadzone badania w zakresie obrony elektronicznej umożliwiają sformułowanie następujących wniosków i uogólnień:

1. Obrona elektroniczna jest integralną częścią walki elektronicznej, a także rodzajem zabezpieczenia bojowego i operacyjnego.
2. Obrona elektroniczna powinna być prowadzona kompleksowo i j obejmować odpowiednie przedsięwzięcia organizacyjne i techniczne. Powinna mieć także charakter powszechny, to znaczy powinna być podejmowana w odpowiednim zakresie przez wszystkich użytkowników środków elektronicznych.
3. W dalszym ciągu należy doskonalić formy i sposoby obrony elektronicznej, optymalizować organizację i technikę w tym zakresie w celu ciągłej i niezawodnej pracy środków systemu dowodzenia i kierowania.

6. PROWADZENIE WALKI ELEKTRONICZNEJ W WOJSKACH LĄDOWYCH

6.1. Cel WE w działaniach operacyjnych i taktycznych wojsk lądowych

Prowadzenie walki elektronicznej polega - zdaniem autora - na określeniu celów jej prowadzenia, postawieniu zadań właściwym ugrupowaniom środków WE, ich pracy bojowej oraz manewrze w terenie i w przestrzeni elektromagnetycznej przy zapewnieniu ciągłego dowodzenia i kierowania tymi środkami.

Celem walki elektronicznej w działaniach operacyjnych i taktycznych wojsk jest zdobywanie informacji o elektronicznych systemach i środkach wojsk lądowych, lotnictwa uderzeniowego, obrony powietrznej, przeciwlotniczej i sił morskich przeciwnika oraz treści informacji w nich przekazywanych; dezorganizacja systemów przeciwnika; mylenie rozpoznania radiolokacyjnego, a także działania skierowane na zachowanie zdolności do funkcjonowania systemów elektronicznych wojsk własnych, w warunkach oddziaływania elektronicznego przeciwnika. Cele WE osiąga się przez:

- rozpoznanie elektroniczne pozwalające uzyskiwać niezbędne informacje o pracujących środkach elektronicznych przeciwnika ((ich rodzajach, wykorzystywanych częstotliwościach, położeniu, użyciu broni sterowanej lub samonaprowadzającej się na źródła promieniowania elektromagnetycznego, itp.),
- przeciwdziałanie elektroniczne pozwalające dezorganizować pracę systemów i środków elektronicznych, w ścisłym współdziałaniu z niszczeniem ich środkami ogniowymi, a także umożliwiające prowadzenie dywersji w systemach łączności radiowej i radionawigacji, mylenia radiolokacyjnego, termicznego oraz akustycznego urządzeń rozpoznawczych i systemów sterowania środkami ogniowymi,
- realizację przedsięwzięć obrony elektronicznej pozwalającej na zabezpieczenie własnych systemów i środków elektronicznych przed rozpoznaniem, obezwładnianiem elektronicznym oraz niszczeniem środkami ogniowymi naprowadzającymi się na źródło promieniowania elektromagnetycznego.

Rozpoznanie elektroniczne prowadzone jest w działaniach operacyjnych¹ i taktycznych od momentu przyjęcia ugrupowania bojowego oraz przygotowania środków do pracy bojowej. Ma ono za zadanie dostarczenie danych o obiektach (środkach) elektronicznych w systemach dowodzenia i kierowania, rozpoznania technicznego oraz sterowania środkami ogniowymi zasadniczych elementów ugrupowania operacyjnego (taktycznego) przeciwnika, a ponadto powinno dostarczyć danych o:

- systemie łączności radiowej, w tym o częstotliwościach pracy, przeznaczeniu, rodzaju i treści przekazywanych informacji, dyslokacji w terenie lub strefach dyżurowania w powietrzu, sposobie utajniania itp.,
- systemie radiolokacyjnym obrony powietrznej i lotnictwa przeciwnika, w tym o częstotliwościach na których pracują radiolokatory, strukturze ich sygnałów, przeznaczeniu, położeniu, wielkości i charakterystyce pola radiolokacyjnego,
- systemach radionawigacyjnych i telesterowania, a w tym o położeniu posterunków radionawigacji, rodzaju systemu, ilości i położeniu samolotów korzystających z systemu, sposobach pracy, częstotliwości i strukturze sygnału,
- systemach radioelektronicznych samolotów specjalnych i bojowych, a w tym o rodzaju wykorzystywanych środków, sposobie wykorzystania poszczególnych środków elektronicznych, częstotliwościach na których pracują, strukturze sygnału, przekazywanych treściach, położeniu samolotu, stosowanych środkach zakłócających itp.,

Czas zebrania tych informacji powinien pozwolić na zastosowanie skutecznych środków zakłócających, mylących i ogniowych oraz po analizie i opracowaniu powinien pozwolić na zorientowanie się dowódcy w ogólnej strukturze systemu dowodzenia oraz ilości i formie wykorzystywanych przez przeciwnika jego sił i środków. Charakter operacji (obronna, zaczepna) nie ma wpływu na zadania rozpoznania elektronicznego, wpływa natomiast na ugrupowanie sił i środków oraz sposób realizacji zadań. Mogą one być bardzo różnie precyzowane:

- od stanu ogólnego, który chcemy osiągnąć,

¹ Na szczeblu operacyjnym prowadzone jest również w ograniczonym zakresie w okresie pokoju.

- do precyzyjnego określenia stanu w poszczególnych rodzajach środków, w poszczególnych ogniwach dowodzenia, na określonych kierunkach i pasach działania.

Zakładany cel WE powinien być realny do osiągnięcia. Stawianie celów nierealnych obniża dążność do osiągnięcia nawet tych, które są w zasięgu możliwości.

Celem WE w operacji obronnej może być obezwładnienie środków radioelektronicznych głównego zgrupowania uderzeniowego i wspierających je sił powietrznych (morskich) oraz obrony własnych środków elektronicznych przed obezwładnieniem elektronicznym przeciwnika.

Osiągnięcie tego celu powinno zapewnić zerwanie dowodzenia wojskami i kierowanie środkami walki na wszystkich szczeblach, uniemożliwienie prowadzenia rozpoznania przez wszystkie środki radioelektroniczne, doprowadzenie do braku skuteczności w wykorzystaniu systemów i środków sterowania, obezwładniania RE, radionawigacji i WE.

Z uwagi na zakres wykorzystania środków elektronicznych przez nowocześnie wyposażone siły zbrojne, realność takiego celu jest znikoma. Dlatego cel trudny do osiągnięcia może być realizowany przez cele pośrednie (częstkowe). Do takich celów pośrednich możemy zaliczyć następujące działania destrukcyjne:

- zerwanie dowodzenia w jednym ogniwie (np. szczebel brygady);
- zerwanie dowodzenia w jednym związku taktycznym;
- zerwanie współdziałania w okresie wprowadzania nowych sił do walki;
- zerwanie współdziałania między środkami wsparcia ogniowego a nacierającymi wojskami;
- radioelektroniczne obezwładnienie konkretnego systemu rozpoznania w określonym czasie²;
- obezwładnienie wskazanego systemu sterowania uzbrojeniem, często na określonym kierunku lotu w wyznaczonym czasie;

² np. radiolokacyjnego systemu obserwacji pola walki na czas manewru siłami i środkami, radiolokacyjnego systemu rozpoznania i kierowania środkami artyleryjskimi, radiolokacyjnego systemu OPL w okresie wykonywania uderzenia przez własne lotnictwo i śmigłowce bojowe itp.

- uniemożliwienie przeciwnikowi zakłócenia systemu radiolokacyjnego systemu rozpoznania powietrznego lub kierowania środkami OPL;
- uniemożliwienie zerwania dowodzenia wojskami własnymi.

Każdy cel pośredni powinien być tak określony, aby jego osiągnięcie dawało określone korzyści dla walczących wojsk, a zarazem wyzwało możliwości realizacji kolejnego celu. Formułowane cele powinny więc być przemyślane pod kątem działania wojsk w obronie i przynosić im korzyści w zakresie zmniejszonej skuteczności ognia przeciwnika, ograniczonego tempa działania, wreszcie zwiększonej swobody manewru własnych wojsk i środków walki. W operacji zaczepnej podobnie będą formułowane cele WE, ale powinny być dostosowane formy walki i przestrzeni opanowanej przez nacierające wojska.

Ogólnym celem WE w operacji zaczepnej może być obez władnienie radioelektroniczne systemów i środków elektronicznych rozpoznania, dowodzenia, kierowania i sterowania sił broniących się w pasie operacji na kolejnych rubieżach, wspierających je środków ogniowych (w tym głównie lotnictwa) oraz zabezpieczenie własnych środków radioelektronicznych przed oddziaływaniem środków WE przeciwnika.

Cele pośrednie lub ograniczone mogą dotyczyć osiągnięcia pożądanego stanu na głównym kierunku uderzenia, w stosunku do następujących zgrupowań: określonego szczebla dowodzenia lub rodzaju wojsk czy też rodzaju uzbrojenia, odwodów i drugich rzutów wykonujących kontrataki, przeciwwuderzenia lub broniących się na kolejnych rubieżach, elementów dowodzenia i kierowania zabezpieczeniem materiałowo-technicznym itp. Mogą mieć ściśle określony czas realizacji, dotyczący własnych systemów rozpoznania, dowodzenia, kierowania i sterowania środkami walki w poszczególnych fazach operacji, poczynając od jej przygotowania.

Cele WE w operacji zaczepnej powinny być bardziej podporządkowane skuteczności rażenia własnych środków ogniowych, możliwości i swobodzie wykonywanych manewrów przez wojska oraz ich podstawowe środki ogniowe, sprawności funkcjonowania systemów rozpoznania i dowodzenia wojskami. Cele również w działaniach obronnych są osiągane przez wykonanie ściśle określonych zadań realizowanych w otaczającej przestrzeni i sytuacji bojowej.

6.2. Zadania WE w działaniach operacyjnych i taktycznych wojsk lądowych

Do podstawowych zadań realizowanych przez wojska lądowe w działaniach operacyjnych i taktycznych (obronnych i zaczepnych) zaliczamy:

- rozpoznanie radioelektroniczne systemów i środków elektronicznych zgrupowań wojsk lądowych, sił powietrznych, w rejonach nadmorskich także sił morskich, w tym głównie wykorzystywanych częstotliwości i pasm fal elektromagnetycznych, dyslokacji środków radioelektronicznych, intensywności ich pracy;
- obezwładnienie radioelektroniczne systemów i środków elektronicznych jego wojsk lądowych, sił powietrznych, a w niektórych sytuacjach także sił morskich (w tym zwłaszcza jego systemu dowodzenia zgrupowań uderzeniowych na głównych kierunkach działania), systemu dowodzenia siłami powietrznomanewrowymi przeciwnika (szybkiego reagowania), systemów radiolokacyjnego rozpoznania i naprowadzania środków ogniowych (w tym OP i OPL pola walki, artyleryjskich, przycelowania samolotów, okrętowych), a także systemów sterowania uzbrojeniem raketowym, lotniczym, artyleryjskim, czołgowym;
- obronę elektroniczną własnych systemów i środków elektronicznych przed rozpoznaniem, obezwładnieniem elektronicznym, niszczeniem ze strony sił i środków WE przeciwnika (w tym głównie systemu dowodzenia i kierowania wojsk wykonujących zadania główne, systemu rozpoznania i kierowania OPL, systemów kierowania artylerią oraz innych rzutujących na potencjał bojowy i możliwości manewrowe), a także zabezpieczenie przed niekompatybilności EM i kontrolę promieniowania własnych źródeł „.

