



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



Waldemar SCHEFFS

MOŻLIWOŚCI  
BOJOWO-ROZPOZNAWCZE  
PODODDZIAŁÓW WALKI  
ELEKTRONICZNEJ



57002

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ



Colour Chart #13

DANES-PICTA.COM

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

AON 5576/03

**WALDEMAR SCHEFFS**

**MOŻLIWOŚCI  
BOJOWO-ROZPOZNAWCZE  
PODODDZIAŁÓW WALKI ELEKTRONICZNEJ**



57002

WARSZAWA 2003

Recenzent:

płk dr inż. Marian ŁOKOCIEJEWSKI – kierownik Zakładu Rozpoznania  
Wojskowego i Walki Radioelektronicznej

Projekt okładki:

**Waldemar Scheffs**

20072

Skład, druk i oprawa: Akademia Obrony Narodowej – Wydział Wydawniczy  
00-910 Warszawa, al. gen. A. Chruściela 103, tel 681-40-50, tel./faks 681-37-52  
Zam. nr 1313/2003

## SPIS TREŚCI

<b>WPROWADZENIE</b> .....	5
<b>1. WSKAŹNIKI MOŻLIWOŚCI BOJOWO-ROZPOZNAWCZYCH W PODODDZIAŁACH WALKI ELEKTRONICZNEJ</b> .....	8
<b>2. PODODDZIAŁ WALKI ELEKTRONICZNEJ ZWIĄZKU TAKTYCZNEGO</b> .....	11
2.1. Zadania kompanii radioelektronicznej związku taktycznego .....	11
2.2. Wskaźniki możliwości rozpoznawczych w kompanii radioelektronicznej .....	14
2.2.1. Wskaźniki przestrzenne .....	14
2.2.2. Wskaźniki probabilistyczne .....	24
2.2.3. Wskaźniki czasowe .....	32
2.2.4. Wskaźniki skuteczności zakłóceń radioelektronicznych .....	35
2.2.5. Wskaźniki manewrowe .....	40
2.2.6. Inne istotne wskaźniki kalkulacyjne .....	41
<b>3. PODODDZIAŁ WALKI ELEKTRONICZNEJ ZWIĄZKU OPERACYJNEGO</b> .....	60
3.1. Zadania batalionu walki radioelektronicznej związku operacyjnego .....	60
3.2. Wskaźniki możliwości rozpoznawczych batalionu walki radioelektronicznej .....	62
3.2.1. Wskaźniki przestrzenne .....	63
3.2.2. Wskaźniki probabilistyczne .....	65
3.2.3. Wskaźniki czasowe .....	67
3.2.4. Wskaźniki manewrowe .....	68
3.2.5. Wskaźniki skuteczności zakłóceń .....	69
<b>ZAKOŃCZENIE</b> .....	80
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	82

## WPROWADZENIE

Każde działanie człowieka, urzędnika czy przedsiębiorstwa podporządkowane jest ściśle określonej roli, któremu służą te działania. Podobnie jest na polu walki, w której uczestnikami są żołnierze, pojazdy, systemy elektroniczne, systemy kierowania środkami walki itp., zorganizowane w pododdziały i oddziały. Ich działania mają ściśle określone cele do realizacji, w narzuconym czasie, osiągając zaplanowany sukces.

Uczestnicy walki działając według określonych zasad, wyuczonych nawyków starają się wykonywać zadania jak najlepiej i najefektywniej. Określone szanse i perspektywy realizacji zadania warunkują wykonanie zadań. Właściwe sposoby wypełnienia zadań pozwalają urzeczywistnić cel działań. O takich działaniach możemy mówić, że mają określone możliwości realizacji celu działania.

Pododdziały rozpoznawcze i walki elektronicznej są elementami bojowymi realizującymi zadania w pierwszej kolejności. Są one predysponowane do dostarczania niezbędnych danych dowódcy, na podstawie których dowódca będzie podejmował właściwą decyzję. Podjęta przez dowódcę decyzja jest realizowana przez wszystkie pododdziały i oddziały, które dążą do osiągnięcia założonego celu działań.

Pododdziałom rozpoznawczym i WE stawia się określone wymogi i cele działania. Dotyczą one przede wszystkim zdobywania wiarygodnych danych rozpoznawczych. Aby zrealizować ten cel muszą działać w określonym czasie, przestrzeni i odznaczać się określonymi wskaźnikami możliwości bojowo-rozpoznawczych. Wskaźniki te służą zarówno do określenia zadań dla nich oraz celu jaki mają spełnić. W praktyce dość często zdarza się, że nie są one precyzyjnie określone, a ich sprecyzowanie w wielu przypadkach jest niemożliwe. Trudno jest bowiem określić czas działania i liczbę zdobytych danych rozpoznawczych działających w ugrupowaniu przeciwnika pod presją ciągłego zagrożenia wykryciem. Podobne trudności występują w określaniu wskaźników możliwości bojowo-rozpoznawczych pododdziałów walki elektronicznej, której wyniki zależą od pracy środków elektronicznych przeciwnika. Można powiedzieć, że są to szacunkowe dane.

Wskaźniki możliwości bojowo-rozpoznawczych, charakteryzowane w literaturze przedmiotu, rozumiane są jako przyrząd pomiarowy lub jako znak orientacyjny. Takie pojęcie nie jest najwłaściwszym wyjaśnieniem przyjmowanym w nauce wojennej. Odpowiedniejsze znaczenie tego słowa to: liczba wyrażająca ujęty procentowo stosunek wielkości rozpatrywanych do przyjętej postawy, procentowe określenie wartości w stosunku do innej<sup>1</sup>, aczkolwiek należy zauważyć także, że: „wskaźnik to oznaka (metod) cech przedmiotu lub zjawiska połączona z pewną

---

<sup>1</sup> Słownik języka polskiego, PWN, t. 3, Warszawa, s. 764–765.

inną cechą takim stałym związkiem, że wystąpienie jej pozwala (bezwzględnie) stwierdzić obecność lub przewidzieć zaistnienie tej, innej cechy”<sup>2</sup>.

Wskaźniki więc charakteryzują w określony sposób możliwości bojowo-rozpoznawcze podmiotu (pododdziały rozpoznania i WE), należy jednak doprecyzować je, w celu wyodrębnienia interesujących na cech. Wskaźniki mogą więc być jakościowe, ilościowe, przestrzenne, probabilistyczne, czasowe, skuteczności, manewru. Można próbować bardziej dokładnie określać wskaźniki, jednak będzie to zależne od rozpatrywanego podmiotu tzn. pododdziału rozpoznania lub WE.

Można stwierdzić że: możliwości bojowo-rozpoznawcze podmiotu to wszystkie wskaźniki charakteryzujące ten podmiot, jakie można wygenerować w określonej przestrzeni zainteresowania. Rozumienie podmiotu jako pododdziały rozpoznawcze i WE ZT lub ZO wydaje się być zbyt uproszczeniem. Coraz częściej należy traktować pojedyncze egzemplarze sprzętu rozpoznawczego jako podmiot, któremu można określić wskaźniki charakteryzujące jego możliwości bojowo-rozpoznawcze takie jak ma to miejsce w stosunku do sprzętu WE.

Przytoczone argumenty wydają się być wystarczające aby można było przedstawić wskaźniki możliwości pododdziałów walki elektronicznej jako próbę usystematyzowania tych, które są najbardziej reprezentatywne dla poszczególnych pododdziałów i rodzajów sprzętu w realizacji celu działań. W takim ujęciu zostały podporządkowane poszczególne rozdziały niniejszego opracowania.

Rozdział pierwszy poświęcony jest ogólnemu podziałowi wskaźników możliwości bojowo-rozpoznawczych pododdziałów walki elektronicznej z uwzględnieniem klasyfikacji wskaźników wykorzystywanych w określonych etapach działań taktycznych.

Rozdział drugi zawiera ogólne zadania pododdziału walki elektronicznej na szczeblu taktycznym oraz charakteryzuje poszczególne zadania w zależności od rodzaju działań bojowych. W podrozdziale drugim przedstawiono w sposób chronologiczny poszczególne wskaźniki jakie mogą występować na szczeblu taktycznym rozpoczynając od wskaźników przestrzennych a na wskaźnikach kalkulacyjnych kończąc.

Rozdział trzeci poświęcony jest wskaźnikom możliwości bojowo-rozpoznawczych pododdziałów walki elektronicznej szczebla operacyjnego. Jego układ jest zbliżony do rozdziału drugiego. Różnice występują w treściach merytorycznych i ujęciu możliwości w stosunku do zadań całości oddziału traktowanego jako system oraz jej poszczególnych elementów, do pojedynczych egzemplarzy sprzętu łącznie.

Komentarza wymaga używanie nazwy „batalionu walki radioelektronicznej” w treści opracowania. W dokumentach normatywnych oraz teorii przedmiotu używa się określenia „walka elektroniczna”. W takim ujęciu prezentowane są najnow-

---

<sup>2</sup> Encyklopedia PWN, t. 6, Warszawa 1996, s. 903. Leksykon wiedzy wojskowej, MON, Warszawa 1979, s. 231.

sze opracowania doktrynalne Sztabu Generalnego i Dowództwa Wojsk Lądowych. Niemniej jednak nie wszystkie dokumenty normatywne zawierają nowe pojęcia, dlatego też pododdziały elektroniczne w wojskach lądowych pozostały jeszcze przy starej nazwie – batalion walki radioelektronicznej. Ten stan rzeczy z pewnością ulegnie zmianie, dlatego wybiegając naprzeciw potrzebom niniejsze opracowanie zawiera elementy możliwości bojowo-rozpoznawczych w szerszym ujęciu, niż to było ujmowane do chwili obecnej.

Przyjęte w opracowaniu struktury organizacyjne pododdziałów walki elektronicznej są propozycją autora niezbędną przy uwzględnieniu odpowiednich danych kalkulacyjnych.

Podobnie jest z typami i rodzajami odbiorników w pododdziałach walki elektronicznej. W opracowaniu przyjęto, że odbiorniki przestrajane są w sposób ręczny bez automatyzacji i wspomagania systemami informatycznymi, w szczególności bazami danych elektronicznych.

Głównym celem pracy nie jest bowiem przedstawienie realnych możliwości bojowo-rozpoznawczych istniejących pododdziałów walki elektronicznej, a jedynie wskazanie ogromu złożoności problemu w ich identyfikacji i uwzględnianiu kalkulacji matematycznych podczas elektronicznego przygotowania pola walki. Określanie wskaźników ma posłużyć także dla właściwego stawiania zadań pododdziałom WE przez dowódców poszczególnych szczebli.

Niniejsze opracowanie skierowane jest zarówno do studentów AON na studiach stacjonarnych, podyplomowych jak i uczestników różnych kursów przeszkolenia operacyjno-taktycznego. Może także być pomocne oficerom zajmującym się problematyką WE w wojskach lądowych.

## 1. WSKAŹNIKI MOŻLIWOŚCI BOJOWO-ROZPOZNAWCZYCH W PODODDZIAŁACH WALKI ELEKTRONICZNEJ

Zadaniem pododdziałów walki elektronicznej jest ciągle informowanie dowódcy i sztabu o działalności bojowej przeciwnika, w wyniku prowadzonego rozpoznania elektronicznego, zakłócania elektronicznego, rozpoznania radiolokacyjnego w przestrzeni powietrznej, na lądzie i morzu oraz uprzedzenie o przygotowaniach do działań wojennych m.in. o symptomach świadczących o użyciu i o rozpoczęciu nalotu przez ŚNP. Uprzedzenie może dotyczyć samolotów, raket skrzydlatych (warunek – włączone SRL), BŚR w rejonie odpowiedzialności rozpoznawczej ZT (ZO). Zatem pododdziały WE wykonują swoje zadanie bojowe w każdej sytuacji operacyjnej i elektronicznej. Natomiast wysiłek ich działań bojowych może być koncentrowany w różnym czasie, na różnych kierunkach i różnych zadaniach szczegółowych w zależności od aktualnych potrzeb wynikających z położenia wojsk własnych i przeciwnika. Zadania bojowe pododdziały WE realizują, prowadząc rozpoznanie, zakłócanie i obronę elektroniczną.