Te zadania mają różny zakres realizacji w poszczególnych operacjach i etapach działań bojowych:

1. W okresie organizacji działań operacyjnych (taktycznych) oraz przegrupowania wojsk z głębi:

- intensywne prowadzenie rozpoznania systemów i środków elektronicznych nowo uruchamianych, zmieniających częstotliwość (pasma), charakter pracy, kody i dyslokację, zwiększających intensywność pracy, obejmujących swym

zasięgiem nowe rejonny wojsk lotniczych, zgrupowań lądowych i morskich, sił szybkiego reagowania, wojsk desantowych, systemów ogniowych dalekiego zasięgu, wojsk specjalnych, w tym szczególnie rozpoznawczo-dywersyjnych, rozpoznania strategiczno-operacyjnego;

- zakaz lub ograniczenie zakresu wykorzystania i maskowanie pracy systemów i środków promieniujących energię EM wojsk szczebla taktycznego i operacyjnego z wyjątkiem wykonujących zadania stałe w okresie pokoju³.
- stosowanie w szerokim zakresie dezinformacji i pozoracji radioelektronicznej, realizowanie zadań zakresu pasywnego (biernego) obezwładnienia elektronicznego w rejonach rozwinięcia wojsk i podstawowych środków ogniowych, elementów systemu rozpoznania i dowodzenia, liczby i kierunków przegrupowania, składu i rodzajów uzbrojenia, terminu osiągnięcia gotowości bojowej, rozpoczęcia działań, itp.;
- obezwładnienie radioelektroniczne (jeśli toczy się podczas wojny), naziemnych, powietrznych i morskich środków dalekiego rozpoznania, sieci radiowych zbierania informacji, środków elektronicznych systemów ogniowych wykonujących uderzenia na wojska lub w strefach odpowiedzialności, systemów operacyjnego dowodzenia, współdziałania i powiadamiania.

Zadania te mogą częściowo wykonywać systemy rozwinięte i pracujące w okresie pokoju, środki bojowe wojsk obrony powietrznej, marynarki wojennej, związków taktycznych i operacyjnych, już rozwinięte wzdłuż granicy lub będące w styczności z przeciwnikiem. Wojska prowadzące działania w styczności z przeciwnikiem mogą razić cele, których wyeliminowanie jest korzystne dla prowadzonej WE.

2. Z chwilą rozpoczęcia działań operacyjnych (taktycznych):

- prowadzenie intensywnego rozpoznania elektronicznego oraz poszukiwanie obiektów dowodzenia i rozpoznania, stosownie do porażenia ogniowego oraz obezwładniania elektronicznego. Szczególna uwaga rozpoznania elektronicznego musi być zwrócona na rejonny głównego zgrupowania wojsk prze-

³ Dotyczy to szczególnie systemów polowych dowodzenia i OPL.

ciwnika, ważne środki rozpoznania i ogniowe, rejony dyslokacji obiektów dowodzenia oraz nowe systemy radioelektroniczne;

- obezwładnienie zakłóceniami relacji łączności radiowej obiektów dowodzenia i kierowania zgodnie z przyjętą koncepcją do prowadzenia WE;
- obezwładnienie zakłóceniami powietrznych i naziemnych stacji radiolokacyjnych w okresach wykonywania zadań, szczególnie poprzedzających zamśowane uderzenia lotnicze, raketowe itp.;
- obezwładnienie systemów radionawigacyjnych w obszarach działania środków ogniowych przeciwnika lub obszarach działania jego wojsk, ze szczególnym zwróceniem uwagi na czas nocny i w warunkach ograniczonej widoczności;
- obezwładnienie radioelektroniczne określonych stanowisk dowodzenia, posterunków rozpoznania i naprowadzania, obszarów koncentracji wojsk przez zrzucenie nadajników zakłócających jednorazowego użycia;
- prowadzenie dywersji radiowej w podatnych na taką działalność systemach i środkach radioelektronicznych;
- wykonanie zadań pozorowania, zakłócania i maskowania za pomocą pasywnych środków WE według opracowanego planu maskowania wojsk i wynikających z tego zagrożeń środkami samosterującymi przeciwnika;
- realizacje zadań obrony radioelektronicznej, szczególnie zabezpieczenie systemu łączności, systemów radiolokacyjnych OPL i wojsk raketowych i artylerii, systemów sterowania uzbrojeniem;
- w przypadku posiadania broni naprowadzającej się na źródła EM, użycie jej w stosunku do najważniejszych obiektów elektronicznych przeciwnika i głównych zgrupowań jego wojsk.

Powyższe zadania organa WE powinny rozdzielić na poszczególne środki WE, dokonywać ich zmian w miarę narastania potrzeb oraz zmieniającej się sytuacji bojowej i operacyjnej.

Z chwilą przejścia wojsk przeciwnika do działań zaczepnych, główny wysiłek walki radioelektronicznej będzie skupiony na obniżaniu efektywności działania syste-

mów i środków elektronicznych dowodzenia, naprowadzania lotnictwa, wojsk rakietowych i artylerii głównego zgrupowania uderzeniowego, stosownie do zmieniającej się sytuacji radioelektronicznej.

3. W operacji obronnej po przełamaniu przez przeciwnika taktycznego pasa obrony:

- prowadzenie intensywnego rozpoznania nowo uruchamianych emisji EM oraz pojawiających się obiektów elektronicznych;
- śledzenie zachodzących zmian w rozpoznawanych systemach elektronicznych głównego zgrupowania uderzeniowego;
- obezwładnienie elektroniczne sił desantów, oddziałów wydzielonych, grup rajdowych oraz sił specjalnych działających w głębi;
- prowadzenie obezwładniania elektronicznego na korzyść sił wykonujących kontrataki i przeciwuderzenia lub zmasowane uderzenia ogniowe;
- obezwładnienie elektroniczne sił dokonujących okrążeń i wspieranie zgrupowań ogólnowojskowych wychodzących z okrążenia;
- wspieranie sił dokonujących manewru odejścia i wycofania na kolejne pozycje.

4. W operacji zaczepnej po przełamaniu pierwszego pasa obrony przeciwnika:

- współudział WE we wprowadzeniu drugich rzutów (w tym rozpoznanie elektroniczne obiektów na kolejnych rubieżach i obezwładnienie elektroniczne sił na kierunkach wprowadzenia drugich rzutów);
- rozpoznanie elektroniczne obiektów sił działających w głębi operacyjnej, przeznaczonych do wykonywania przeciwuderzeń i kontrataków oraz obsadzenia kolejnych pozycji obrony, a także obezwładnienie elektroniczne systemów i środków obsługujących odwody i ich siły zabezpieczające;
- rozpoznanie podczas forsowania i obezwładnianie elektroniczne sił broniących przeszkody wodnej, prowadzących rozpoznanie przepraw i wojsk podchodzących oraz środków ogniowych ostrzeliwujących lustro rzeki;
- osłona radioelektroniczna mostów oraz wojsk na przeprawach przed uderzeniami lotnictwa;

mów i środków elektronicznych dowodzenia, naprowadzania lotnictwa, wojsk raketowych i artylerii głównego zgrupowania uderzeniowego, stosownie do zmieniającej się sytuacji radioelektronicznej.

3. W operacji obronnej po przełamaniu przez przeciwnika taktycznego pasa obrony:

- prowadzenie intensywnego rozpoznania nowo uruchamianych emisji EM oraz pojawiających się obiektów elektronicznych;
- śledzenie zachodzących zmian w rozpoznawanych systemach elektronicznych głównego zgrupowania uderzeniowego;
- obezwładnienie elektroniczne sił desantów, oddziałów wydzielonych, grup rajdowych oraz sił specjalnych działających w głębi;
- prowadzenie obezwładniania elektronicznego na korzyść sił wykonujących kontrataki i przeciwuderzenia lub zmasowane uderzenia ogniowe;
- obezwładnienie elektroniczne sił dokonujących okrążeń i wspieranie zgrupowań ogólnowojskowych wychodzących z okrążenia;
- wspieranie sił dokonujących manewru odejścia i wycofania na kolejne pozycje.

4. W operacji zaczepnej po przełamaniu pierwszego pasa obrony przeciwnika:

- współudział WE we wprowadzeniu drugich rzutów (w tym rozpoznanie elektroniczne obiektów na kolejnych rubieżach i obezwładnienie elektroniczne sił na kierunkach wprowadzenia drugich rzutów);
- rozpoznanie elektroniczne obiektów sił działających w głębi operacyjnej, przeznaczonych do wykonywania przeciwuderzeń i kontrataków oraz obsadzenia kolejnych pozycji obrony, a także obezwładnienie elektroniczne systemów i środków obsługujących odwody i ich siły zabezpieczające;
- rozpoznanie podczas forsowania i obezwładnianie elektroniczne sił broniących przeszkody wodnej, prowadzących rozpoznanie przepraw i wojsk podchodzących oraz środków ogniowych ostrzeliwujących lustro rzeki;
- osłona radioelektroniczna mostów oraz wojsk na przeprawach przed uderzeniami lotnictwa;

- wykonanie (z odbijaczy kątowych) pozornych przepraw, mostów, dróg dojazdowych itp.;
- dezorganizacja dowodzenia wojskami wycofujących się na kolejne rubieże, ich systemów rozpoznania, współdziałania i zabezpieczenia materiałowo-technicznego;
- inne zadania, wynikające z rozwoju sytuacji operacyjno-taktycznej.

6.3. Ugrupowanie bojowe środków walki elektronicznej w działaniach operacyjnych (taktycznych) wojsk lądowych

W celu wykonania zadań WE w działaniach operacyjnych (taktycznych) *wyspecjalizowane siły i środki WE*⁴ należy rozwijać na rubieżach (w rejonach) w odpowiednim ugrupowaniu. *Utworzenie ugrupowania bojowego sił i środków WE* w terenie powinno polegać na wyborze i zajęciu przez elementy systemu w nakazanym terminie takich rejonów (rubieży i pozycji bojowych), które zapewniają najkorzystniejsze warunki do prowadzenia rozpoznania, przeciwdziałania elektronicznego i kompatybilności elektromagnetycznej. Ugrupowanie bojowe sił i środków WE powinno być uzależnione od parametrów sprzętu oraz warunków taktyczno-operacyjnych i terenowych pola walki. Mogą wpływać na nie również następujące czynniki:

- warunki i charakter działań bojowych i operacji wojsk własnych oraz przeciwnika,
- sytuacja operacyjno-taktyczna i radioelektroniczna,
- struktura i wyposażenie oddziałów (pododdziałów) w sprzęt rozpoznawczy i zakłócający, ich parametry oraz otrzymane zadania w zakresie WRE,
- sposoby rozmieszczenia i praca środków radioelektronicznych wojsk przeciwnika, podlegających rozpoznaniu i obozwładnianiu radioelektronicznemu,
- warunki terenowe i atmosferyczne oraz warunki rozprzestrzeniania się fal elektromagnetycznych.

Siły i środki WE należy ugrupowywać w całym obszarze operacyjnym, two-

⁴ Struktury wyspecjalizowanych sił i środków WE przedstawione są w dokumentach normatywnych Szt. Gen. WP [34] oraz w opracowaniach akademickich AON [11]

rząc z nich elementy ugrupowania bojowego. Ugrupowanie takie powinno umożliwić osiągnięcie następujących celów:

- prowadzenie rozpoznania i obezwładniania elektronicznego w całym pasie działania danego związku operacyjnego (taktycznego) lub na maksymalną głębokość w określonych kierunkach działania wojsk,
- ześrodkowanie głównego wysiłku przeciwdziałania elektronicznego w wybranych obszarach, kierunkach, obiektach - przede wszystkim zaś na kierunku głównego działania wojsk, zgodnie z rozwojem sytuacji operacyjno-taktycznej i sposobu prowadzenia tych działań,
- stosowanie szybkiego manewru zakłóceńową energią EM oraz sprzętem rozpoznawczym i zakłócającym w celu operatywnego przenoszenia wysiłku WE na różne kierunki działań wojsk, różne środki i obiekty elektroniczne,
- optymalne wykorzystanie technicznych parametrów sprzętu rozpoznawczo-zakłócającego oraz właściwości terenu w celu efektywniejszego wykonania zadań i zapewnienia obrony własnych sił i środków,
- dobre warunki dowodzenia podległymi pododdziałami (elementami ugrupowania bojowego), zdalnego sterowania pracą stacji zakłócających ze stanowisk dowodzenia oddziałów i pododdziałów oraz z ośrodków i punktów kierowania WE związków operacyjnych,
- dobre warunki organizacji współdziałania z innymi elementami ugrupowania operacyjnego i bojowego wojsk, w których układzie lub na których korzyść te siły działają,
- zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej ze środkami rozpoznania, dowodzenia, kierowania i sterowania wojsk własnych podczas pracy we wspólnych rejonach rozmieszczenia.

Ugrupowanie to tworzą: oddziały, pododdziały, posterunki i grupy rozpoznania radiowego, radioliniowego, systemów radiolokacyjnych, radionawigacji oraz zakłóceń radiowych, radiolokacyjnych, a także samoloty, śmigłowce i okręty WE, stanowiska (punkty) dowodzenia (kierowania) WE oraz elementy zabezpieczenia logistycznego. Doraźnie mogą być wydzielane: pododdziały, grupy, posterunki lub pojedyncze środki

bojowe do prowadzenia dywersji radiowej lub realizacji zadań dezinformacji elektronicznej i maskowania operacyjnego.

Zatem z sił i środków WE należy organizować następujące elementy (obiekty):

- stanowiska dowodzenia (kierowania) WE,
- radiowe centra odbiorcze (rozpoznawcze),
- posterunki namierzania,
- grupy zakłóceń (pojedyncze stacje zakłóceń),
- grupy śmigłowców (samolotów) WE w strefach dyżurowania⁵.

Dla każdego stanowiska dowodzenia, posterunku, grupy i pojedynczego środka bojowego należy wyznaczyć pozycję zasadniczą oraz 1-2 (a w razie potrzeby i więcej) zapasowych⁶. Spełniać one powinny one następujące wymagania:

- możliwość łatwego dojazdu i ewakuacji,
- optymalnych warunków propagacji fal elektromagnetycznych,
- skrytego rozmieszczenia środka bojowego i elementów zabezpieczenia logistycznego,
- możliwość zorganizowania obrony i ochrony stanów osobowych.

W skład ugrupowania bojowego sił i środków WE, w szczególnych przypadkach, włącza się nadajniki radiowe poza militarnych ogniw obronnych.

Na ogół z sił i środków WE nie należy wydzielać odwodu, gdyż tylko dzięki maksymalnemu wykorzystaniu całego potencjału można uzyskać określone efekty. Każde wydzielenie środka do odwodu powoduje więc ewidentne zmniejszenie tego potencjału.

Stanowiska dowodzenia (kierowania) WE należy rozwijać w takim miejscu, aby można było zapewnić łączność ze wszystkimi dowodzonymi elementami. Ponadto powinny one zapewniać dobre warunki utrzymania łączności ze sztabami ogólnowojskowymi, którym podlegają. Punkty dowodzenia WE są częścią składową SD ZO (ZT) WL oraz sztabu naczelnego dowódcy więc należy rozwijać je w rejonie tych stanowisk. W niektórych sytuacjach mogą być wzmacniane przez oficerów pułku elektro-

⁵ Organizowane będą w przyszłości.

⁶ Zasady i normy ugrupowania poszczególnych jednostek elektronicznych określone są w ich instrukcjach pracy bojowej.

nicznego ZO wraz z niezbędnymi technicznymi środkami kierowania i łączności.

Stanowisko dowodzenia pułku elektronicznego należy rozwijać w pobliżu punktu dowodzenia WE ZO WL. Najczęściej powinno być rozwijane w centrum ugrupowania operacyjnego ZO, by można było zapewnić dobrą łączność ze stanowiskami dowodzenia batalionów oraz ze wszystkimi elementami ugrupowania bojowego, bezpośrednio kierowanymi ze SD pułku. Należy rozwijać je na głębokość 30-40 km w działaniach obronnych oraz 20-30 km w działaniach zaczepnych. *Stanowiska dowodzenia batalionów pułku elektronicznego* należy rozwijać w rejonie rozmieszczenia środków batalionu. Czasami może być organizowane w rejonie pułkowego SD, jeśli wpłynie to na zwiększenie operatywności dowodzenia.

Stanowisko dowodzenia kompanii elektronicznej związku taktycznego należy rozwijać w środku jej ugrupowania, wspólnie z radiowym centrum odbiorczym, na głębokość 8-12 km w obronie i 6-8 km w natarciu. Na tę głębokość wpływa oddziaływanie środków przeciwnika i potrzeby własne.

Radiowe centra odbiorcze (stacje odbiorcze) należy rozwijać w rejonach zapewniających dobry odbiór fal EM z obszaru. W niektórych sytuacjach mogą być rozwijane na SD kompanii, batalionu, a nawet pułku elektronicznego.

Centra odbiorcze UKF należy rozwijać w strefie taktycznej. W rejonie związku taktycznego najczęściej powstaje jedno centrum odbiorcze w odległości 8-12 km od przedniego skraju w obronie i 6-8 km w natarciu. Najczęściej powinno rozwijać się je przy SD krel ZT.

Posterunki rozpoznania środków radiolokacyjnych (radioliniowych) należy rozwijać wzdłuż linii styczności wojsk w punktach korzystnych dla wykonywanego zadania, jednak nie w bezpośredniej bliskości ognia przeciwnika. Jeżeli tempo natarcia przeciwnika rośnie, odległości muszą być większe, by środki te nie stały się jego łupem. Najczęściej należy rozmieszczać je na głębokość 6-12 km i większą.

Krótkofalowe radiowe centra odbioru należy rozmieszczać głębiej, z reguły w jednym rejonie w ugrupowaniu związku operacyjnego, często przy SD pułku elektronicznego. Centra przygotowane do odbierania na falach odbitych (głównie w zakresie KF) mogą być rozmieszczone głębiej. Najkorzystniejsza odległość (przy uwzględnieniu propagacji fal radiowych) wynosi 100-200 km od linii styczności wojsk. Środki

rozwijane w centrach odbiorczych - biorąc pod uwagę ich bezpieczeństwo przed oddziaływaniem środków ogniowych - nie powinny być zbyt mocno zagęszczone. Najczęściej powinny być oddalone od siebie na odległość 50 m.

Na szczeblu operacyjnym mogą być w przyszłości rozwijane także *środki rozpoznania satelitarnego, środki rozpoznania systemów radiolokacyjnych dalekiego rozpoznania, systemów radionawigacyjnych* itp. Mogą one być rozmieszczane w radiowym centrum odbiorczym lub pojedynczo, w rejonach korzystnego dla realizacji zadań rozprzestrzeniania się fal EM. Środki rozpoznania powietrznych systemów radiolokacyjnych lub systemów sterowania uzbrojeniem rozmieszcza się często w pobliżu ugrupowania środków zakłóceń radiolokacyjnych lub w nim samym.

Stacjonarne radiowe centra odbiorcze w czasie pokoju powinny być rozmieszczane zgodnie z potrzebami i nie zmieniać położenia w okresie wojny. Centra te należy rozmieszczać z uwzględnieniem korzystnych warunków propagacji fal radiowych z określonych obszarów przeciwnika.

Posterunki namierzania powinny składać się z jednego lub więcej namierników radiowych oraz obsługujących je środków łączności. Przez odpowiednią konfigurację tych posterunków należy budować potrzebne sieci namierzania. W taką sieć wchodzić mogą co najmniej dwa posterunki namierzania rozmieszczone w odpowiedniej odległości.

Sieci namierzania UKF należy rozwijać wzdłuż ugrupowania bojowego wojsk w odległości 8-10 km od linii styczności wojsk w działaniach obronnych i 5-7 km w działaniach zaczepnych. Odległości między posterunkami powinna zależeć od zasięgu pracujących środków elektronicznych przeciwnika i własnych środków łączności. Jeżeli sieć buduje się z trzech posterunków, to skrajne posterunki powinny być oddalone od siebie na odległość 16 km. W zależności od liczby środków można tworzyć różne konfiguracje: nastawione na maksymalną liczbę namiarów bądź na zwiększoną dokładność namiarów.

Sieci namierzania KF - z uwagi na skomplikowane systemy antenowe i długi czas przygotowania do pracy - należy rozwijać głębiej zachowując odległość od linii styczności wojsk: w działaniach obronnych 40-60 km, w działaniach zaczepnych 20-40 km. Odległość zaś między dwoma namierzającymi namiernikami powinna wynosić

nie mniej niż 80 km⁷.

Środki namierzające stacje radiolokacyjne rozpoznania pola walki należy rozmieszczać w odległości 4-6 km od przedniego skraju w takim rozstawieniu, aby sąsiednie posterunki mogły rejestrować sygnały tej samej stacji radiolokacyjnej. *Środki namierzające stacje radiolokacyjne zainstalowane na obiektach powietrznych* należy rozwijać w głębi (w zależności od potrzeb) w pobliżu SD pododdziałów osłony. Jeżeli środki namierzające będą wyposażone w wysokie anteny (zamontowane na platformach powietrznych) wówczas nie powinny być rozwijane bliżej niż 10 km od przedniego skraju ze względu na ich duży zasięg, a zarazem zachowanie bezpieczeństwa.

Środki zakłócające (grupy lub pojedyncze stacje) należy ugrupowywać, stosując zasadę rozwijania ich jak najbliżej środków przeciwnika, podlegających obezwładnianiu elektronicznemu.