Z istoty rozpoznania elektronicznego wynika, że dla pododdziałów WE źródłami informacji o działalności przeciwnika są jego środki emitujące energię elektromagnetyczną w pasmach pracujących radiostacji i innych emiterów energii EM, przede wszystkim SRL oraz ich położenie i struktura emitowanych sygnałów. Ilość zdobytych danych jest wprost proporcjonalna do ilości relacji urządzeń radiowych i urządzeń radiolokacyjnych przeciwnika rozpoznawanych przez system WE na szczeblu ZT (ZO), a czas uprzedzenia wojsk własnych o jego działalności oraz terminowość i dokładność przekazywanych danych zależą przede wszystkim od wykrycia tych źródeł, ich parametrów sygnału, parametrów pasa (obszaru) odpowiedzialności rozpoznawczej ZT (ZO) oraz właściwej analizy i dystrybucji zdobytych danych.

Czynnikami determinującymi możliwości bojowe pododdziałów WE są: liczba sprzętu rozpoznawczego, zakłócającego i jego właściwości techniczne; stan ukompletowania i sprawności technicznej sprzętu, dostępność energetyczna systemów: rozpoznawczego i zakłócającego; rodzaje emisji radiowych i radiolokacyjnych; technika elektroniczna przeciwnika oraz sposób jej wykorzystania; ilość i stan wyszkolenia załóg i osób funkcyjnych bezpośrednio zaangażowanych w proces rozpoznania i zakłócania oraz warunki klimatyczno-terenowe, pora roku i doby (właściwości propagacji fal elektromagnetycznych), poprawność ugrupowania elementów rozpoznawczych. Nie należy także zapominać o czynniku bardzo niewymiernym w ocenie jakim jest trafność podejmowanej decyzji w toku przygotowania i prowadzenia walki.

W takim ujęciu wskaźnikami zdolności systemu walki elektronicznej szczebla ZT (ZO) do wykonania zadań bojowych w określonych warunkach są wskaźniki

**przestrzenne, probabilistyczne, czasowe, skuteczności zakłóceń, manewru sprzętem oraz mogą być inne.** Klasyfikacja wskaźników możliwości bojowych systematyzuje problem wykorzystania pododdziałów WE do określonych zadań bojowych podczas oceny sytuacji i faktycznej oceny wykonania zadań bojowych.

Możliwości bojowe pododdziałów WE można więc scharakteryzować w następujących grupach wskaźników:

a) w grupie wskaźników przestrzennych:

- parametry pasa (obszaru) odpowiedzialności rozpoznawczej ZT (ZO);
- dostępność energetyczna i fizyczna systemu WE;
- głębokość rozpoznania dla systemu rozpoznania elektronicznego;
- strefa zakłóceń (wymagana i możliwa) dla systemu zakłóceń radiowych;
- rozległość sieci komputerowych w obszarze odpowiedzialności rozpoznawczej ZT (ZO);

b) w grupie wskaźników probabilistycznych:

- oczekiwana liczba wykrytych i umiejscowionych źródeł rozpoznania elektronicznego, która realizowana jest poprzez:

(1) wykrywanie<sup>3</sup>;

- poszukiwanie<sup>4</sup>,
- identyfikacja<sup>5</sup>,

(2) przechwytywanie<sup>6</sup>;

(3) namierzanie<sup>7</sup>;

(4) śledzenie<sup>8</sup>;

- dokładność umiejscowienia źródeł elektronicznych;
- oczekiwana liczba zakłócanych źródeł (obiektów);

---

<sup>3</sup> Wykrywanie jest procesem dwuetapowym, na który składają się poszukiwanie oraz identyfikacja.

<sup>4</sup> Poszukiwanie ma za zadanie ustalenie pracy źródeł promieniowania elektromagnetycznego w danym czasie i w określonym paśmie częstotliwości.

<sup>5</sup> Identyfikacja polega na wyselekcjonowaniu tych emisji, które należą do przeciwnika w strefie odpowiedzialności, ustalenie ich częstotliwości pracy, rodzaju sygnału, rodzaju urządzeń (środków uzbrojenia), przynależności państwowej lub taktycznej oraz charakteru pracy.

<sup>6</sup> Przechwytywanie to odbiór i rejestrowanie wykrytego promieniowania elektromagnetycznego (emisji radiowych UKF/KF, radiolokacyjnych), oraz zawartych w nich informacji, za pomocą posiadanych peryferyjnych urządzeń zapisu (np. zapis na taśmie magnetofonowej)

<sup>7</sup> Namierzanie to lokalizacja aktywnych środków elektronicznych (radiowych, radiolokacyjnych) w terenie. Realizowane jest w dwóch etapach, w pierwszym etapie poszczególne posterunki (dwa lub trzy) określają kierunki (namiary) na dany pracujący środek elektroniczny względem kierunku północy, w etapie drugim stanowisko koordynacyjne (np. posterunek środkowy) na podstawie zebranych namiarów dokonuje lokalizacji danego środka elektronicznego w terenie (na mapie).

<sup>8</sup> Śledzenie jest to cykliczne kontrolowanie wcześniej wykrytych źródeł promieniowania elektromagnetycznego, sprawdzanie ich parametrów technicznych, charakteru pracy oraz przekazywanych informacji. Śledzenie składa się z dwóch części zdobywania wiadomości z rozpoznania, od wykrytych źródeł oraz otrzymywania danych rozpoznawczych o przeciwniku po opracowaniu tych wiadomości. Śledzenie ma również za zadanie okresowe sprawdzanie pracy danego źródła, określanie jego informatywności i weryfikację (potwierdzenie) nadanego priorytetu do rozpoznawania.

- c) w grupie wskaźników czasowych:
  - czas obiegu danych i związana z nim terminowość przekazywanych danych użytkownikom;
  - czas uprzedzenia ZT (ZO) przez system rozpoznania elektronicznego o działalności elektronicznej przeciwnika;
- d) w grupie wskaźników skuteczności zakłóceń elektronicznych:
  - czynniki determinujące skuteczność zakłóceń radioelektronicznych;
  - czynniki determinujące skuteczność zakłóceń radiolokacyjnych;
  - czynniki determinujące skuteczność zakłóceń radionawigacyjnych;
  - sposoby oceny pasywnych zakłóceń elektronicznych;
- e) w grupie wskaźników manewrowych:
  - manewr pojedynczą stacją na nową pozycję bojową;
  - manewr posterunkiem na nową pozycję bojową
  - manewr pododdziałem na nową pozycję bojową;
  - czas wykonania manewru przez system WE (siły i środki elektroniczne);
- f) inne istotne wskaźniki:
  - parametry techniczne emisji EM (częstotliwość, czas trwania impulsu, czas powtarzania impulsu, czas trwania serii impulsów i częstotliwość powtarzania serii impulsów);
  - rodzaje emisji radiowych i radiolokacyjnych;
  - zasadnicze źródła i obiekty zakłóceń elektronicznych.

Wymienione Wskaźniki będą poddane szerszej charakterystyce w kolejnych rozdziałach niniejszego opracowania. Do analizy posłużyły dwa podrozdziały walki elektronicznej, na szczeblu związku taktycznego kompania radioelektroniczna i na szczeblu związku operacyjnego batalion walki radioelektronicznej.

## 2. PODODDZIAŁ WALKI ELEKTRONICZNEJ ZWIĄZKU TAKTYCZNEGO

### 2.1. Zadania kompanii elektronicznej związku taktycznego

Kompania elektroniczna (krel)<sup>9</sup> główne zadania realizuje w czasie działań wojennych. W okresie pokoju poszczególne jej elementy szkolą się w sytuacjach zbliżonych do działań bojowych i elektronicznych potencjalnego przeciwnika. Zadania te bezpośrednio wpływają z zadań WE realizowanych przez ZT.

Ogólnie zadania WE związku taktycznego skupiają się wokół następujących problemów:

- rozpoznania systemów i środków elektronicznych (węzłów łączności i węzłów elektronicznych), pracy sieci i kierunków ultrakrótkofalowych elementów ugrupowania przeciwnika na szczeblu ZT (równorzędnym) zarówno wojsk lądowych, jak i lotnictwa wojsk lądowych, a w rejonach nadmorskich także sił morskich. Dokonywanie analiz emisji elektromagnetycznych, śledzenia dyslokacji środków elektronicznych i intensywności ich pracy;

- zakłócania systemów i środków elektronicznych (węzłów elektronicznych) przeciwnika będących w strefie odpowiedzialności rozpoznawczej ZT. Szczególną uwagę zwraca się na systemy dowodzenia i kierowania środkami walki pierwszorzutowych jednostek w punkcie ciężkości natarcia lub rejonie kluczowym obrony ZT;

- obrony elektronicznej, ukierunkowanej na maskowanie i ukrywanie przed rozpoznaniem elektronicznym przeciwnika, danych o własnych systemach i zamiarach, osłony pracy własnych urządzeń elektronicznych, przed zakłócaniem elektronicznym i rażeniem środkami ogniowymi oraz naprowadzającymi się na źródła promieniowania elektromagnetycznego, a także eliminacji zakłóceń interferencyjnych (wzajemnych, wspólnie kanałowych) i kontroli elektronicznej.

Realizowane przez ZT zadania WE mają różne priorytety w poszczególnych etapach działań taktycznych.

*W okresie przygotowania działań kompania Re (jeżeli jest w styczności z przeciwnikiem) koncentruje się na następujących zadaniach:*

- rozpoznawanie nowo uruchamianych emiterów energii EM, ich charakterze pracy i intensywności pracy, używanych kodach, usytuowaniu w ugrupowaniu bojowym;

- kontrolowaniu wcześniej wykrytych źródeł energii EM (węzłów łączności i elektronicznych, relacjach łączności w sieciach i kierunkach);

- kontrolowanie przestrzegania dyscypliny wykorzystywania urządzeń emitujących energię EM wojsk własnych (ZT) oraz maskowanie ich pracy;

---

<sup>9</sup> W wojskach używana jest nazwa „kompania radioelektroniczna (krel)”, która występuje w dokumentach normatywnych, dlatego też, tym skrótem autor będzie się posługiwał w całym opracowaniu.

– stosowanie w szerokim zakresie przedsięwzięć maskowania elektronicznego (przede wszystkim przy wykorzystaniu środków pasywnego zakłócania elektronicznego).

*Podczas przemieszczania lub zajmowania rejonu ześrodkowania* główny wysiłek kompanii elektronicznej koncentruje się na obronie elektronicznej. W znaczący sposób ogranicza się w tym okresie pracę środków emitujących energię elektromagnetyczną lub wprowadza całkowity zakaz ich pracy. Wzmacnia się kontrolę przestrzegania ustalonych zasad pracy środków elektronicznych. Można także wykonywać przedsięwzięcia o charakterze demonstracyjnym i dezinformacyjnym.

*Z chwilą rozpoczęcia realizacji zadań bojowych* kompania Re oraz użytkownicy systemów elektronicznych ZT realizują następujące przedsięwzięcia:

– poszukują nowych sieci i kierunków radiowych (VHF), źródeł energii EM przeciwnika; szczególna uwaga powinna być skupiona na obszarach i punktach szczególnego zainteresowania określonych w procesie elektronicznego przygotowania pola walki oraz środkach i systemach elektronicznych, których działalność będzie miała wpływ na przebieg walki (cele wysoko opłacalne);

– obserwują zmiany w ugrupowaniu elementów elektronicznych przeciwnika;

– zakłócają obiekty i źródła elektroniczne ujęte w planie zakłóceń;

– przestrzegają ustalonych przedsięwzięć obrony elektronicznej w systemach łączności ZT, systemach radiolokacyjnych OPL, systemie obserwacji pola walki, systemach sterowania uzbrojeniem i innych.