Środki zakłócające UKF na transporterach opancerzonych i samochodach należy rozwijać jak najbliżej linii styczności wojsk, zwracając uwagę na to, aby nie były rażone ogniem bezpośrednim przeciwnika. Należy łączyć się je w grupy lub stacje na kierunku głównego wysiłku wojsk w odległości 6-8 km od linii styczności wojsk w obronie i 3-5 km w natarciu. Przy ich ugrupowaniu należy zwracać uwagę na to, by w pobliżu nie pracowały WŁ z rozbudowaną łącznością radiową UKF oraz środkami rozpoznania elektronicznego UKF, gdyż mogą między nimi występować warunki niekompatybilności EM.

Środki zakłócające UKF przeznaczone do zakłócania łączności posterunków naprowadzania lotnictwa należy rozwijać naprzeciwko pracy tych posterunków, zachowując inne parametry ugrupowania, takie jak środki UKF wojsk lądowych.

Środki zakłócające KF w zależności od tego, czy pracują na fali przyziemnej, czy odbitej należy ugrupowywać następująco:

- środki pracujące na fali przyziemnej należy rozwijać grupami (najczęściej po trzy w grupie) w odległości 10-15 km od rubieży styczności wojsk w obronie oraz 8-10 km w natarciu. Między grupami powinny zostać zachowane odległości nie mniejsze niż 5 km. Ponadto w odległości 3-5 km nie powinny pra-

⁷ Problemy rozpoznania KF mają wiele zależności. Szczegółowy ich opis, np. w: L. Ciborowski, Rozpoznanie radioelektroniczne, ASG WP, Warszawa, 1989

cować środki rozpoznania KF oraz WŁ z rozbudowaną łącznością KF. Środki te należy rozwijać w takim rejonie, aby znajdowały się najbliżej zakłócanych środków łączności przeciwnika. Korzystne jest rozmieszczanie ich na skrzydłach głównej masy wojsk i rozwiniętych systemów dowodzenia.

- środki pracujące na fali przestrzennej należy rozwijać grupami (najczęściej w grupie po trzy stacje) w odległości 100-250 km od linii styczności wojsk. Taką odległość jest determinowana odległością pierwszego odbicia w stosunku do zakłócanych środków łączności przeciwnika oraz tempem działania jego wojsk. Między grupami powinny zostać zachowane odległości w granicach 8-15 km. Ponadto w podobnej odległości nie powinny pracować środki rozpoznania radiowego KF oraz WŁ z rozbudowaną łącznością KF. Między stacjami w grupie powinna zostać zachowana odległość ok. 0,5 km.

Środki zakłócające jednorazowego użycia należy wystrzeliwać przez artylerię w pociskach a niekiedy zrzucać na spadochronach lub ustawiać przez grupy specjalne w ugrupowaniu przeciwnika (lub w pobliżu) na obiekt, który podlega obezwładnieniu radioelektronicznemu. Jeśli potrzeba zakłócić określony obszar, zrzuty powinny być wykonywane w siatkę o oczkach będących zasięgiem tych nadajników zakłócających.

Środki zakłócające łączność radioliniową należy rozwijać na kierunkach pracy łączy radioliniowych. Odległość od linii styczności jest warunkowana skutecznością zakłóceń i bezpieczeństwem samej stacji zakłócającej. Najczęściej wynosi od 6-12 km. W niektórych sytuacjach stacje zakłóceń radioliniowych mogą być ustawione na listkach bocznych stacji radioliniowych i wtedy ich ugrupowanie powinno znaleźć się na przedłużeniu kierunku listków.

Środki zakłóceń systemów radionawigacji należy ugrupowywać zgodnie z zasadami pracy systemów radionawigacyjnych. Stacje naziemne należy rozmieszczać 10-20 km od linii styczności wojsk, stosownie do rodzaju zbrojnych działań wojennych i w odstępach 50-60 km między nimi, na kierunkach rozwinięcia stacji radionawigacyjnych przeciwnika. W przyszłości, na potrzeby obezwładniania systemów satelitarnych środki zakłóceń radionawigacyjnych powinny być wynoszone w powietrze, często także nad ugrupowanie przeciwnika.

Stacje zakłócające środki radiolokacyjne (naziemne i powietrzne) należy rozwijać stosownie do rozpoznawanego obszaru i pracy stacji radiolokacyjnej przeciwnika oraz warunków operacyjno-taktycznych. Stacje służące do zakłócania radiolokacyjnych stacji obserwacji bocznej oraz innych stacji RL rozpoznania pola walki należy rozwijać wzdłuż rozpoznawanego obszaru w takiej odległości, aby uzyskiwać optymalny obszar osłony przed rozpoznaniem przeciwnika. Dla stacji radiolokacyjnych obserwacji bocznej przy rozpoznawaniu wzdłuż linii styczności wojsk, najkorzystniejsza odległość rozwinięcia, to 15-20 km od tej linii.

Grupy (stacje) służące do zakłócania pokładowych radiolokacyjnych urządzeń rozpoznania i kierowania uzbrojeniem, można rozwijać do osłony obiektowej lub strefowej. W osłonie obiektowej stacje zakłóceń rozwija się 3-8 km od granicy obiektu (zależy to od parametrów stosowanych stacji radiolokacyjnych), przy zachowaniu odległości między sąsiednimi stacjami 5-8 km (bliższa odległość może spowodować niekompatybilność pracy urządzeń). W jednej grupie mogą być rozwijane stacje pracujące w różnych zakresach częstotliwości, np. w zakresie 2 i 3 cm). W osłonie strefowej stacje służące do zakłócania pokładowych radiolokacyjnych urządzeń rozpoznania i kierowania uzbrojeniem powinny być rozwijane na odpowiednich rubieżach (pozycjach). Należy zachować odległość między rubieżami (pozycjami) 20-30 km. Na każdej rubieży (pozycji) stacje te powinny być rozmieszczane w odległości 8-15 km. Ugrupowanie takie jest uwarunkowane wielkością stożka pokładowej stacji radiolokacyjnej. Odległości powinny być tak dobierane, aby przy każdym włączeniu stacji pokładowej, jedna ze stacji zakłócających znajdowała się w strefie efektywnego zakłócania. Jest to szczególnie ważne przy stosowaniu przez samoloty anten fazowanych elektronicznie i o silnie wytłumionych listkach bocznych. Drugi sposób rozwijania może być łączony z pierwszym, przez co zwiększa się efektywność osłony wybranych obszarów.

Śmigłowce (samoloty) WE⁸ WL powinny być wykorzystywane do lotów w strefach dyżurowania. Strefy dyżurowania wyznacza się w zależności od przeznaczenia i typu środka, który podlega obezwładnieniu radioelektronicznemu, najczęściej w odległości od 10-20 km od przedniego skraju wojsk, przy wysokości lotu 300-3000 m. Śmigłowiec (samolot) może wykonywać loty wahadłowe wzdłuż rubieży styczno-

⁸ Do 2000 roku przewiduje się wyposażenie w śmigłowce (samoloty) WE wojsk lądowych.

ści wojsk lub prostopadłe do tej rubieży. Strefy dyżurowania powinny być tak wybrane, aby można uniknąć skutków rażenia środkami OPL wojsk przeciwnika.

Przykład ugrupowania bojowego pułku elektronicznego związku operacyjnego WL przedstawiono na rysunku nr 21.

6.4. Prowadzenie działań bojowych przez siły i środki walki elektronicznej wojsk lądowych

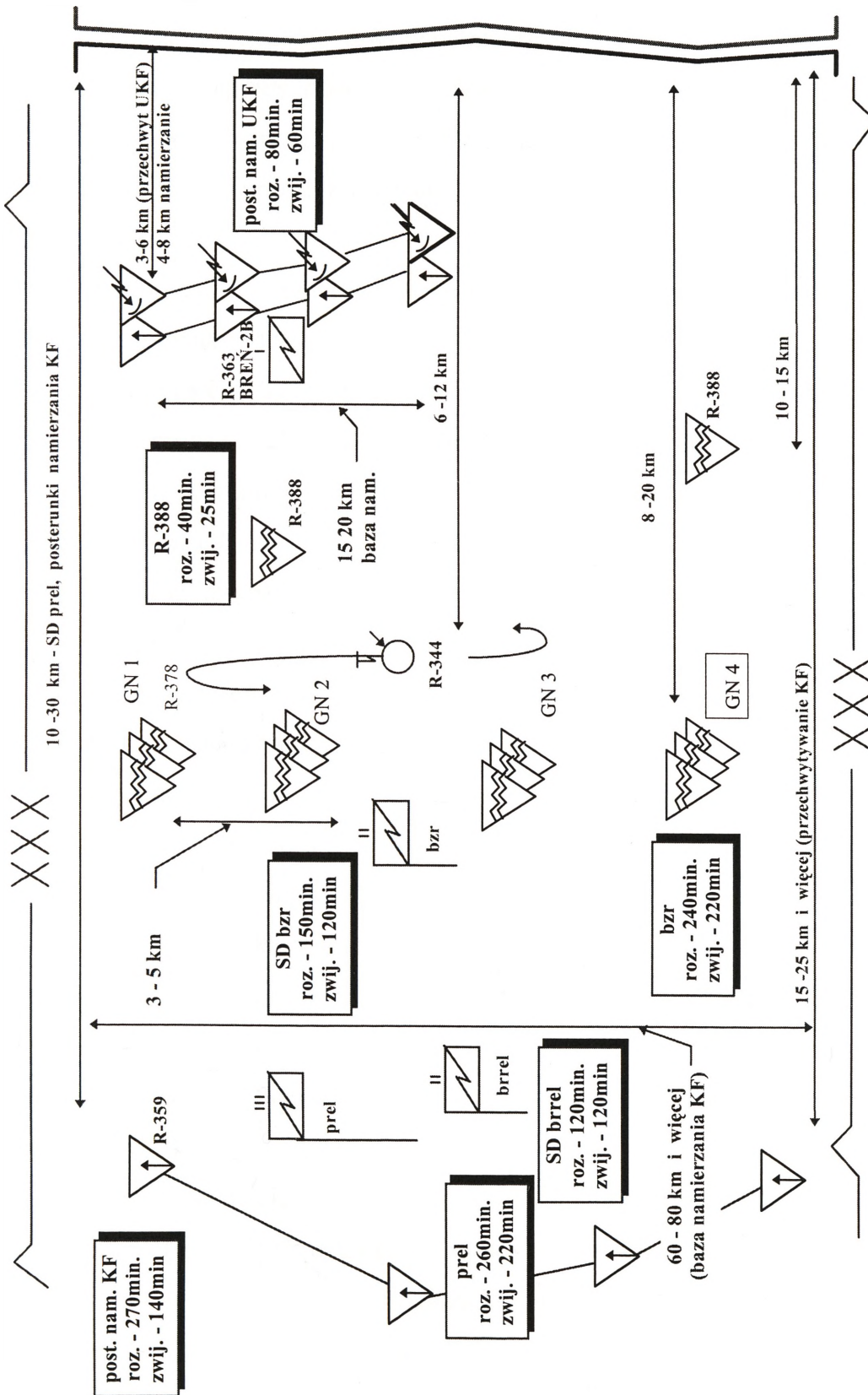
Do działań bojowych oddziałów i pododdziałów WE zalicza się następujące przedsięwzięcia:

- utrzymanie gotowości bojowej sił i środków;
- utrzymanie wymaganej struktury ugrupowania bojowego;
- zapewnienie funkcjonowania systemu łączności i kierowania środkami walki;
- realizacja zadań z zakresu WE zgodnie z wymaganiami prowadzonych działań bojowych i operacji,
- zabezpieczenie bojowe i logistyczne oddziałów i pododdziałów WE.

Utrzymanie gotowości bojowej sił i środków WE powinno polegać na zapewnieniu sprawności technicznej sprzętu, niezbędnym zabezpieczeniu materiałowo-technicznym oraz wyszkoleniu i sprawności działania załóg.

Utrzymanie wymaganej struktury ugrupowania bojowego powinno polegać na przegrupowaniu sił i środków WE we właściwym czasie, w takie rejony lub na takie rubieże, z których osiąga się najlepsze rezultaty rozpoznania i obehwładniania elektronicznego. Podczas walki należy dokonywać takiego przegrupowania w przypadku nadmiernego zbliżania (następuje zagrożenie zniszczenia środków WE ogniem bezpośrednim) lub oddalenia przeciwnika od rubieży (pozycji) środków WE, a także zmiany kierunku działań bojowych, punktu ciężkości walki lub podporządkowania. Przy manewrowaniu środkami należy uwzględniać czas potrzebny na zwinięcie i rozwinięcie sprzętu oraz sposób i tempo działań wojsk przeciwnika.

Zmiana ugrupowania bojowego powinna odbywać się częściami lub całością. Dokonując zmian częściami należy zachować ciągłość działania przy obniżonych możliwościach.



Rys. 21. Ugrupowanie bojowe pułku elektronicznego (wariant)

Natomiast podczas dokonywania manewru całością sił, najczęściej występuje przerwa w działaniu. Dopiero po rozwinięciu w nowym rejonie należy odtworzyć pełne możliwości sprzętu. O sposobie dokonywania manewru powinien decydować dowódca, uwzględniając potrzeby operacyjne. Manewr może nastąpić wówczas, gdy każdy z elementów ugrupowania przegrupowuje się niezależnie, najkrótszą drogą do kolejnego położenia. Taki sposób dokonywania manewru występuje przy niewielkich odległościach.

Inny sposób manewru powinien być realizowany następująco: wszystkie elementy ugrupowania dołączają do swojego pododdziału (oddziału), potem całością sił przegrupowują się na kolejną rubież. Taka forma manewru powinna być praktykowana podczas pokonywania dużych odległości lub zmiany kierunku działania.

Przegrupowanie sił i środków należy dokonywać również w przypadku nadmiernego zbliżenia lub oddalenia przeciwnika do rubieży (pozycji) rozwinięcia środków WE lub w przypadku zmiany kierunku działań bojowych oraz głównego wysiłku walki (obrony).

Zmiany ugrupowania należy dokonywać częściami lub całością sił. Podczas walki, w celu zachowania żywotności należy dokonywać zmian pozycji (stanowisk) zwłaszcza stacji zakłócających, bez zmiany ugrupowania bojowego. Zmian tych dokonuje się w celu wyprowadzenia środków spod uderzeń lotnictwa, rakiet i artylerii, cyklicznie na wcześniej wybrane miejsca rozwinięcia.

W trakcie walki charakteryzującej się dużą stabilnością linii styczności wojsk, można - nie zmieniając rubieży rozwinięcia sił i środków WE - dokonać manewru środkami (najczęściej stacjami zakłócającymi) na kolejne pozycje bojowe bez zmiany swego ugrupowania bojowego. Wynika to z potrzeby obrony przed środkami ogniowymi przeciwnika.

Walką elektroniczną należy kierować z punktów (centrów) kierowania rozpoznaniem i WE będących częścią składową stanowisk dowodzenia. Na szczeblu centralnym i operacyjnym szefowie zarządu (oddziałów) powinni dysponować do tego celu obsadami Punktów Dowodzenia WE.

Dowodzenie jednostkami elektronicznymi należy realizować ze stanowisk dowodzenia ZO (ZT) oraz stanowisk (punktów) dowodzenia tych jednostek. W celu za-

bezpieczenia dowodzenia i kierowania WE należy rozwijać system łączności i automatyzacji dowodzenia oddziałów i pododdziałów elektronicznych na bazie radiolinowych, kablowych i radiowych środków łączności oraz środków informatycznych.

Zorganizowany system kierowania powinien zapewnić: ciągłe zbieranie informacji o sytuacji elektronicznej, dokonywanie jej oceny i stawianie zadań podległym oddziałom i pododdziałom elektronicznym. Sposób kierowania jest ściśle uzależniony od posiadanych sił i środków, charakteru działań oraz możliwości dowództwa i sztabu. Kierowanie rozpoznaniem i przeciwdziałaniem elektronicznym może być scentralizowane lub zdecentralizowane.

Kierowanie scentralizowane powinno być zasadniczym sposobem kierowania. Powinno polegać na bezpośrednim oddziaływaniu dowództwa i sztabu pułku (batalionu, kompanii) na działalność bojową pododdziałów oraz systemów WE. Decyzje o rozpoczęciu (zakończeniu) przeciwdziałania elektronicznego powinien podejmować ten dowódca, na którym centralizuje się dowodzenie.

Kierowanie zdecentralizowane - wykorzystywane w warunkach zerwania przez przeciwnika systemu dowodzenia - polega na kierowaniu WE przez poszczególnych dowódców pododdziałów, systemów, posterunków, którzy jednocześnie są decydentami w zakresie realizacji zadań rozpoznania i przeciwdziałania elektronicznego.

Dowodzenie i kierowanie elementami ugrupowania sił i środków WE (pododdziałów i oddziałów) należy prowadzić z rozwiniętych PD WE związków operacyjnych, związków taktycznych, SD oddziałów i pododdziałów WE.

PD WE powinny stanowić techniczne zabezpieczenie miejsca pracy organów kierowania WE, a zatem powinny być częścią stanowisk dowodzenia ZO (ZT). Zmiana ich położenia powinna wiązać się ze zmianą położenia SD ZO (ZT). SD oddziału i pododdziałów WE powinny służyć bezpośrednio do natychmiastowego kierowania elementami ugrupowania bojowego.

Aby zabezpieczyć dowodzenie oraz kierowanie siłami i środkami WE należy rozwijać system łączności bazujący na pracy węzłów łączności połączonych między sobą liniami przewodowymi i radiowymi oraz środkami radiowymi KF i UKF.

Realizacja zadań z zakresu WE powinna polegać na prowadzeniu rozpoznania elektronicznego, przeciwdziałania elektronicznego oraz obrony elektronicznej zgodnie z wymaganiami prowadzonych działań bojowych i operacji.

Rozpoznanie elektroniczne powinno być realizowane od chwili przyjęcia ugrupowania bojowego i przygotowania środków do pracy. W każdej operacji i działaniach bojowych należy jak najszybciej dążyć do uruchomienia rozpoznania często nawet przed podjęciem decyzji. Rozpoznanie elektroniczne powinno obejmować przeciwnika w całym pasie odpowiedzialności. Jeżeli nie jest to możliwe z przyczyn technicznych, wysiłek należy koncentrować na głównym kierunku działania wojsk.

Rozpoznanie elektroniczne po wstępnej analizie sytuacji panującej w przestrzeni elektromagnetycznej powinno przechodzić do pracy ukierunkowanej na najważniejsze ugrupowanie przeciwnika, obszary operacyjne, określone obiekty elektroniczne, pasma i relacje radiowe ważne dla przebiegu działań.

Uzyskiwane dane ze środków elektronicznych powinny być opracowywane przez grupę analizy informacji. Informacje techniczno-operacyjne powinny być wykorzystywane w działalności bojowej środków przeciwdziałania elektronicznego oraz środków ogniowych; informacje operacyjne zaś - do ogólnej oceny przeciwnika oraz do podejmowania decyzji operacyjnych i bojowych przez dowódców i sztaby.

Przeciwdziałanie elektroniczne w działaniach bojowych i operacjach należy prowadzić w stosunku do obiektów elektronicznych przeciwnika w określonych przedziałach czasowych, uwzględniających sytuację operacyjno-taktyczną. Powinno być osiągane w wyniku zakłócania środków elektronicznych przeciwnika i prowadzenia dywersji radiowej.

Czas rozpoczęcia przeciwdziałania elektronicznego powinien uwzględniać realizację przedsięwzięć operacyjno-ogniowych i być jej podporządkowany. Podczas rozpoczęcia operacji zmasowane przeciwdziałanie elektroniczne powinno poprzedzać działalność ogniową o 15-40 minut. Praktyka ta powinna występować wówczas, gdy urządzenia elektroniczne przeciwnika pracują, a rozpoznanie dostarczyło niezbędnych danych. Rozpoczęcie i zakończenie przeciwdziałania elektronicznego nie powinno demaskować innych przedsięwzięć; powinno raczej być działaniem maskującym.

Przeciwdziałanie elektroniczne należy prowadzić przez zakłócenie aktywne, pasywne i dywersję radiową. Może być prowadzone w sposób ciągły, całością posiadanych sił (tzw. zmasowane) lub okresowo na wybrane obiekty.

Zmasowane przeciwdziałanie elektroniczne należy stosować w operacjach przed rozpoczęciem oraz w czasie uderzenia. Powinno poprzedzać rozpoczęcie ataku ogniowego w okresie wprowadzania drugich rzutów, odparcia przeciwwuderzenia itp. W pozostałych okresach walki stopień natężenia przeciwdziałania elektronicznego wynika z przebiegu działań. W okresach małej aktywności bojowej i operacyjnej należy prowadzić często działania nękające, wyczerpując siły przeciwnika.

Zakłócenia elektroniczne powinny być podporządkowane działalności ogniowej oraz manewrom wojsk i należy prowadzić je w taki sposób, aby środki ogniowe mogły dotrzeć do celu, zniszczyć go i wycofać się (zaprzestać działalności ogniowej) w kamuflażu zakłóceń. Po wykonaniu zadań zakłócenia powinny być zaprzestane.

Zakłócenia elektroniczne aktywne mogą być stosowane w powiązaniu z zakłóceniami biernymi, maskowaniem i pozorowaniem obiektów pola walki.

Zakłócenie systemów elektronicznych lotnictwa przeciwnika należy prowadzić w powiązaniu z systemem ognia obrony przeciwlotniczej oraz siłami i środkami elektronicznymi oraz ogniowymi wojsk OP, na których obszarze jest prowadzona operacja. Zakłócanie powinny być wszystkie (lub wybrane) cele, które oddziałują na nasze ugrupowanie lub atakują określone elementy ugrupowania operacyjnego i bojowego. Przy pojawieniu się coraz większej liczby broni samosterującej, osłona radioelektroniczna w przyszłości powinna obejmować coraz większą liczbę obiektów nie tylko grupowych, ale także punktowych (pojedynczych środków walki).

Dywersję radiową, która w szczególnych sytuacjach operacyjnych może być działaniem znaczącym powinna być prowadzona w wyselekcjonowanych (podatnych na takie działanie) sieciach radiowych przeciwnika przez siły i środki jednostek WE. Jednak przygotowaniem informacji dywersyjnych powinny zajmować się organa operacyjne przy akceptacji dowódców określonych szczebli dowodzenia.