*W działaniach obronnych związku taktycznego* podstawowym zadaniem kompanii elektronicznej jest wszechstronne rozpoznanie systemu dowodzenia przeciwnika w celu ustalenia możliwych wariantów rozwoju sytuacji taktycznej. Wykonanie tego zadania jest uzależnione od terminowego i dokładnego rozpoznania systemu dowodzenia wojskami pierwszego rzutu w punkcie ciężkości jego natarcia. Ustaleniu ugrupowania jednostek raketowych i artylerii, pododdziałów walki elektronicznej oraz systemu dowodzenia (naprowadzania) lotnictwa taktycznego (lotnictwem szturmowym – wsparcia pola walki) i ugrupowania odwodu taktycznego.

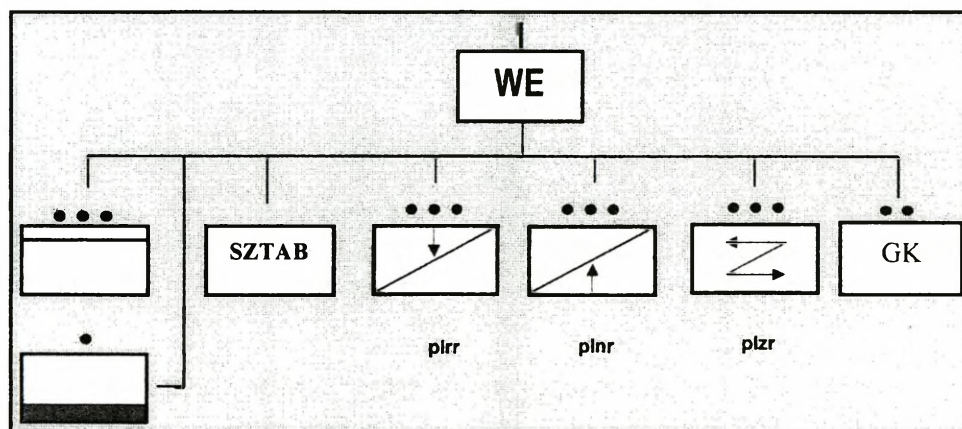
*Podczas odpierania kontrataku przeciwnika* przez wojska dywizji wysiłek pododdziału elektronicznego skupia się na rozpoznaniu (potwierdzeniu): sieci i kierunków radiowych VHF, rozmieszczenia zasadniczych SD, ich węzłów łączności i węzłów elektronicznych, a także na zakłócaniu relacji łączności radiowych oddziałów i pododdziałów głównego zgrupowania uderzeniowego przeciwnika, relacji współdziałania na poziomie równorzędnych jednostek i szczebla wyższego oraz relacji naprowadzania lotnictwa wojsk lądowych.

*W przypadku udziału ZT w działaniach opóźniających* wysiłek pododdziału elektronicznego koncentruje się na zadaniach zmierzających do prowadzenia zakłócania elektronicznego w sieciach radiowych dowodzenia i współdziałania. Realizowane powinny być także przedsięwzięcia pozorowania radiowego.

Podstawowym zadaniem kompanii elektronicznej ZT w działaniach zaczepnych (kontrataku) jest zakłócanie elektroniczne systemu dowodzenia pierwszorzętowych pododdziałów oraz systemu rozpoznania i kierowania uzbrojeniem w punkcie ciężkości działań. Zadanie to kompania realizuje we współdziałaniu z pododdziałami artylerii.

*We wszystkich rodzajach działań taktycznych (natarcie, obrona, działania opóźniające) wysiłek WE jest skupiony na obniżeniu efektywności działania systemów i środków elektronicznych dowodzenia, kierowania środkami walki i rozpoznania elektronicznego oraz zapewnieniu stabilnej pracy własnych systemów elektronicznych.*

Realizując te zadania kompania elektroniczna może przyjąć następującą strukturę organizacyjną (rys.1):



**Rys. 1. Struktura organizacyjna kompanii elektronicznej ZT (wariant)<sup>10</sup>**

Przyjęta struktura organizacyjna kompanii elektronicznej znacząco odbiega od rzeczywistości, ale dla dokonanych kalkulacji w podrozdziale 2.2. jest wystarczająca.

<sup>10</sup> W wielu dokumentach nazwa kompanii radioelektronicznej nie odpowiada skrótowi w znaku taktycznym. Można spotkać różne skróty od WE, WE, lub z języka angielskiego EW. Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto skrót w znaku taktycznym jako WE.

## 2.2. Wskaźniki możliwości rozpoznawczych w kompanii elektronicznej

### 2.2.1. Wskaźniki przestrzenne

Pierwszym wskaźnikiem będą rozpatrywane **parametry pasa odpowiedzialności rozpoznawczej ZT**.

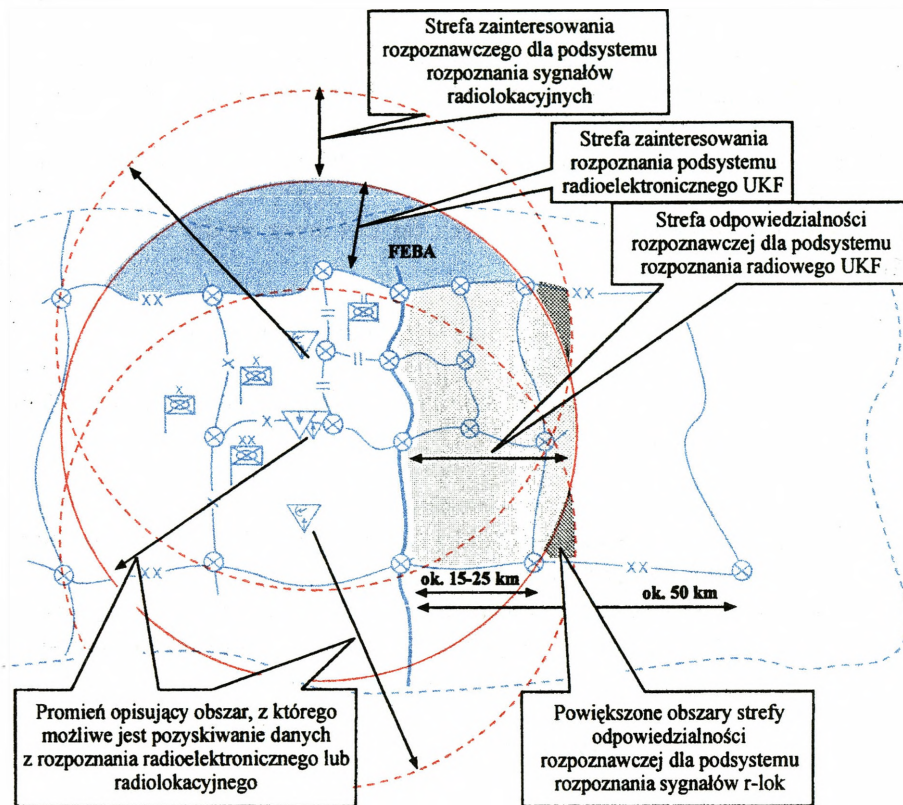
Strefę odpowiedzialności rozpoznawczej ZT charakteryzuje się odpowiednią głębokością, szerokością i przestrzenią. Analizując pracę systemu WE w tym obszarze, za punkt wyjścia przyjęto ograniczenia techniczne sprzętu oraz zasięg horyzontu radiowego, który uzależnia prowadzenie rozpoznania i zakłócania na określonej głębokość, szerokość i wysokość. Zatem czynnikami, które warunkują prowadzenie rozpoznania są:

- liczba urządzeń rozpoznania sygnałów radiowych i radiolokacyjnych;
- liczba urządzeń zakłócania elektronicznego;
- sposób ugrupowania krel;
- możliwości techniczne urządzeń krel (czułość odbiorników, zysk kierunkowy anteny, wysokość zawieszenia anten itp.);
- możliwości techniczne urządzeń emiterów przeciwnika (częstotliwość pracy, moc nadajników);
- warunki propagacji fal elektromagnetycznych (zasięg horyzontu radiowego, pora roku i doby, poziom różnorodnych zakłóceń);
- w stosunku do lotnictwa – wysokość lotu ŚNP (śmigłowców, BŚR, samolotów) z urządzeniami promieniującymi energię EM;
- bezpośrednia widzialność anten.

Dotychczas dane charakteryzujące możliwości sił i środków elektronicznych w strefie odpowiedzialności rozpoznawczej ZT określano w sposób szacunkowy, przyjmując do kalkulacji teoretyczne (laboratoryjne) możliwości wykrywania sprzętu radiowego i liczbę obiektów elektronicznych przeciwnika możliwych do wykrycia będących w zasięgu możliwości sprzętu. Dość często, strefę tę utożsamiano z strefą rozpoznania dla pododdziałów rozpoznania wojskowego. Problem ten jest bardziej złożony i należy rozpatrzyć go szerszym kontekście.

Przyjmując wymienione czynniki wcześniej, „strefę” terenu, z którego pozyskiwać będziemy dane z rozpoznania elektronicznego oraz miejsca gdzie będzie można prowadzić zakłócanie źródeł energii EM przeciwnika, interpretuje się rysunkiem przedstawionym poniżej.

Z rysunku 2 wynika, że strefa rozpoznania i zakłócania będzie sięgała nieco powyżej strefy rozpoznania dla pododdziałów rozpoznawczych brygad (kr). Strefa ta ograniczona jest możliwościami propagacji fal radiowych zakresu VHF i przeszkodami terenowymi, które powinny być uwzględnione podczas oceny terenu w ramach elektronicznego przygotowania pola walki (EPPW).



**Rys. 2. Interpretacja graficzna stref rozpoznania elektronicznego i radiolokacyjnego na szczęblu ZT**

Parametry strefy rozpoznania i zakłócania radiowego VHF oraz rozpoznania SRL ograniczone linią horyzontu radiowego, średnio wynoszą ok. 30 km. dla rozpoznania i zakłócania elektronicznego. Tę odległość determinują wcześniej wspomniane czynniki i w niektórych przypadkach może ona wynosić nawet 10 km. Parametr ten jest jednym z pierwszych wskaźników rozpatrywanych podczas EPPW. W dalszej części opracowania będą rozpatrywane pozostałe wskaźniki podlegające rozpatrywaniu przy określaniu możliwości bojowo-rozpoznawczych krel.

### **Głębokość rozpoznania elektronicznego na szczęblu ZT**

Głębokość rozpoznania elektronicznego zależy od przyjętego ugrupowania elementów krel. Jest ona uwarunkowana właściwościami propagacji fal elektromagnetycznych. Pojęcie „głębokość rozpoznania elektronicznego” oznacza możliwą odległość przechwyty i lokalizacji źródła elektronicznego. Jeśli odległość przechwyty i lokalizacji źródeł elektronicznych pokrywa się w danej strefie, to właśnie odległość tej strefy wyznacza głębokość rozpoznania. W innym przypadku nie

można w ogóle używać określenia „głębokość rozpoznania elektronicznego”, lecz należy używać pojęć: „głębokość przechwyty” lub „głębokość lokalizacji źródeł elektronicznych”.

Głębokość przechwytywanych źródeł elektronicznych uzależniona jest więc głównie od:

- zakresu częstotliwości emitowanych fal EM przez źródła energii EM przeciwnika;
- mocy nadajnika;
- czułości odbiornika (własnych urządzenia rozpoznawczych);
- rodzaju emisji elektromagnetycznej;
- rodzaju stosowanych anten nadawczych i odbiorczych, ich zysków antenowych i wysokości anten;
- rzeźby terenu;
- elektrycznych właściwości powierzchni Ziemi na trasie nadajnik – odbiornik.

Natomiast głębokość lokalizacji źródeł energii EM uzależniona jest od odległości przechwyty i długości podstawy namierzania.