Dla prowadzenia dywersji radiowej w operacjach i działaniach bojowych, istotne znaczenie ma przechwytywanie przez wojska, różnych środków łączności, urządzeń utajniających i szyfrujących, kodów, programów komputerowych.

Prowadzenie obrony elektronicznej powinno polegać na realizowaniu zaplanowanych przedsięwzięć, a w przypadku nieskuteczności dotychczas stosowanych, dokonywania zmian i wprowadzania nowych zadań.

W przypadku nieskuteczności stosowania przedsięwzięć obrony przed rozpoznaniem elektronicznym należy dokonać manewru obiektami elektronicznymi, zwiększyć ich częstotliwość zmian w obrębie zapasowych pozycji, a w niektórych sytuacjach wymienić środki elektroniczne między poszczególnymi obiektami.

W obszarze elektromagnetycznym, w sprzyjających okolicznościach dokonać należy całkowitej lub częściowej wymiany przydzielonych częstotliwości, kryptoniów, szyfrów i kodów; dokonywać zmian w czasie pracy (okresy bez promieniowania i okresy zwiększonego wykorzystania środków elektronicznych, seanse bardzo krótkie oraz bardzo długie) oraz zmian w wykorzystaniu różnych kanałów do przepływu informacji (np. w relacji szefa saperów mogą przepływać informacje dowódcy ogólnowojskowego). Rozpoznane obiekty można w całości lub w części pozostawić w dotychczasowym systemie, tworząc z nich obiekty pozorne, maskując rozwijanie i pracę nowo uruchamianych obiektów elektronicznych.

W przypadku nieskuteczności maskowania bezpośredniego obiektów elektronicznych (głównie wozów dowodzenia) należy wyeliminować cechy ich rozpoznawalności lub zwiększyć na polu walki liczbę obiektów o podobnym wyglądzie (cechach).

W sytuacji nieskuteczności obrony przed przeciwdziałaniem elektronicznym można wykonać następujące przedsięwzięcia:

- przesunięcie potencjału rozpoznawczego i ogniowego na rozpoznanie i niszczenie obiektów WE przeciwnika, w tym grupy środków zakłócających, punkty ich kierowania, lotniska z samolotami WE, magazyny z rakietami przeciwradiolokacyjnymi i nadajnikami zakłócającymi jednorazowego użytku;
- zmianę przestrzennego rozmieszczenia i wykorzystania systemów elektronicznych, skupiając uwagę na ograniczeniu dostępności energetycznej do własnych środków elektronicznych;
- zmianę sposobu pracy środków elektronicznych utrudniających przeciwnikowi ich przeciwdziałanie elektroniczne;

- wyłączenie części środków elektronicznych, przebudowując i wzmacniając niezbędne ogniwa systemów elektronicznych;
- zwiększenie samodzielności w wykonywaniu zadań bojowych, zmianę formy oraz treści zadań i meldunków;
- przejście na działania eliminujące wykorzystanie środków elektronicznych na polu walki.

Podczas realizacji zadań obrony przed przeciwdziałaniem elektronicznym należy śledzić te formy walki, które są skuteczne i dążyć do ich upowszechniania, natomiast rezygnować z przedsięwzięć nieskutecznych.

Prowadzenie obrony przed *niszczeniem ogniowym* wymaga ciągłych zabiegów maskowniczych, ochrony i obrony obiektów elektronicznych przed ogólnowojskowymi środkami ogniowymi oraz zabezpieczenia tych obiektów przed wyspecjalizowanymi środkami ogniowymi służącymi do niszczenia środków elektronicznych (w tym groźnych, samonaprowadzających się rakiet na źródło promieniowania EM). Najwięcej zabiegów wymaga jednak zabezpieczenie stacji radiolokacyjnych i WŁ. W przypadku nieskuteczności ww. zabiegów należy wydzielać małokalibrowe środki OPL do obrony stacji radiolokacyjnych, zróżnicować środki rozpoznania w zależności od głębokości ugrupowania i aktywności ogniowej przeciwnika, wzmoczyć przestrzenne manewrowanie środkami radiolokacyjnymi oraz wykorzystywanymi pasmami częstotliwości.

W obronie węzłów łączności przed środkami ogniowymi (wyspecjalizowanymi) można preferować zwiększone rozmieszczenie przestrzenne środków łączności na węzłach. Bardzo istotną rolę odgrywa ciągłe analizowanie środków ogniowych przeciwnika oraz wykorzystanie ich do niszczenia obiektów elektronicznych, wyprowadzanie odpowiednich wniosków i uzupełnianie przedsięwzięć obronnych.

Zabezpieczenie przed *niekompatybilnością elektromagnetyczną* (wzajemnymi zakłóceniami interferencyjnymi) powinno być ściśle powiązane z kontrolą radioelektroniczną. Powinno polegać na ciągłym śledzeniu przebiegu zjawisk w zakresie elektromagnetycznym, analizowaniu kolizji między poszczególnymi środkami i natychmiastowym wydawaniu decyzji korygujących. Kolizje mogą bowiem wynikać z nie planowanych przesunięć środków elektronicznych i ich zagęszczenie na małej

przestrzeni, połączonego z niewłaściwym doбором częstotliwości. W takiej sytuacji decyzje powinny dotyczyć wyłączenia części środków elektronicznych.

Inną przyczyną powstawania kolizji mogą być zmiany w warunkach propagacji fal radiowych (zmiana kierunków i mocy promieniowania), co pociąga za sobą potrzebę korygowania na bieżąco pracy poszczególnych systemów i środków elektronicznych. Należy również często badać zakłócenia nieznanego pochodzenia; sprzyja to ustaleniu ich źródła i podjęcia eliminujących je przedsięwzięć w dalszym działaniu.

Kontrola radioelektroniczna w działaniu powinna spełniać bardzo istotną funkcję: wykrywa działania dywersji radiowej przeciwnika oraz nie pozwalać na łamanie zasad wykorzystania i pracy środków radioelektronicznych.

W przypadku wykrycia prowadzenia dywersji radiowej należy natychmiast powiadomić właściwego dowódcę, ustalić informacje dywersyjne i ich odbiorców.

Kontrola radioelektroniczna dostarcza równocześnie wielu informacji dotyczących zachowania się środków elektronicznych w warunkach dynamicznych pola walki.

Zabezpieczenie bojowe sił i środków WE należy organizować według wytycznych szefa organu rozpoznania i WE odpowiedniego szczebla dowodzenia. W wytycznych określa się rodzaj i cel zabezpieczenia, zakres przedsięwzięć do wykonania oraz siły i środki do realizacji. Organizatorami zabezpieczenia bojowego w oddziałach (pododdziałach) są dowódcy pododdziałów (elementów ugrupowania). Przedsięwzięcia zabezpieczenia bojowego należy ująć w odpowiednim aneksie do rozkazu operacyjnego w części dotyczącej WE.

Zabezpieczenie logistyczne należy organizować według wytycznych szefa logistyki ZO (ZT), za pośrednictwem szefa organu rozpoznania i WE. W wytycznych określa się sposób i miejsce zasilania oddziałów (pododdziałów) elektronicznych, dostarczania im zaopatrzenia oraz świadczenia usług niezbędnych do ich funkcjonowania, szkolenia i walki. Organizatorami zabezpieczenia logistycznego w oddziałach (pododdziałach) powinni być ich dowódcy. Przedsięwzięcia zabezpieczenia logistycznego ująć w odpowiednim aneksie do rozkazu operacyjnego w części dotyczącej WE.

6.5. Koordynacja działań w prowadzeniu walki elektronicznej

Koordynacja działań w prowadzeniu walki elektronicznej powinna polegać na uzgodnieniu przedsięwzięć pododdziałów WE dotyczących celu, miejsca i czasu, z zadaniami i działalnością zgrupowań wojsk pancernych i zmechanizowanych, lotnictwa, marynarki wojennej, jednostek wojsk raketowych i artylerii oraz wojsk OP i wojsk obrony przeciwlotniczej.

Koordynacja działań na potrzeby skutecznej walki elektronicznej należy traktować jako proces, który rozciąga się na wszystkie fazy operacji. Jej najważniejszym punktem jest praca dowódcy z bezpośrednimi wykonawcami zadań WE: dowódcami związków operacyjnych (taktycznych), dowódcami rodzajów sił zbrojnych i wojsk, szefami organów rozpoznania i WE, szefami organów maskowania oraz dowódcami jednostek specjalnego przeznaczenia.

Dowódca powinien być zobowiązany do ustalenia(i uzgodnienia w szczególach) wspólne działanie wojsk w stosunku do przewidywanych określonych sytuacji na polu walki w zakresie: zerwania rozpoznania i dowodzenia wojskami przeciwnika w poszczególnych fazach operacji; ograniczenia skuteczności (precyzyjności) radioelektronicznych środków kierowania i sterowania oraz radionawigacji; zapewnienia ciągłości rozpoznania i dowodzenia własnymi wojskami w warunkach ogniowego i radioelektronicznego oddziaływania przeciwnika.

Ustalenia te powinny dotyczyć działalności rozpoznawczej, ogniowej, dywersyjnej i maskowniczej oraz przeciwdziałania elektronicznego przez różnych wykonawców. Ponadto zakres i sposób synchronizacji tych działań: czasu, miejsca i sposobów wykonania (może to być zvariantowane), uwzględniających optymalne wykorzystanie właściwości bojowych wojsk.

Podczas koordynacji działań powinny zostać uzgodnione następujące problemy:

- kto, w jaki sposób i jakie informacje zdobywa o systemach i środkach elektronicznych przeciwnika i komu je dostarcza;
- jakie obiekty radioelektroniczne podlegają rażeniu ogniowemu, opanowaniu i obezwładnianiu elektronicznemu (w stosunku do których powinna być prowadzona dywersja radiowa);

- czas rozpoczęcia zakłóceń w stosunku do działalności ogniowej i manewru wojskami;
- zgranie działalności rozpoznawczej, zakłócającej oraz ogniowej (OP i OPL) w stosunku do obiektów powietrznych (szczególnie ważne przy zmasowanych nalotach);
- działanie środków osłony elektronicznej z przedsięwzięciami maskowania operacyjnego i bojowego;
- zabezpieczenie kompatybilności EM własnych wojsk w rejonach dużej koncentracji;
- obrony elektronicznej systemów rozpoznania radiolokacyjnego oraz dowodzenia i kierowania wojskami w newralgicznych okresach operacji (rozpoczęcie wojny, zmasowane uderzenie lotniczo-rakietowe, wprowadzenie nowych sił do bitwy itp.).

Wszystkie problemy koordynacji działań w zakresie WE powinny być rozwiązane w aspekcie realizowanych zadań ogólnowojskowych, według kierunków uderzenia wojsk oraz według zwalczanych obiektów radioelektronicznych i czasu działania. Zaakceptowane przez dowódcę główne problemy koordynacji działań w zakresie WE powinny być realizowane przez szefów rodzajów wojsk odpowiedzialnych za realizację określonych zadań.

Szczegółowe uzgodnienia między oddziałami i pododdziałami WE a innymi oddziałami (szczególnie kiedy działają w jednym obszarze) mogą być uzgadniane bezpośrednio między dowódcami lub szefami sztabów tych sił. Natomiast za koordynację działań wewnątrz jednostek WE powinni odpowiadać dowódcy tych jednostek.