W zakresie ultrakrótkich fal radiowych czynnikiem decydującym o osiągnięciu głębokości rozpoznania elektronicznych jest horyzont radiowy, który oblicza się ze wzoru [1]<sup>11</sup>.

$$D = 4,12 \left( \sqrt{H_{nad}} + \sqrt{H_{odb}} \right) \quad [1]$$

gdzie:

**D** – zasięg (horyzont) radiowy [km];

**H<sub>nad</sub>** – wysokość anteny radiostacji nadawczej [m];

**H<sub>odb</sub>** – wysokość anteny odbiornika [m].

Tabela 1

**Zależność horyzontu radiowego środków rozpoznania elektronicznych w zależności od wyniesienia anten tych środków**

H <sub>r</sub> [m.]	4	5	10	25	50	100	10	25	50	100
H <sub>a</sub> [m.]	4	4	4	4	4	4	10	10	10	10
D [km]	≈16,5	≈17	≈22	≈29	≈37	≈50	≈27,5	≈33	≈42	≈54

Z tabeli 1 wynika, że w zakresie fal ultrakrótkofalowych horyzont radiowy można znacznie wydłużyć poprzez wyższe wyniesienie anten urządzeń odbiorczych, co jest możliwe do osiągnięcia przy umiejętnym wykorzystaniu rzeźby tere-

<sup>11</sup> Założono, że przy mocach wyjściowych współcześnie stosowanych nadajników oraz czułościach odbiorników, bilans energetyczny w punkcie odbioru, wyznaczony horyzontem radiowym, jest warunkiem wystarczającym do przechwytywania sygnału.

nu i właściwym usytuowaniu elementów systemu rozpoznania elektronicznego w pasie działania ZT. Należy przy tym pamiętać, aby na drodze przechwytywanej fali nie znajdowały się przeszkody terenowe wyższe od jej długości.

Dla zakresu częstotliwości ultrakrótkofalowych graniczne wysokości przeszkód terenowych mogą wynosić:

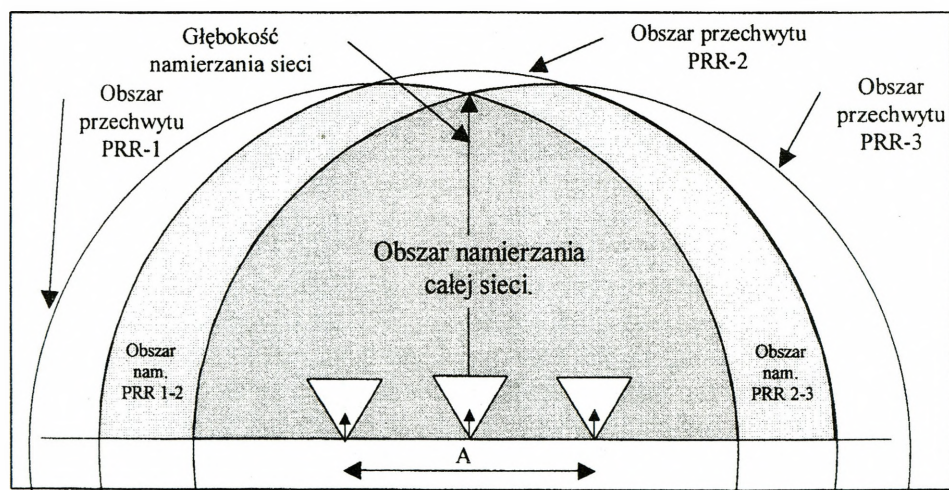
Tabela 2

**Graniczne wysokości przeszkód dla różnych częstotliwości**

f (MHz)	30	40	50	60	70	80	90	100
h (m)	10	7,5	6	5	4,2	3,7	3,3	3

Zwiększenie zasięgu horyzontu radiowego można uzyskać nie tylko poprzez wyniesienie anten odbiorczych, ale także poprzez wyniesienie anten urządzeń nadawczych. Niemniej jednak, dokonując analizy terenu, można w strefie odpowiedzialności rozpoznawczej ZT wybrać te przeszkody terenowe (wzniesienia), na których najprawdopodobniej przeciwnik ugrupuje źródła energii EM i w stosunku do nich określać głębokość rozpoznania.

Jak już wspomniano, przez głębokość rozpoznania elektronicznego rozumnie się takie oddalenie w danej strefie, w którym można jednocześnie przechwytywać i namierzać źródła elektroniczne. W odniesieniu do przechwyty, głębokość strefy



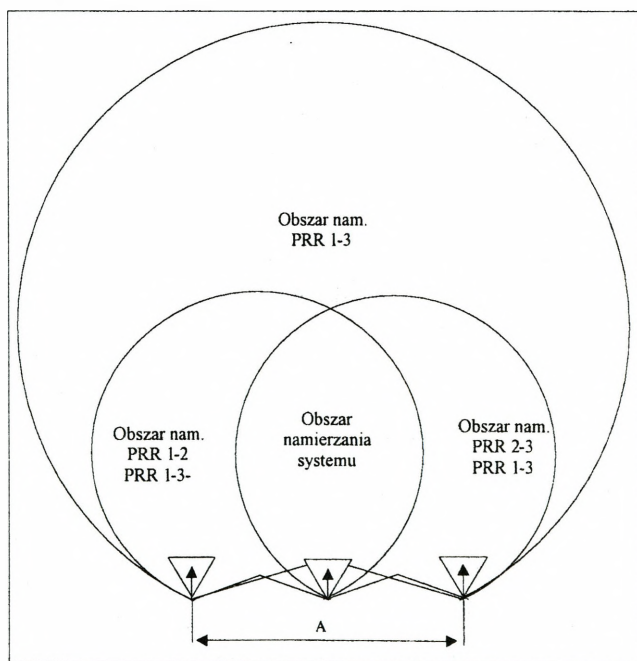
**Rys. 3. Głębokość rozpoznania przy horyzoncie radiowym większym lub równym od podstawy namierzania namierników skrajnych**

wyznaczana jest łukiem okręgu o promieniu horyzontu radiowego. Natomiast w odniesieniu do namierzania, głębokość wyznaczana jest horyzontem radiowym i wzajemnym usytuowaniem urządzeń rozpoznania elektronicznego.

Jeżeli horyzont radiowy jest równy lub większy od podstawy namierzania namierników skrajnych ( $D \geq A$ ) wtedy cała sieć będzie mogła namierzać na stosunkowo dużym obszarze terenowym (rys. 3).

Jeżeli horyzont radiowy jest duży i dwukrotnie przekracza długość podstawy namierzania namierników skrajnych, przy wyznaczaniu głębokości namierzania można stosować „kryterium geometrycznego usytuowania” polegające na tym, że dla każdej pary namierników wyznacza się taką strefę namierzania, na której górna krawędź – „kął wcięcia” nie będzie mniejsza od  $30^\circ$ , a na dolna większa od  $150^\circ$ . Strefę taką wyznacza obwód okręgu zakreślony promieniem równym podstawie namierzania, w taki sposób, aby dana para namierników położona była na obwodzie tego okręgu.

Natomiast w odniesieniu do całego systemu strefa i głębokość namierzania kształtują się tak jak na rys. 4.



**Rys. 4. Obszary namierzania poszczególnych par namierników**

Mając na uwadze przedstawione zależności, osiągnięcie horyzontu radiowego dwukrotnie większego od podstawy namierzania namierników skrajnych nie jest przedsięwzięciem łatwym. Nie zawsze w pasie działania ZT znajdują się na tyle duże wyniesienia terenowe, by pozwalały osiągnąć taką odległość. Na przykład przy 20-kilometrowej podstawie namierzania i 4-metrowej antenie źródła, anteny urządzenia rozpoznawczego należy wynieść na wysokość około 60 metrów, co można wyliczyć po przekształceniu wzoru [1] do postaci:

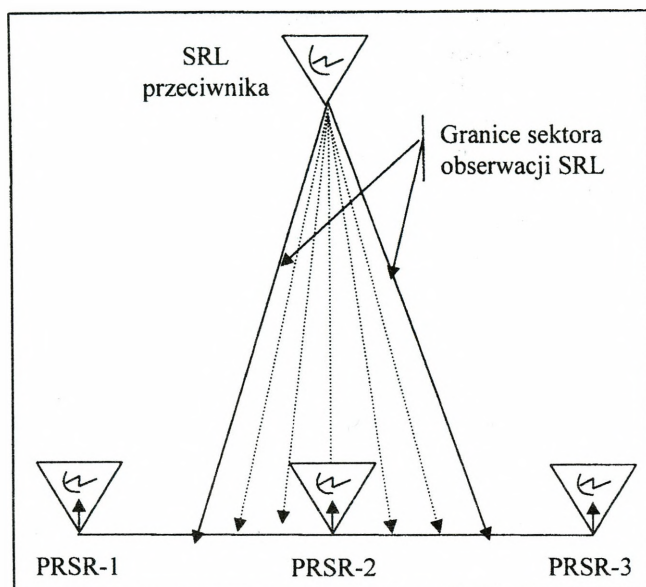
$$H_a = H_c + \frac{D(D - 8,24\sqrt{H_c})}{16,97} \quad [2]$$

Natomiast przy 30-kilometrowej podstawie namierzania, 60-kilometrowy horyzont radiowy można osiągnąć przy wyniesieniu anten urządzeń namierzających na wysokość 157,87 m. Wynika z tego wniosek, że o głębokości rozpoznania w zasadniczym stopniu decyduje teren w pasie działania ZT, a ściślej mówiąc, jego ukształtowanie. Z tego też względu elementem decydującym o podjęciu decyzji do rozpoznania sygnałów elektronicznych winny być wnioski ze szczegółowej analizy terenu w pasie działania dywizji, tak po stronie własnych wojsk, jak i przeciwnika.

Jednocześnie można zauważyć, że głębokość namierzania w odniesieniu do SRL pracujących z dookólnie obracającymi się antenami określa się w taki sam sposób, jak przy namierzaniu radiostacji VHF, gdzie decydującymi czynnikami są: horyzont radiowy i wzajemne usytuowanie namierników.

Natomiast w odniesieniu do SRL prowadzących obserwacje sektorową, warunkiem namierzania jest jeszcze szerokość sektora obserwacji SRL. Może się zdarzyć, że sektor obserwacji SRL będzie tak wąski, iż poruszająca się w nim antena stacji opromieniowywać będzie tylko jeden posterunek systemu rozpoznania sygnałów radiolokacyjnych. Kolejne posterunki systemu mogą być już nie opromieniowane, a zatem wykluczone zostaną warunki namierzania. Sytuacja taką przedstawia rys. 5.

Przypadek taki może mieć miejsce głównie przy rozpoznawaniu SRL obserwacji pola walki i artyleryjskich SRL prowadzących rozpoznanie w określonych sektorach. System nie będzie mógł namierzyć tych SRL i dlatego można operować tylko pojęciem „głębokość przechwyty radiolokacyjnego”. Analizując ugrupowanie SRL obserwacji pola walki w strefie odpowiedzialności rozpoznawczej ZT, należy stwierdzić, że przypadek ten będzie bardzo częstym zjawiskiem, ponieważ sektory obserwacji bardzo często wahają się w granicach od  $30^{\circ}$  do  $120^{\circ}$ , a odległość od rubieży styczności wojsk jest niewielka, rzędu 0,5 km, dlatego nawet przy maksymalnym sektorze obserwacji wystąpią przypadki niemożliwości dokonania namiaru.



*Rys. 5. Obserwacja sektorowa prowadzona przez SRL przeciwnika*

Analizując metody przeszukiwania przestrzeni przez nowoczesne radiolokatory z punktu widzenia możliwości przechwytywania i namierzania tych stacji, można zauważyć poważny problem wynikający z elektronicznie sterowanych wiązek przez SRL o bardzo małym kącie bryłowym w punkcie obserwacji. Taki radiolokator po wstępnym, jednorazowym przeszukaniu obserwowanej przestrzeni (strefy), automatycznie wybiera obiekty w przestrzeni, które będzie śledził, a pozostałą przestrzeń obserwacji będzie pomijał. Dlatego najważniejszym momentem prowadzonego rozpoznania będzie uchwycenie momentu pierwszego odpromieniowania przez SRL przeciwnika, ponieważ może nastąpić taki niekorzystny przypadek, w którym radiolokator przeciwnika pominie strefę, gdzie znajduje się stacja rozpoznania sygnałów radiolokacyjnych, a to jednoznacznie oznacza, że nie nastąpi przechwycenie i namierzenie SRL.

#### **Dostępność częstotliwościowa i fizyczna dla systemu WE na szczelbu ZT**

Wskaźnikiem częstotliwościowym jest przedział częstotliwości (pasma) wykorzystywany przez urządzenia przeciwnika emitujące fale EM możliwy do rozpoznania przez system WE ZT czyli krel. Wskaźnik ten zależy przede wszystkim od możliwości technicznych sprzętu rozpoznania radiowego i sygnałów radiolokacyjnych i określany jest minimalną oraz maksymalną częstotliwością pracy tych urządzeń oraz dostrojeniu odbiornika do pracującego źródła wyrażony ogólnym wzorem [3] i [4].

$$f_{\min UR_i} \leq \Delta F \leq f_{\max UR_i} \quad [3]$$

gdzie:

- $\Delta F$  – zakres rozpoznawanych częstotliwości ;
- $f_{\min UR_i}$  – minimalna częstotliwość odbiorcza i-tego rodzaju urządzeń rozpoznawczych;
- $f_{\max UR_i}$  – maksymalna częstotliwość odbiorcza i-tego rodzaju urządzeń rozpoznawczych.

Dostrojenie odbiornika do źródła:

$$f_r - \frac{\Delta f}{2} \leq f_s \leq f_r + \frac{\Delta f}{2} \quad \text{czyli} \quad |f_s - f_r| \leq \frac{\Delta f}{2} \quad [4]$$

gdzie:

$\Delta f$  – szerokość pasma przepuszczania części liniowej w przypadku odbiornika przestrajanego lub szerokość pasma wejściowego w przypadku odbiornika nieprzestrajanego;

$f_r$  – częstotliwość, na którą jest nastrojony odbiornik lub częstotliwość środkowa pasma wejściowego;

$f_s$  – częstotliwość pracy odbiornika.

Kolejnym warunkiem koniecznym przy wykryciu źródła jest wskaźnik energetyczny, tzn. moc sygnału na wejściu odbiornika rozpoznawczego musi być nie mniejsza od jego realnej czułości  $P_{sweo}$ .

$$P_{swe} \geq P_{sweo} \quad [5]$$

Warunki przestrzenne omówione były wcześniej natomiast warunki czasowe dotyczą czasu spotkania charakterystyk kierunkowych anten. Odbiornik powinien odbierać sygnał o czasie występowania  $t_s$  (przebywanie w odbiorniku) mniejszym od zadanego czasu  $t_z$ .

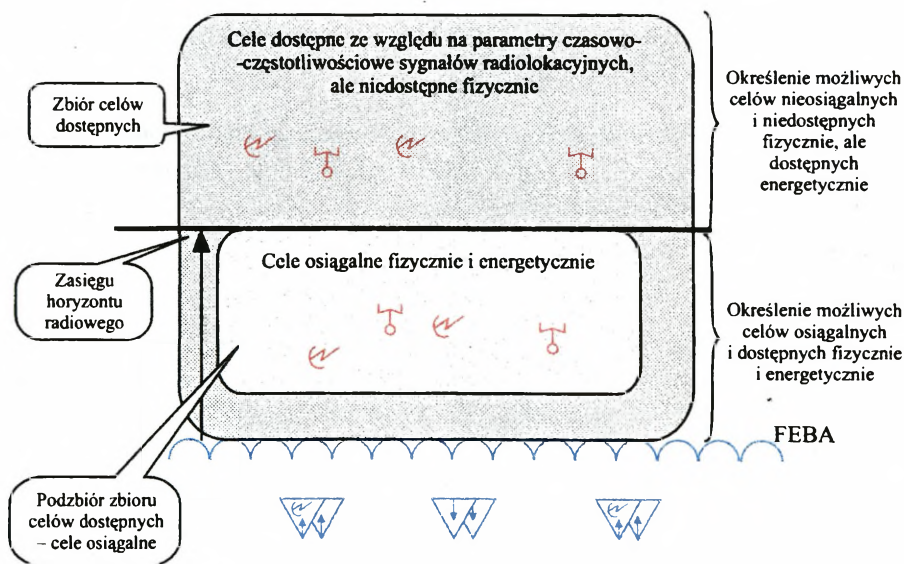
Warunek ten odnosi się przede wszystkim do urządzeń rozpoznania sygnałów radiolokacyjnych.

Urządzenia (stacje) rozpoznawcze systemu WE ZT rozpoznają tylko część zakresu częstotliwości mikrofalowych, do ok. 18 GHz, natomiast brak jest możliwości prowadzenia rozpoznania urządzeń elektronicznych (radiolokacyjnych) przeciwnika pracujących w wyższym przedziale częstotliwości.

Ustalenie wszystkich czynników mających wpływ na prowadzenie rozpoznania i zakłócania elektronicznego jest niemożliwe chociażby ze względu na zmienne warunki prowadzonego rozpoznania i zakłócania. Niemniej jednak podczas analizy zadania i oceny sytuacji elektronicznej należy:

- ustalić warunki, w jakich będzie prowadzone rozpoznanie i zakłócania oraz organy WE konieczne do organizowania systemów rozpoznania i zakłócania elektronicznego, aby osiągnąć założony cel;
- dokonać porównania danych z banków danych z danymi aktualnie posiadanymi;
- określić sposoby wykonania zadań w określonych warunkach stosownie do potrzeb;
- wybrać najodpowiedniejszy wariant (sposób) rozpoznania i zakłócania elektronicznego w danych warunkach;
- ustalić zasięg reorganizacji istniejącej organizacji WE, jeżeli istnieje taka potrzeba.

Dokładne ustalenie tych czynników powinno pomóc w odpowiedzi na pytanie: czy wyznaczone cele elektroniczne są dostępne i osiągalne dla systemu WE na szczeblu ZT. Czyli czy są spełnione warunki do prowadzenia rozpoznania i zakłócania elektronicznego? Odpowiadając na te pytania można posłużyć się metodą graficzną interpretującą cele dostępne i osiągalne dla systemu WE. Schemat interpretacji przedstawia rys. 6.



**Rys. 6. Interpretacja graficzna celów dostępnych i osiągalnych dla systemu WE**

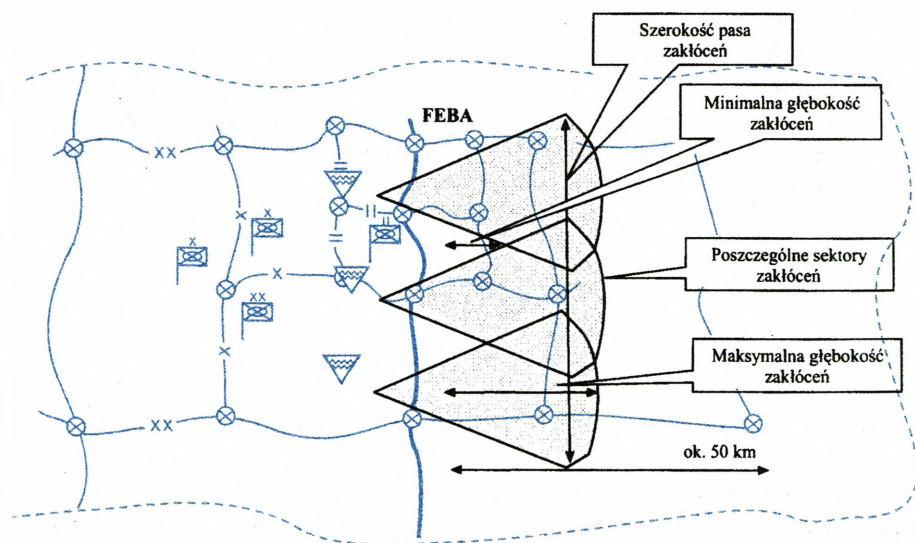
Przekładając ideę tego schematu na skalę mapy i porównując sytuację bieżącą z elektronicznym wzorcem działań doktrynalnych przeciwnika, bardzo łatwo otrzymamy odpowiedź na wcześniej zadane pytanie.

### Strefa zakłóceń elektronicznych na szczeblu taktycznym

Parametry strefy zakłóceń elektronicznych pokrywają się z parametrami strefy rozpoznania. Nie wyróżnia się innego obszaru z uwagi na pokrycie częstotliwościowe i przestrzenne zakłócanych i rozpoznawanych środków elektronicznych przeciwnika. Odstępstwem może być wysokość strefy. Do tej pory rozpatrywano tylko urządzenia naziemne, dlatego warunkiem wystarczającym był zasięg horyzontu radiowego z czynnikami wymienionymi wcześniej. Należy jednak zaznaczyć, że wśród tych czynników jest jeden dotyczący ŚNP. Uwzględniając sprzęt zakłóceń lotniczych relacji radiowych, koniecznym jest uwzględnienie wysokości lotu ŚNP. Parametry techniczne sprzętu podają ogólną odległość zakłóceń, od miejsca stania urządzenia do zakłócanego źródła, dla danego typu sprzętu. Instrukcje podają, iż odległość ta wynosi ok. 80 km przy locie celu na wysokości ok. 500 m. Oczywiście jest, że przy niesprzyjającej pogodzie zasięg ten będzie stosunkowo mniejszy.

Stacje zakłóceń nie zawsze będą zakłócały dookólnie. Bardzo często będzie to praca sektorowa. Wówczas parametry strefy zakłóceń zależą przede wszystkim od położenia obiektów przewidzianych do zakłócania co ilustruje poniższy rysunek 7.

Przy sektorowym zakłócaniu urządzeń elektronicznych uwzględnić należy rodzaj działań taktycznych (np. obronę lub natarcie). Problem pokrycia sektorami zakłóceń określonego terenu jest szczególnie istotny w obronie ZT gdzie pas obro-



**Rys. 7. Strefy zakłóceń sektorowych i ich pokrycie w pasie odpowiedzialności rozpoznawczej ZT**

ny będzie dość znaczny. W takim przypadku może wystąpić przerwa pomiędzy sektorami. Oczywiście, niwelując takie przerwy można wyznaczyć większe sektory zakłóceń ale wówczas w znacznym stopniu rozpraszamy wysiłek stacji zakłóceń. Kolejnym istotnym problemem z zakłócaniem sektorowym wiąże się z wykorzystywanym pasmem zakłócanych częstotliwości w danym sektorze. Ten problem jest rozwiązywany poprzez łączne ugrupowanie kilku stacji zakłócających w jednym posterunku, ale na szerokości pasa obrony ok. 60 km może to być istotnym problemem.

#### 2.2.2. Wskaźniki probabilistyczne

##### **Oczekiwana liczba wykrytych i umiejscowionych źródeł elektronicznych**

W grupie wskaźników probabilistycznych za wskaźnik możliwości bojowych systemu WE przyjmuje się oczekiwaną liczbę wykrytych i umiejscowionych źródeł elektronicznych. Traktując tę liczbę jako wskaźnik zagrożenia ze strony przeciwnika należy uwzględnić wszystkie czynniki wpływające na tę liczbę. Do czynników tych zaliczamy przede wszystkim:

- czas prowadzonego rozpoznania;
- sposób prowadzonego rozpoznania i namierzania;
- liczba, sposób i czas pracy urządzeń elektronicznych przeciwnika;
- prawdopodobieństwo wykrycia źródła elektronicznego w kierunku i częstotliwości;
- liczbę i ukompletowanie urządzeń systemu WE (nasłuchu i namierzania HF, VHF, sygnałów radiolokacyjnych);
- liczbę i poziom wyszkolenia operatorów tych urządzeń.