Problemy koordynacji działań w zakresie WE powinny mieć swoje odzwierciedlenie w odpowiednim aneksie do rozkazu operacyjnego określonego szczebla dowodzenia.

6.6. Wnioski

Przeprowadzone badania umożliwiają sformułowanie następujących wniosków i uogólnień:

1. W niedalekiej przyszłości należy oczekiwać dużych zmian w wyposażeniu środków walki wojsk lądowych w *autonomiczne systemy WE*. Obecnie takie systemy mają samoloty i okręty.
2. Dzięki systemom autonomicznym najniższy szczebel dowodzenia (pluton, kompania) staną się dysponentami dużych liczebnie i silnych środków WE. Środki te także będą miały wpływ na całokształt potencjału bojowego w WE.
3. W tej sytuacji znajdzie potrzeba wypracowania zasad użycia tych autonomicznych systemów i zestawów na przyszłym polu walki.

7. ZAKOŃCZENIE - KIERUNKI ZMIAN W WALCE ELEKTRONICZNEJ

Walka elektroniczna, jak każda dziedzina działalności sił zbrojnych, ciągle się rozwija. Rozwój ten z jednej strony uwarunkowany jest potrzebami wynikającymi z rozwoju techniki elektronicznej potencjalnego przeciwnika, z drugiej - możliwościami technicznymi, finansowymi i potrzebami organizacyjnymi własnych sił zbrojnych. Biorąc pod uwagę powyższe uwarunkowania i rozwój poszczególnych składowych WE oraz kształtowanie się i rozwój sił zbrojnych w rozdziale tym przedstawione zostaną kierunki zmian, które mogą zajść w technice, strukturach i prowadzeniu WE.

Kierunki zmian w technicznych środkach walki elektronicznej będą zachodzić głównie pod wpływem zmian techniki środków elektronicznych przeciwnika, uodparniających je na oddziaływanie przez dotychczas eksploatowane środki WE, potrzeb taktycznych pola walki oraz starzenia się techniki WE i konieczności jej wymiany. Badania statystyczne wykazują, że środki WE (poszczególne generacje) wymieniane są w naszych siłach zbrojnych średnio co 15-20 lat, natomiast w siłach zbrojnych państw o wysoko rozwiniętej technice co 8-12 lat.

Rozwój środków rozpoznania elektronicznego zmierza w następujących kierunkach:

- opanowania całego zakresu częstotliwości wykorzystywanego widma elektromagnetycznego,
- zautomatyzowania i skomputeryzowania wszystkich procesów rozpoznania radioelektronicznego i archiwizacji informacji,
- możliwości rozpoznawania nowych rodzajów emisji,
- uzyskania wysokiej dokładności mierzonych parametrów,
- zwiększenia przestrzeni rozpoznania, stosownie do potrzeb operacyjno-taktycznych pola walki,
- rozszerzenia użytkowników i zwiększenia dostępności do zdobywanych informacji.

Liczebne zwiększenie środków elektronicznych powoduje zwiększenie za-
jętości widma elektromagnetycznego, to z kolei prowadzi do pracy środków WE w

coraz wyższych zakresach częstotliwości. Obecnie duża liczba środków elektronicznych pracuje w zakresie 0,5 - 20.000 MHz. Nowe pasma to 20-40 GHz, 94 i 135 GHz. Przyszłościowe urządzenia rozpoznania elektronicznego będą pełnozakresowe, tzn. takie, które pracują w zakresie radiowym:

- do 0,5 MHz,
- od 0,5 do 500 MHz, z tego często wydziela się pasmo 0,5-30 MHz (tj. KF) oraz pasmo 30-500 MHz (tj. UKF),
- od 0,5 do 40 GHz urządzenia na poszczególne okna zmniejszonej tłumienności atmosfery (94 GHz i 135 GHz), daleka i bliska podczerwień oraz zakres wykorzystywany przez systemy laserowe.

Konieczność skrócenia czasu na rozpoznanie jednego źródła EM oraz rozpoznawania setek źródeł w bardzo krótkim czasie prowadzą do automatyzacji i komputeryzacji poszczególnych urządzeń rozpoznawczych, jak i całych systemów. Jest to tendencja stała, w przyszłości bowiem tylko takie środki będą wchodziły do uzbrojenia. Automatyzacja dotyczy stałego wyszukiwania emisji i rejestrowania ich parametrów, ciągłego pomiaru miejsca rozmieszczenia źródła promieniowania EM i przechwytywania pracujących emisji. Automatyzacja i komputeryzacja zatem będą prowadzić do skracania czasu uzyskiwania informacji o wszystkich pracujących środkach radioelektronicznych, ograniczając subiektywność człowieka w pomiarach.

W przestrzeni elektromagnetycznej pojawia się coraz więcej nowych emisji trudno rozpoznawalnych. Zaliczają się do nich emisje FH, emisje poniżej poziomu szumów, szerokopasmowe itp. Wartość urządzeń rozpoznawczych będzie zależeć od możliwości przechwytywania wszystkich rodzajów emisji. Rozwój idzie w kierunku urządzeń uniwersalnych, które mogą wszystko przechwytywać i wydzielać poszczególne emisje w zależności od ich charakteru.

Oprócz środków przeciwdziałania elektronicznego walkę z obiektami elektronicznymi coraz częściej podejmą środki ogniowe, dla których dokładność uzyskania położenia wpływa bezpośrednio na możliwości ich niszczenia. Obezwładnienie radioelektroniczne wymaga natomiast dużej dokładności ustalenia częstotliwości pracy oraz innych niezbędnych parametrów. Czynniki te decydują o dążeniu do ciągłego zwiększania dokładności pomiaru parametrów elektromagnetycznych i przestrzennych.

Obecnie osiągane dokładności namierzania do kilkudziesięciu metrów, mogą nawet wynosić kilkanaście metrów błędu namiaru, to zaś wystarcza do porażenia ogniem każdego obiektu radioelektronicznego.

Przestrzeń pola walki oraz szybkość przemieszczania się środków walki wymagają ciągłego śledzenia sytuacji nie tylko z obszaru odpowiedzialności, ale także z obszarów zainteresowania. Sprawia to, że środki rozpoznania elektronicznego muszą zabezpieczyć niezbędną głębokość i szerokość. W perspektywie środki taktyczne rozpoznania elektronicznego będą sięgać głębokości 150-200 km, a środki operacyjne - 500 -700 km. Osiągnięcie takich głębokości zapewni wyniesienie środków w powietrze i przestrzeń okołozemską.

Użytkownikami środków rozpoznania elektronicznego, oprócz jednostek WE, są coraz częściej środki ogniowe, wykorzystujące je do oceny sytuacji radioelektronicznej i ostrzegania radioelektronicznego o zagrożeniu.

Można przewidywać, że w przyszłości wzrost środków rozpoznania radioelektronicznego tej kategorii zwiększy się też liczba odbiorców danych o środkach radioelektronicznych przeciwnika, do których należą środki ogniowe, sztaby oddziałów oraz samodzielne elementy bojowe.

Zmiany *środków obezwładniania radioelektronicznego* zachodzą pod wpływem potrzeb skutecznego obezwładnienia radioelektronicznego nowo wprowadzanego lub uodpornionego na zakłócenie sprzętu radioelektronicznego przeciwnika, a także w związku z jego wymianą. Różnorodność środków radioelektronicznych powoduje wielokierunkowe zmiany. Zmierzają one w następujących kierunkach:

- budowy zautomatyzowanych systemów rozpoznawczo-zakłócających (selektywnych) o dużej mocy, montowanych na środkach naziemnych i powietrznych,
- budowy nadajników zakłócających jednorazowego użytku zrzucających w ugrupowanie przeciwnika,
- budowy generatorów silnych impulsów EM,
- doskonalenia i zwiększenia zakresu stosowania biernych oraz mylących środków zakłócających.

Obecnie środki obezwładniania radioelektronicznego, używane z ugrupowania wojsk własnych, cechują się możliwością negatywnego wpływania na własne środki

radioelektroniczne oraz często nie wystarczającą manewrowością. Dalszy rozwój tych środków zmierza w kierunku budowy zautomatyzowanych kompleksów rozpoznawczo-zakłócających, zapewniających dużą selektywność oddziaływania. Aby zwiększyć zasięg oddziaływania oraz manewrowość, takie wielonadajnikowe kompleksy będą montowane na środkach powietrznych (śmigłowiec, samolot taktyczny, samolot bezpilotowy). Jednak ze względu na ich wysoką cenę ilość jego będzie ograniczona.

Największe możliwości rozwoju mają nadajniki zakłócające jednorazowego użytku. Będzie to zapewne podstawowy masowy, potencjał obezwładniania radioelektronicznego o różnych zakresach częstotliwości, przeznaczeniu, środkach przenoszenia, czasie działania, itp.

Przyszłościowym rozwiązaniem są generatory bardzo silnych impulsów EM wywołujących przepięcia w przewodach i antenach. Te konwencjonalne urządzenia zwane często bronią humanitarną opierają się na zjawisku Comptona, powstającym przy wybuchach jądrowych. W zależności od sposobu i mocy wytworzenia energii, będą one mogły uszkadzać środki elektroniczne w promieniu od kilku do kilkunastu kilometrów.

Do masowych środków zalicza się (i nadal będą zaliczane) bierne środki zakłócające, jak: metalizowane włókna szklane, aerozole, środki kontrastujące, ochraniające itp. Środki te będą rozwijane głównie podczas ograniczenia pasywnego rozpoznania radiolokacyjnego i optoelektronicznego.

Rzeczony rozwój środków niszczenia obiektów elektronicznych prawdopodobnie będzie ukierunkowany na: produkcję wyspecjalizowanych amunicji z głowicą pasywną, samonaprowadzającą się na źródło promieniowania EM oraz środki ogólnego przeznaczenia odpowiadające swoimi walorami potrzebom niszczenia obiektów radioelektronicznych (ukrytych, rozbudowanych). Wyspecjalizowana amunicja samonaprowadzająca znajduje się w uzbrojeniu wojsk, a jej rozwój polega na zwiększeniu zakresu częstotliwości głowic (obecnie głowice pracują w zakresie od 50 MHz do 18 GHz), zwiększeniu różnorodności środków przenoszenia (rakiety, amunicja artyleryjska, mini samoloty), zróżnicowaniu zasięgu i obniżeniu kosztów produkcji. Obniżenie kosztów produkcji pozwoli szczególnie na upowszechnienie tego typu amunicji i wiązanie jej środków przenoszenia z systemami rozpoznania radioelektronicznego.

W ten sposób będą powstawać systemy rozpoznawczo-ogniowe, wykorzystywane do selektywnego niszczenia środków promieniujących energię EM. *Środki ogólnego przeznaczenia* przystosowuje się do niszczenia obiektów elektronicznych typu stanowiska dowodzenia i kierowania oraz węzły łączności. Są one dwojakiego rodzaju:

- ukryte w schronach - do ich niszczenia stosuje się precyzyjnie naprowadzane bomby (rakiety) o dużej sile przebijałości i burzącym ładunku niszczącym,
- polowe, rozwinięte na określonym obszarze, znajdujące się w wozach, kontenerach lub innych środkach transportu - do ich niszczenia używa się środków powierzchniowych: ładunków paliwowo-powietrznych lub kaset z dużą liczbą granatów o programowanym rozrzucie.