Sposobem prowadzonego rozpoznania jest przechwytywanie zdeterminowane skutecznością przechwytywania [ $W_s$ ] wyrażoną jako stosunek przechwyconej liczby emisji radiowych (sygnałów sondujących) do ogólnej liczby przekazanych emisji radiowych [6].

$$W_s = \frac{S_p}{S_o} 100\% \quad [6]$$

gdzie:

$S_p$  – liczba przechwyconych emisji radiowych (sygnałów sondujących)

$S_o$  – ogólna liczba przekazanych emisji radiowych (sygnałów sondujących)

Oraz wskaźnikiem jakości przechwytywania [ $W_j$ ] wyrażoną jako stosunek charakterystyki poprawności odbioru i rejestracji przekazanych informacji (jakości sygnału sondującego) do ogólnej liczby przekazanych znaków (informacji) [7]:

$$W_j = \frac{N_n}{N} 100\% \quad [7]$$

gdzie:

$N_n$  – liczba informacji zniekształconej (z zakłóceniami); liczba znaków błędnych

$N$  – ogólna liczba przekazanych znaków (informacji).

Do oceny prawdopodobieństwa przechwytywania wykorzystywany jest aparat matematyczny w postaci teorii masowej obsługi. Zastosowanie teorii masowej obsługi do charakterystyki procesu przechwytywania podyktowane zostało tym, iż udowodniono, że postępujący strumień emisji radiowych (sygnałów sondujących) do przechwytywania (obsługi) ma charakter prostego strumienia Poissona, oraz założono, że stanowisko przechwytywania jest systemem obsługi (zazwyczaj jednokanałowym). W tym przypadku jako kryterium oceny systemu przechwytywania przyjmuje się zazwyczaj prawdopodobieństwo przechwytywania określonej liczby informacji (danych rozpoznawczych) w zadanym przedziale czasu.

Model matematyczny przechwytywania, jako procesu składającego się z wykrycia źródła promieniowania oraz rejestracji przesyłanych informacji przez te źródła (obsługiwanie), spełnia warunek [8]:

$$P_{prz} = P_w \cdot P_{obs} \quad [8]$$

gdzie:

$P_{prz}$  – prawdopodobieństwo przechwytywania

$P_w$  – prawdopodobieństwo wykrycia źródła rozpoznania;

$P_{obs}$  – prawdopodobieństwo obsługi zgłoszenia (rejestracji informacji).

Przy założeniu, że stanowisko przechwytywania stanowi, w świetle teorii masowej obsługi, jednokanałowy system obsługi ze stratami (bez kolejki), prawdopodobieństwa wykrycia i obsługi określają następujące zależności:

$$P_w = \frac{q\tau_o}{N_f(t_p + t_o)} \quad [9]$$

gdzie:

$q$  – współczynnik dopuszczalnych strat; zazwyczaj  $q=(1-4\%)\tau_o$

$N_f$  – liczba częstotliwości przeznaczonych do obserwacji (śledzenia) na stanowisku;

$t_p$  – średni czas przestrajania odbiornika;

$t_0$  – średni czas obserwacji częstotliwości w przypadku braku na niej emisji radiowej lub sygnału sondującego;

$\tau_0$  – długość (czas trwania) sygnału.

$$P_{bo} = P_s \frac{\alpha_s}{\sum_{k=0}^s \frac{\alpha^k}{k}} \quad [10]$$

gdzie:

$s$  – liczba częstotliwości przeznaczonych do obserwacji na stanowisku;

$\alpha = \lambda t_0 = \lambda / \mu$  – liczba informacji (wiadomości) uzyskanych w czasie obserwacji

$\mu$  – intensywność obsługi;

$\lambda$  – intensywność zgłoszeń;

$P_{bo} = P_s$  – prawdopodobieństwo braku obsługi (prawdopodobieństwo tego, że wszystkie kanały są zajęte);

$k$  – liczba kanałów (stanowisk).

W przypadku gdy  $s=1$  (jeden kanał) wzór 10 przyjmuje postać:

$$P_{bo} = P_s = \frac{\alpha}{1 + \alpha} \quad [11]$$

to

$$P_{obs} = 1 - P_s = 1 - \frac{\alpha}{1 + \alpha} \quad [12]$$

W zależności od sytuacji elektronicznej, kształtowanej przez pracę środków radiowych i elektronicznych przeciwnika, poszukiwanie dzieli się na:

– dyżurne: 10–15% całości sił i środków rozpoznania;

– zintensyfikowane: 20–30% całości sił i środków rozpoznania;

– zmasowane 50–70% całości sił i środków rozpoznania;

Poszukiwanie należy rozpatrywać jako proces probabilistyczny. Oznacza to, że przy badaniu efektywności poszukiwania stosowany jest rachunek prawdopodobieństwa.

$$P_p = P_{pr} P_w P_l P_{prz} P_{ob}$$

[13]

gdzie:

$P_p$  – prawdopodobieństwo poszukiwania;

$P_{pr}$  – prawdopodobieństwo pracy środka elektronicznego w danej chwili (w momencie prowadzenia poszukiwania);

$P_w$  – prawdopodobieństwo wykrycia źródła w częstotliwości i w kierunku;

$P_l$  – prawdopodobieństwo lokacji źródła rozpoznania;

$P_{prz}$  – prawdopodobieństwo przechwytu emisji radiowej lub sygnału sondującego;

$P_{ob}$  – prawdopodobieństwo obróbki przechwyconych danych rozpoznawczych od źródła rozpoznania.

W przypadku śledzenia wartość rozpoznawanych źródeł lub ważność obiektów określa się różnym prawdopodobieństwem. Wyróżnia się następujące wartości prawdopodobieństwa śledzenia:

– przy śledzeniu ciągłym  $P=0,8$  jedno stanowisko rozpoznawcze obsługuje co najwyżej dwie częstotliwości robocze;

– przy śledzeniu okresowym  $P=0,5$  jedno stanowisko rozpoznawcze obsługuje 3–4 częstotliwości robocze;

– przy śledzeniu kontrolnym  $P=0,1$  jedno stanowisko rozpoznawcze obsługuje 8–10 częstotliwości roboczych;

Konstatując można w tym miejscu powiedzieć, że rozpoznanie sygnałów elektronicznych realizowane jest automatycznie w całym zakresie częstotliwości, a ogranicza je sektor prowadzonego rozpoznania oraz wspomniane już czynniki, dlatego ważniejszym parametrem jest ilość zlokalizowanych (umiejscowionych) sygnałów elektronicznych, a liczba wykrytych źródeł elektronicznych przeciwnika jest wskaźnikiem drugorzędym. Drugim kryterium jest warunek, że odbiornik urządzenia rozpoznania elektronicznego przechwytuje wszystkie sygnały, jakie znajdują się w zasięgu fizycznej i energetycznej jego dostępności.

Od sposobów pracy źródeł elektronicznych przeciwnika oraz rodzajów modulacji i przepustowości odbiorników (kanałów wykrywania), a także percepcji człowieka w możliwościach manualnego wykrycia, dostrojenia, analizowania oraz przekazywania danych uzależniona jest ilość wykrytych urządzeń elektronicznych.

Konkludując, możliwości lokalizacji źródeł elektronicznych przez system rozpoznania i namierzania krel zależy od sposobu ugrupowania, wielkości podstawy namierzania, ilości i możliwości technicznych urządzeń namierzających oraz odległości źródeł elektronicznych od tych urządzeń (głębokości rozpoznania). Są one określane wielkością błędu liniowego namierzania i prawdopodobieństwem (wartością niemianowaną) jako stopniem ufności (wiarygodności) przypisanym wartości liniowego błędu. Wskaźnik ten pozwala ustalić na ile uzyskane dane o miej-

scu znajdowania się urządzeń elektronicznych przeciwnika są dokładne, aby można było je wykorzystać w procesie prowadzenia działań bojowych przez ZT.

Na potrzeby ogólnego określania potencjalnych możliwości bojowo-rozpoznawczych systemu WE, liczbę umiejscowień określa się wartością zlokalizowanych urządzeń elektronicznych obliczoną według wzoru:

$$W = gN_z \sum (-1)^{k+1} \binom{z}{k} p^{2k} \quad [14]$$

gdzie:

W – liczba możliwych do zlokalizowania urządzeń elektronicznych;

g – liczba godzin prowadzenia efektywnego rozpoznania elektronicznego;

$N_z$  – przepustowość systemu rozpoznania elektronicznego w ciągu jednej godziny wyrażona liczbą możliwych do wykonania namiarów;

z – wartość wyliczona ze wskaźnika Newtona  $\binom{m}{2}$ , gdzie „m” oznacza liczbę urządzeń rozpoznania na posterunku;

p – prawdopodobieństwo występowania błędów kątowych urządzeń rozpoznania elektronicznego.

Dla zrealizowania zadań przechwyty, śledzenia, poszukiwania emisji radiowych kompania elektroniczna posiada łącznie 10 stanowisk odbiorczych w radiowym centrum rozpoznawczym, z tego dwa w zakresie HF i osiem w zakresie VHF. Konfiguracja przydziału zdań na poszczególne stanowiska może być różna, w zależności od bieżących potrzeb. Daje to potencjalne możliwości rozpoznawcze jednoczesnego wykrycia do 24 relacji radiowych w zakresie HF i 96 w zakresie VHF w ciągu godziny, przechwyty 2 relacji HF i 8 relacji VHF oraz śledzenia do 20 relacji radiowych<sup>12</sup>.

Możliwości namierzania wynikają z technicznych możliwości aparatury oraz zdolności obsługi, i przyjętej metody namiaru. Dla namiernika R-363 przy przyjętej metodzie namiaru na komendę sposobem „ręcznym” bez automatyzacji, wahają się w granicach 15–30 namiarów w ciągu godziny.

---

<sup>12</sup> Metoda obliczeń przyjęta została na podstawie doświadczeń praktycznych w jednostkach radioelektronicznych. Średni czas wykrycia źródła elektronicznego to czas na poszukanie i identyfikację (przeszukiwane zadane zakresu częstotliwości na odbiorniku radiowym, zapisanie korespondencji radiowej na nośniku magnetycznym lub w innej formie zarejestrowanie faktu emisji, krótka wstępna analiza, przekazanie źródła do systemu namierzania w celu dokonania namiaru) zamyka się przedziałem czasowym ok. 5 min. Dlatego w ciągu jednej godziny (taka jest jednostka kalkulacyjna) jedno stanowisko odbiorcze może poszukać 12 źródeł elektronicznych. Należy także pamiętać, iż powinno się uwzględnić współczynnik sprawności sprzętu (0,8), który obniża te wartości.

**Potencjalne możliwości krel w zakresie rozpoznania elektronicznego**

Element ugrupowania	Skład	Zakres częst. (MHz)	Głęb. wykryw. (km)	Możliwości w rozpoznaniu krel			
				Rozpoznanie (śr w ciągu 1 godziny)			
				Poszu.	Przech.	Śledze.	Namierz.
RCR	2 x ARO KU-4	HF 1,5-30 VHF 30-100	100 30	24	2	4 <sup>13</sup>	
				96	8	8-160	
SNRad	R-363 3 post.	30-100	30				15-30
SRSRlok	MUR-20 3 post	0,5-18GHz	30-50				15-30

Potencjalne możliwości analizy sygnałów i ich lokalizacji<sup>14</sup> przez system rozpoznania sygnałów radiolokacyjnych przez starszy typ stacji RPS-6 wynosi w ciągu godziny 15-30 źródeł z podaniem ich podstawowych parametrów technicznych. Dla nowszych stacji MUR-20 możliwości te są ograniczone tylko aktualizacją bazy danych.

Powyższe dane służą przede wszystkim jako wskaźniki do szkolenia obsługi sprzętu w czasie pokoju. Wydają się być wystarczające do wstępnej charakterystyki potencjalnych możliwości systemu rozpoznania i namierzania elektronicznego w zakresie prawdopodobnej liczby wykrytych i namierzonych źródeł elektronicznych. Natomiast określenie realnych możliwości krel w tym zakresie możliwe jest tylko w sytuacji rzeczywistego pola walki lub ze zbliżonym prawdopodobieństwem do jedności, w przypadku metody modelowania działań bojowych tego systemu z wykorzystaniem symulacji komputerowej<sup>15</sup>. Okres wojny będzie weryfikatorem właściwego wyszkolenia załóg i określanych wskaźników.

*Dla przykładu tabelaryczne możliwości pojedynczej stacji rozpoznania sygnałów radiolokacyjnych w zakresie wykrywania i analizowania przechwyconych sygnałów przedstawia tabela 4.*

<sup>13</sup> Minimalnie operator może śledzić dwie częstotliwości z prawdopodobieństwem przechwylenia 0,8. Bardzo dobrze wyszkolony operator może śledzić nawet 10 częstotliwości ale z nieco mniejszym prawdopodobieństwem.

<sup>14</sup> Ustalane doświadczalnie i w części obliczone na podstawie przedstawionego wzoru 14 możliwości lokalizacji są szacunkowe, ponieważ ilość zmiennych analizowanych przez urządzenia systemu rozpoznania i namierzania Re przy rozpoznawaniu nowoczesnych urządzeń elektronicznych przeciwnika jest bardzo duża i może się okazać, że nigdy nie zostanie osiągnięty taki poziom wiarygodności, aby właściwie określić miejsca rozmieszczenia SRL.

<sup>15</sup> Program komputerowy przeznaczony do symulacji powinien obejmować obszerną bazę danych dotyczącą SRL przeciwnika, w przeciwnym razie będzie on obciążony dużym błędem.

Możliwości pojedynczych stacji rozpoznania sygnałów radiolokacyjnych<sup>16</sup>

Typ stacji	Rodzaj poszukiwania			
	w częstotliwości	W kierunku		
		Pełna analiza źródła promieniowania EEM w ciągu godziny	Skrócona analiza źródła promieniowania EEM w ciągu godziny	Śledzenie źródła promieniowania EEM w ciągu godziny
RPS-5 (6)	Zgrubne określanie $f_n$	3-4	5-6	10-15
POST-3M.	Zgrubne określanie $f_n$	6	7-8	10
SDR-M.	Zgrubne i dokładne określanie $f_n$	1-2	2-4	6-8
MUR-20	Automatyczny odczyt częstotliwości i kierunku oraz percepcyjne możliwości człowieka w zakresie analizy wykrytych SRL przeciwnika po uwzględnieniu baz danych o sygnałach			

Dokładność umiejscowienia źródeł rozpoznania elektronicznego<sup>17</sup>

Dokładność ta zależy od ilości, sposobu ugrupowania (wielkości podstawy namierzenia) i możliwości technicznych urządzeń namierzających oraz odległości źródeł rozpoznania od tych urządzeń. Jest ona określana wielkością błędu liniowego namiernika.

Określenie tego wskaźnika możliwości bojowych dla krel (systemów namierzenia radiowego i radiolokacyjnego) pozwala ustalić na ile uzyskane informacje o miejscu znajdowania się przeciwnika są dokładne, aby można było je wykorzystać w procesie prowadzenia działań bojowych przez komórkę G2 i krel.

Dla potrzeb ogólnego określenia potencjalnych możliwości bojowych systemu namierzenia dokładność umiejscowienia źródeł rozpoznania określa się, w sposób wystarczająco precyzyjny wartością minimalnego błędu liniowego namierzenia obliczaną wg wzoru [15]:

<sup>16</sup> Na podstawie m.in. podręcznika „Organizacja i prowadzenie rozpoznania radioelektronicznego (pułk – batalion rozpoznania radioelektronicznego)”, Szt. Gen 1979 r.

<sup>17</sup> Dokładniejsza interpretacja teorii błędów w namierzaniu zawarta jest w podręczniku L. Ciborowskiego, Rozpoznanie radioelektroniczne szczebla taktycznego wojsk lądowych, ASG, Warszawa 1989.

$$\Delta L_{\min} = \frac{\Delta\varphi D}{57} \quad [15]$$

gdzie:

$\Delta\varphi$  – błąd kątowy urządzenia namierzającego (stopnie)

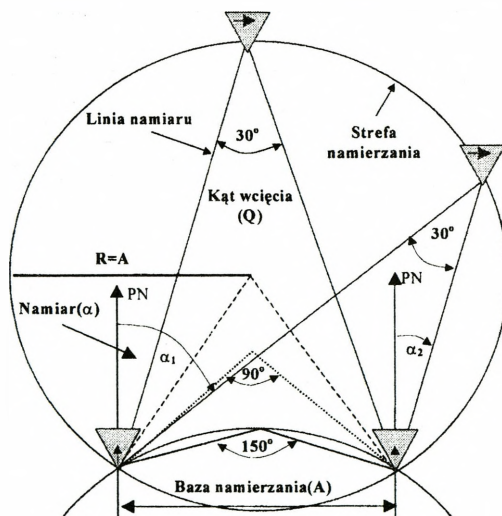
$D$  – podstawa namierzania [km]

57 – stały współczynnik.

Jednakże określając realne możliwości bojowe systemów namierzania należy posłużyć się metodą wykorzystującą matematyczną teorię błędów.

Miejsce rozmieszczenia namierzanych źródeł promieniowania określa się w rezultacie opracowania namiarów i wykreślenia linii namiarów na odpowiedniej mapie (można tego dokonać również drogą matematycznych obliczeń współrzędnych). Bez względu na metodę wskazywania miejsca rozmieszczenia namierzonego środka elektronicznego zawsze wynik końcowy obarczony będzie błędem.

Wymaganą dokładność namierzania uzyskuje się w strefie ograniczonej kątami wcięcia od  $30^\circ$  do  $150^\circ$  przy czym największą dokładność namierzania uzyskuje się w przy kątach wcięcia  $90^\circ$ . Dla dwóch namierników strefa namierzania ograniczona jest okręgiem o promieniu równym bazie namierzania (rys. 8).



Rys. 8. Strefa namierzania dwóch namierników

Wypadkowe błędy w namierzaniu mogą być sumą błędów składowych jakie powstają w procesie namierzania, niemniej jednak dokładność lokalizacji namierzanych źródeł w zdecydowanym stopniu ograniczają błędy instrumentalne namierników, które zależą od przyjętej metody namierzania. Błędy liniowe namie-

rzania zależą także od odległości do namierzanego źródła i dla namierników o dokładnościach  $0,5^\circ - 2,0^\circ$  wynoszą (w metrach):

Tabela 5

### Błędy liniowe namierzenia

Odległość namierzanego źródła	10 km	15 km	20 km	25 km	30 km	40 km
Dokładność namiernika $0,5^\circ$	87	130	175	218	262	350
Dokładność namiernika $1,0^\circ$	174	262	350	436	524	698
Dokładność namiernika $2,0^\circ$	349	524	700	873	1047	1400

Dokładność namiernika R-363 wynikająca z zastosowanej myśli technicznej w procesie namiaru oraz zastosowanej metody namiaru zakłada błędy namierzenia w granicach  $2,0-4,5^\circ$  w zależności od sposobu namiaru i polaryzacji odbieranej fali promieniowania.

#### 2.2.3. Wskaźniki czasowe

##### **Czas obiegu danych z systemu rozpoznania elektronicznego**

W literaturze przedmiotu nie spotyka się wskaźników czasowych opóźnienia lub obiegu danych. Natomiast z uwagi na możliwość rażenia przez ŚNP rakietami naprowadzanymi w wiązce radiolokacyjnej z dużej odległości należy precyzyjnie i wiarygodnie określić wynikające zagrożenie i podjąć stosowną decyzję. Spełniając ten wymóg, konieczne jest określenie czasów opóźnienia informacji o zagrożeniu dla użytkowników pola walki. Czas ten pozwala ustalić, które informacje są terminowe, a które spóźnione.

W działaniach taktycznych występują trzy podstawowe formy przejawiania się czasu:

- jako fluktuacyjny czas planowania walki (operacji);
- jako realny czas przebiegu walki (operacji);
- jako czas akcji lub reakcji.

Dla procesu kierowania walką i podjęcia decyzji czas akcji (reakcji) jest najistotniejszy. Dlatego też, wszystkie wysiłki mające na celu optymalizację procesu zdobywania informacji, jej opracowania i przekazania, są faktycznie walką o czas (lub z czasem) akcji (reakcji).

Czas ten zależy od szeregu czynników, a przede wszystkim od sposobu analizy, opracowania, przekazania i zobrazowania danych rozpoznawczych z i w systemie (zautomatyzowany lub niezautomatyzowany) WE, stopnia wyszkolenia załóg obsługujących urządzenia rozpoznania, osób funkcyjnych na stanowiskach dowodzenia, a także od złożoności sytuacji operacyjno-taktycznej i elektronicznej.

Traktując działania taktyczne jako walkę sztabów o czas można przedstawić ją za pomocą metod matematycznych. Wówczas czas obiegu informacji rozpoznawczych jest sumą cząstkowych czasów trwania czynności wykonywanych w procesie wykrywania przez urządzenia elektroniczne źródeł energii przeciwnika, mierzonych od chwili wykrycia ich pracy do momentu przekazania o nich meldunku użytkownikom oraz czas czynności wykonywanych na SD poszczególnych organów biorących udział w zdobywaniu danych rozpoznawczych. Można to wyrazić następującą zależnością [16]:

$$T_O = \sum_{m=1}^M t_m + \sum_{n=1}^N t_n \quad [16]$$

gdzie:

$T_0$  – czas opóźnienia;

$t_m$  – czas trwania czynności realizowanych przez operatorów na  $m$ -tym urządzeniu rozpoznawczym;

$t_n$  – czas trwania czynności realizowanych na  $n$ -tym stanowisku dowodzenia w systemie rozpoznania ZT;

$M$  – liczba urządzeń rozpoznania elektronicznego biorących udział w procesie zdobywania danych;

$N$  – liczba stanowisk dowodzenia zaangażowanych w opracowanie i przekazanie zdobytych danych.

Dla przykładu: dopuszczalny (normatywny) czas opóźnienia (obiegu) danych w systemie rozpoznania wojsk lotniczych i obrony powietrznej ustalany jest przez szefa sztabu WLOP w corocznym zarządzeniu dotyczącym rozpoznania, natomiast dla wojsk lądowych normatywnych czasów opóźnienia przekazywania informacji autor nie spotkał. Należy sądzić, iż normy czasowe będą przedmiotem opracowania w specjalnych dokumentach.

#### **Czas uprzedzenia przez krel o działalności elektronicznej przeciwnika**

Czas obiegu informacji o działalności elektronicznej przeciwnika jest pochodną czasu uprzedzenia elementów ugrupowania ZT o prowadzonym rozpoznaniu elektronicznym. Warunkiem koniecznym musi być fakt emisji energii EM przez źródło przeciwnika, dlatego od czasu dostarczenia informacji użytkownikowi zależy czas uprzedzenia.

Im dalej od linii styczności bojowej wojsk przeciwnik włączy urządzenia elektroniczne np. SRL montowane w aparatach latających podczas wykonywania nalotu, tym dłuższy będzie czas identyfikacji źródła, a zarazem czas uprzedzenia systemu rozpoznawczego ZT o działalności elektronicznej i ogniowej w nalocie.

Analizując możliwości systemu WE ZT, należy rozpatrywać również i taką ewentualność (sytuację skrajną), w której przeciwnik nie będzie włączał urządzeń elektronicznych na całej trasie lotu ŚNP lub włączy je z chwilą przekroczenia rubieży styczności bojowej wojsk. Wówczas system WE będzie miał ograniczone możliwości ich wykrycia lub przy braku emitowania energii EM nie będzie miał żadnych możliwości ich wykrycia. Związek taktyczny nie zostanie wówczas uprzedzony o grożącym niebezpieczeństwie. Sytuacja taka odnosić się będzie do rozpoznawania urządzeń montowanych w aparatach powietrznych, natomiast w odniesieniu do naziemnych urządzeń elektronicznych ilość stacji przeciwnika prowadzących rozpoznanie, nie musi być ograniczona. Stacje radiolokacyjne mogą być wykorzystywane do osłony sił przegrupowujących się lub zajmujących rejony wyjściowe, prowadząc ciągle rozpoznanie przestrzeni powietrznej wówczas system WE będzie miał możliwości wykryć ich pracę. Podobny brak ograniczeń występuje w przypadku monitorowania SRL rozpoznania artyleryjskiego lub kierowania ogniem.