Ponieważ są to nowe środki, ich rozwój będzie polegał na optymalizacji parametrów techniczno-bojowych oraz obniżaniu kosztów produkcji i dostosowaniu do dużej różnorodności tego typu obiektów na polu walki.

Rozwój liczebny oraz potrzeby dotyczące jakości sygnału w różnych środkach elektronicznych z jednej strony, a z drugiej rozwój środków WE przeciwnika, zmuszają do *rozbudowy środków kontroli elektronicznej*. Rozbudowa ta zmierza więc w kierunku objęcia całego zakresu częstotliwości oraz obszaru prowadzenia działań, buduje się również specjalne węzły (centra) kontroli radiowej z działającymi samodzielnie środkami kontroli radiowej, rozmieszczonymi w całej przestrzeni pola walki i połączonymi z węzłem środkami łączności. Środki kontroli radiowej są rozwijane w kierunku automatycznego kontrolowania wybranych lub wszystkich częstotliwości. Będą one mogły bardzo szybko określić stan wykorzystania przestrzeni elektromagnetycznej, występujące kolizje oraz naruszyli porządku elektromagnetycznego łącznie z określeniem pozycji środków obezwładnienia radioelektronicznego przeciwnika.

Zmiany *organizacyjne organów sztabowych i wojsk WE* zależą od przyjętego podporządkowania tej problematyki oraz stanu, liczby i urzutowania środków technicznych. W polskich siłach zbrojnych organa WE są włączone w strukturę organów rozpoznania, tworząc jednolite organa rozpoznania i WE. W innych państwach pod-

porządkowanie jest różne - nie ma więc jednolitości¹. Wpływają na to tradycje i różne uwarunkowania układowe, a także potrzeby pola walki. Potrzeby te wskazują na usamodzielnianie się działalności w zakresie WE, organizowanie (na okres działań) grup, zajmujących się kompleksowo problemami obszaru elektromagnetycznego i w tym zakresie mogą one być najczęściej podporządkowane bezpośrednio dowódcy lub szefowi sztabu. W organizacji struktur jednostek WE zmiany mogą występować w urzutowaniu tych sił. Rozwój środków wskazuje, że wyspecjalizowanymi środkami będą dysponowały związki taktyczne (obecnie dywizje, a w przyszłości nawet brygady), samodzielnie wykonujące zadania. Najbardziej wszechstronnie będą wyposażone jednostki operacyjno-taktyczne typu korpus armijny, które - jak wskazuje doświadczenie operacyjne - będą dysponowały wysokiej jakości sprzętem WE, łącznie ze środkami montowanymi na śmigłowcach, małych samolotach, platformach i samolotach bezpilotowych. Rozwój tego typu jednostek zmierza w kierunku, tworzenia przez sztab systemu wzmocnień elementów kierowania WE sztabu ogólnowojskowego. Poszczególne natomiast systemy i elementy ugrupowania bojowego będą tworzyć pododdziały z dużą samodzielnością działania w ramach ogólnego systemu WE.

Bardzo duże zmiany rysują się w wyposażeniu środków walki w *autonomiczne systemy WE*. Obecnie takie systemy mają samoloty i okręty. Jednak rozwój środków walki wskazuje na to, że wszystkie ważniejsze środki walki będą dysponowały autonomicznymi środkami WE, pozwalającymi podjąć im walkę z rozpoznaniem przeciwnika oraz z systemami sterowania i kierowania ogniem. Zwiększy to znacznie prawdopodobieństwo niezniszczalności środków na polu walki. Dzięki systemom autonomicznym najniższy szczebel dowodzenia (pluton, kompania) staną się dysponentami dużych liczebnie i silnych środków WE. Środki te także będą miały wpływ na całokształt potencjału bojowego w WE.

Teoria prowadzenia WE jest dostosowana do zmieniającego się obszaru elektromagnetycznego oraz warunków prowadzenia walki zbrojnej. Ogólne założenia (zasady) WE zostały wypracowane już w drugiej wojnie światowej. Następnie każdy

¹ Od 1996 w SZ USA walka elektroniczna jest elementem walki informacyjnej (Doktryna działań informacyjnych FM-100- 6)

konflikt "dokładał cegiełki" do ogólnej teorii prowadzenia WE. Historia uczy, że taka sytuacja będzie istniała dalej, a więc teoria będzie się rozwijała nadal stosownie do warunków pola walki, wyposażenia w radioelektroniczne środki prowadzenia walki oraz celów i sposobów jej prowadzenia. Teoretycznego rozwiązania wymagają zatem problemy dotyczące masowego rozpoznania środków elektronicznych w obszarze działań zbrojnych, pomiaru bardzo krótkich sygnałów i nowych rodzajów emisji, zautomatyzowanego przesyłania informacji rozpoznawczych, przechwytywania bardzo słabych sygnałów oraz zwiększenia dokładności pomiarów pozycji nadawczego środka elektronicznego. Teoria walki zbrojnej rozwija się w kierunku kompleksowego ujmowania wszystkich zagadnień, a szczególnie działalności ogniowej i radioelektronicznej w połączeniu z manewrem. Teoria WE będzie więc zmierzać w kierunku współdziałania ze środkami ogniowymi.

W obszarze *przeciwdziałania radioelektronicznego* teoria rozszerzy się o problemy zmasowanego użycia nadajników zakłócających jednorazowego użycia i autonomicznych środków WE, pojawią się problemy koordynacji wysiłku elektronicznego i ogniowego. W związku z rozwojem broni samosterującej, przed przeciwdziałaniem elektronicznym jawi się problem kompleksowego zastosowania biernych środków WE w zakresie mylenia, pozoracji i maskowania środków pola walki w szerokim obszarze spektrum elektromagnetycznego.

Obrona elektroniczna jest ujmowana indywidualnie w stosunku do każdego środka i systemu elektronicznego oraz ogólnie jako teoria obrony elektronicznej. Najszybciej będą się pojawiać opracowania dotyczące realizacji obrony elektronicznej w stosunku do konkretnych środków i systemów. Ogólna teoria obrony elektronicznej będzie więc uzupełniana o części składowe związane z pojawieniem się nowych rodzajów środków WE. W warunkach olbrzymiego nasycenia środków elektronicznych na polu walki, może się pojawić teoria powszechnej obrony elektronicznej i teoria obrony elektronicznej realizowana przez wyspecjalizowane siły i środki.

Reasumując, teoria walki elektronicznej jest zbudowana na obecne potrzeby i czasy, będzie się zaś zmieniała i rozszerzała stosownie do potrzeb. Nie czekają jej żadne gwałtowne zmiany.

BIBLIOGRAFIA

1. ATP-51 (STANAG 6010) Electronic Warfare in Land Battle
2. Ciborowski L., Rozpoznanie radioelektroniczne szczebla taktycznego wojsk lądowych, ASG WP, Warszawa 1989
3. Davis R. Zadania wojny elektronicznej, Wojskowy Przegląd Zagraniczny nr 1/1992
4. Nowacki G., Scheffs W., Elektroniczne przygotowanie pola walki. Wyd. AON, Warszawa 1998.
5. Grabau R., Sześć wymiarów wojny - walka o spektrum elektromagnetyczne, Wojskowy Przegląd Zagraniczny nr 3/1987
6. Grabau R., Nadzór radiowy i walka radioelektroniczna, Wojskowy Przegląd Zagraniczny 1988
7. Grankin, Prowadzenie wojny radioelektronicznej przez amerykańskie siły zbrojne w konfliktach lokalnych, Wojskowy Przegląd Zagraniczny nr 6/1973
8. Informator o siłach zbrojnych państw sąsiadujących z Polską, Szt. Gen. WP, Warszawa 1994
9. Janczak J., Obrona radioelektroniczna, WSOWŁ, Zegrze 1992
10. Janczak J., Wybrane problemy walki radioelektronicznej, WSOWŁ, Zegrze 1995
11. Janczak J., Walka radioelektroniczna w działaniach operacyjnych wojsk lądowych. Wyd. AON, Warszawa 1998.
12. Kompendium zasadniczego sprzętu WRE SZ RP, . Szt. Gen. WP, Warszawa 1998
13. Kruszyński M., Magnucki Z., Walka radioelektroniczna w działaniach bojowych dywizji (DZ, DPanc), ASG WP, Warszawa 1986
14. Magnucki Z., Walka radioelektroniczna w siłach zbrojnych RP, AON, Warszawa 1994
15. Magnucki Z., Korzecki K., Uwarunkowania operacyjno-taktyczne stosowania elementów dipolowych w wojskach lądowych, AON, Warszawa 1990
16. Magnucki Z., Scheffs W., Charakterystyka struktur organizacyjnych i środków WRE w wybranych państwach, AON, Warszawa 1996
17. Matuszewski J., Podstawy walki radioelektronicznej, WAT, Warszawa 1996
18. Metodyki obliczeń operacyjno-taktycznych obezwładniania radioelektronicznego, Szt. Gen. WP, Warszawa 1979
19. Organizacja i prowadzenie walki radioelektronicznej w operacji zaczepnej armii, Biuletyn Informacyjny nr 1/1990

20. Organizacja i prowadzenie rozpoznania radioelektronicznego (pułk-batalion rozpoznania radioelektronicznego) Podręcznik, Szt. Gen., 1979
21. Piekarski H., Założenia i zasady walki radioelektronicznej, ASG WP, Warszawa 1978
22. Piekarski H., Magnucki Z., Kruszyński M., Wojna elektroniczna (według poglądów państw NATO), ASG WP, Warszawa 1987
23. Piekarski H., Problemy walki radioelektronicznej, Myśl Wojskowa nr 1/1978
24. Pirumow W., Walka radioelektroniczna na morzu, Myśl Wojskowa nr 10/1977
25. Poradnik oficera rozpoznania radioelektronicznego, OPK, Warszawa 1990
26. Regulamin działań taktycznych wojsk lądowych, cz I, Sztab Gen. WP, Warszawa 1994
27. Siły i środki walki radioelektronicznej sił zbrojnych głównych państw NATO, Sztab Gen. WP, Warszawa 1989
28. Walka radioelektroniczna w systemie OPK, ASG WP, Warszawa 1972
29. Walka radioelektroniczna w SZ RP. Wyd. AON, Warszawa 1997.
30. Watkin, Szustow., Zasady przeciwdziałania radioelektronicznego, Wyd. MON, Warszawa 1972.
31. Wojna elektroniczna według poglądów państw NATO, Szt. Gen. WP, Warszawa 1989
32. Zasady organizacji i prowadzenia walki radioelektronicznej przez Siły Zbrojne RP, Sztab Generalny WP Zarząd II, Warszawa 1995.
33. Vademecum walki radioelektronicznej, WLiOP, Warszawa 1994
34. Zasady przygotowania i prowadzenia walki radioelektronicznej przez Siły Zbrojne RP, Sztab Gen. WP, Zarząd II, Warszawa 1995