Zatem na czas uprzedzenia wpływa bezpośrednio czas obiegu informacji, a także pośrednio czas poruszania się urządzeń elektronicznych (jeżeli jest w ruchu). Różnica pomiędzy czasem dotarcia danych do użytkownika, o wykrytym źródle radiolokacyjnym, a czasem wykrycia tych stacji przez inne systemy rozpoznawcze ZT, np. patrole rozpoznawcze, nazywa się czasem uprzedzenia. Powyższą zależność można przedstawić następująco:

$$T_{up} = T_w - t_{wykZT} \quad [17]$$

$$T_w = T_o + \frac{d}{V_c} \quad [18]$$

$$T_o = \sum_{m=1}^M t_m + \sum_{n=1}^N t_n \quad [19]$$

$$t_m = t_{wyk_{SRSR}} + t_i + t_{nam} + t_{o_{SRSR}} \quad [20]$$

gdzie:

$T_{up}$  [s] – czas uprzedzenia;

$T_w$  [s] – czas wykrycia i opracowania danych;

$T_o$  [s] – czas opóźnienia obiegu danych;

$t_n$  [s] – czas trwania czynności realizowanych przez operatorów na n-tym SD w systemie rozpoznania ZT;

$t_m$  [s] – czas trwania czynności realizowanych przez operatorów na n-tym urządzeniu rozpoznawczym;

$t_{\text{wykZT}}$  [s] – czas wykrycia przez inne systemy rozpoznawcze ZT;  
 $t_{\text{wykSWE}}$  [s] – czas wykrycia źródła przez system WE;  
 $t_i$  [s] – czas identyfikacji wykrytego egzemplarza urządzenia przeciwnika;  
 $t_{\text{nam}}$  [s] – czas namierzenia wykrytego egzemplarza urządzenia przeciwnika;  
 $t_{\text{o SRSR}}$  [s] – czas obiegu danych przez środki łączności wewnątrz systemu;  
 $V_c$  [km/h] – prędkość celu (dla środków lotniczych lub pojazdów naziemnych);  
 $d$  [km] – droga, jaką przebył radar (cel) od momentu wykrycia do momentu dostarczenia danych użytkownikowi.

Reasumując, jeżeli czas uprzedzenia warunkowany będzie zależnością czasową  $t_{\text{wykZT}} < T_w$ , wówczas będzie on spóźniony w stosunku do reakcji na sytuację elektroniczną po stronie przeciwnika, natomiast zależność czasowa ze znakiem przeciwnym ( $T_w \ll t_{\text{wykZT}}$ ) oznacza czas niezbędny do podjęcia odpowiedniej decyzji.

Czas uprzedzenia w większości przypadków odnosi się do urządzeń elektronicznych pracujących w ruchu (na samolotach, pojazdach), natomiast w stosunku do źródeł stałych (nie poruszających się) czas uprzedzenia związany jest głównie z czasem wykrycia i obiegu informacji i to on determinuje czas reakcji na zaistniałą sytuację.

#### 2.2.4. Wskaźniki skuteczności zakłóceń elektronicznych

Zakłócanie radiowe realizuje się poprzez:

1. Emitowanie zakłóceń radiowych (selektywnych, wąskopasmowych lub zaporowych);
2. Dywersję radiową<sup>18</sup>.

#### **Czynniki determinujące skuteczność zakłóceń elektronicznych**

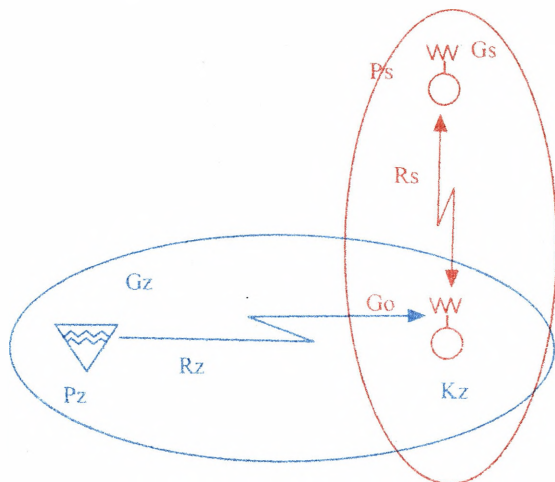
Skuteczność zakłóceń – to zdolność do pozbawienia odbioru informacji przesyłanej przez środki elektroniczne przeciwnika. Polega na dostarczeniu do zakłócanego urządzenia odbiorczego takiej porcji energii zakłócającej, która przy jego parametrach technicznych, rodzaju pracy oraz warunkach taktycznych,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

Skuteczność zakłóceń łączności radiowej, realizowanych w zakresie ultrakrótkofalowym i krótkofalowym falą przyziemną, zależy od następujących zasadniczych (rysunek 9) czynników:

- mocy nadajnika stacji zakłócającej wykorzystywanej do obezwładnienia łączności radiowej przeciwnika ( $P_z$ );
- mocy radiostacji przeciwnika przekazującej dane w zorganizowanych relacjach łączności ( $P_s$ );
- odległości między nadajnikiem a odbiornikiem w zakłócanych relacjach łączności przeciwnika ( $R_s$ );

<sup>18</sup> Na szczelbu ZT działania dywersyjne będą realizowane w bardzo ograniczonym zakresie.

- odległości między urządzeniem odbiorczym (zakłócanym) a stacją (nadajnikiem) zakłócającym (Rz);
- współczynnika zysku kierunkowości anteny radiostacji przeciwnika (Gs) i stacji zakłócającej (Gz);
- współczynnika zakłóceń określonego dla danego rodzaju pracy i typu środka łączności (Kz);
- współczynnika tłumienności anteny urządzenia odbiorczego (odbiornika) z kierunku na stację zakłócającą (Go).



**Rys. 9. Czynniki wpływające na skuteczność zakłóceń radiowych**

Wymienione czynniki decydujące o skuteczności zakłócania i są 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 (Kz) jest wyrażany stosunkiem natężenia pola elektrycznego, pochodzącego ze stacji zakłócającej (Ez) do natężenia pola elektrycznego, pochodzącego z nadajnika pracującej radiostacji (Es), 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:*

$$\mathbf{Kz}^E = \frac{\mathbf{Ez}}{\mathbf{Es}} \text{ lub } \mathbf{Kz}^P = \frac{\mathbf{Pz}}{\mathbf{Ps}} \quad [21]$$

Aby skutecznie obezwładnić dany środek elektroniczny, 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 ( $K_{zw}$ ) dla konwencjonalnego odbiornika superheterodynowego przedstawiono w tabeli 5.

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

Zależność [21], po odpowiednim rozwinięciu umożliwia rozwiązanie następujących typów zadań:

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

$$K_{zrz}^E = \left( \frac{R_s}{R_z} \right)^2 * \sqrt{\frac{P_z * G_z * G_o}{P_s * G_s}} \quad [22]$$

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.

Tabela 5

#### Wartość wymaganego współczynnika zakłóceń ( $K_{zw}$ )

Lp.	Rodzaj emisji	Wymagana wartość współczynnika zakłóceń	
		wg natężenia pola ( $K_{zw}^E$ )	wg mocy ( $K_{zw}^P$ )
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

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

$$R_{zsk} = R_s * \sqrt[4]{\frac{P_z * G_z * G_o}{P_s * K_{zw}^2 * G_s}} \quad [km] \quad [23]$$

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

$$P_{zsk} = \frac{P_s * R_z^4 * G_s * K_{zw}^2}{R_s^4 * G_z * G_o} \quad [W] \quad [24]$$

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

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

$$K_{zrz}^E = \frac{R_s}{R_z} * \sqrt{\frac{P_z * G_z * G_o}{P_s * G_s}} \quad [25]$$

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 ( $R_{zsk}$ ):

$$R_{zsk} = R_s * \sqrt{\frac{P_z * G_z * G_o}{P_s * K_{zw}^2 * G_s}} \quad [km] \quad [26]$$

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

$$P_{zsk} = \frac{P_s * R_z^2 * G_s * K_{zw}^2}{R_s^2 * G_z * G_o} \quad [W] \quad [27]$$

Z analizy przedstawionych zależności wynika, że do czynników wywierających wpływ na skuteczność zakłócania 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 [ $R_{zmin}$ ],
- rodzaje pracy radiostacji (wykorzystywanych emisji  $K_{zw}$ ),
- 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 zależnością uproszczoną:

$$R_z = R_s - \text{w zakresie UKF}, \quad [28]$$

Sygnal, który zapewnia skuteczne zakłócenie środka elektronicznego przy minimalnym stosunku mocy sygnału zakłócającego i zakłócanego nazywamy sygnałem (zakłóceniem) optymalnym. Obecne środki zakłóceń radiowych przeznaczone do wykorzystywania na szczeblu taktycznym posiadają możliwość szerokiej gamy w tworzeniu struktury sygnału zakłócającego.

Kompania elektroniczna wyposażona jest w środki zakłócania przeznaczone do stawiania selektywnych zakłóceń radiowych o możliwościach jednoczesnego zakłócania od jednej relacji (na jednej częstotliwości) do czterech relacji radiowych (w zależności od typu stacji zakłóceń). Uzyskuje się wówczas potencjalne możliwości jednoczesnego obezwładniania 3–6 lotniczych relacji radiowych w paśmie VHF oraz 3–12 relacji radiowych w paśmie VHF wojsk lądowych przy wykorzystaniu stacji R-330U, dla stacji R-330P wskaźnik ten wynosi on 3–6 relacji.

Z analizy obliczeń wynika, że będące na wyposażeniu kompanii elektronicznej środki zakłócania radiowego posiadają możliwości efektywnego zakłócania na głębokość do 30 km – relacji radiowych VHF środków naziemnych i do 70–80 km – relacji radiowych VHF lotnictwa taktycznego (kierunki radiowe w relacji „samolot” – „samolot” lub „wysunięty punkt naprowadzania /WPN/” – „samolot”) na wysokości lotu ŚNP ok. 500 m.

Istotnym czynnikiem decydującym o możliwościach bojowych kompanii elektronicznej, w tym głównie w zakresie rozpoznania i zakłócania elektronicznego jest sytuacja elektroniczna po stronie przeciwnika, tj. intensywność pracy środków radiowych, ich podatność na rozpoznanie i zakłócenie, oraz sposoby i zakres prowadzenia obrony elektronicznej przez przeciwnika.

Kompania elektroniczna ZT nie posiada środków do rozpoznawania i obezwładniania relacji radiowych pracujących z wykorzystaniem modulacji typu FH (frequency hopping). Stąd istotnego znaczenia w prowadzeniu walki elektronicznej przez ZT nabiera problem stosowania innych środków zakłócających tj. np. wykorzystywanie nadajników zakłóceń jednorazowego użytku, które używane są zakłócania relacji radiowych na wybranych obiektach punktowych, a w niektórych przypadkach powierzchniowych.

Podsumowując, siły i środki kompanii elektronicznej są w stanie w ciągu 6–8 godzin (przy założeniu dużej intensywności pracy analogowych środków radiowych przeciwnika) rozpoznać zasadnicze relacje radiowe w strefie zainteresowania oraz przygotować i prowadzić zakłócenie VHF systemu łączności z efektem, np.:

- zerwania dowodzenia w jednym ogniwie szczebla brygady;
- zerwania współdziałania w okresie wprowadzania nowych sił do walki;

- zdezorganizowania współdziałania pomiędzy środkami wsparcia ogniowego a nacierającymi wojskami;
- zdezorganizowania pracy wybranego systemu rozpoznania szczebla taktycznego;
- zakłócanie w toku walki sieci naprowadzania lotnictwa taktycznego (przy małej częstotliwości nalotów na osłaniane obiekty).

## 2.2.5. Wskaźniki manewrowe

Kolejnym wskaźnikiem możliwości bojowo-rozpoznawczych krel jest zdolność jej systemów do przejścia z położenia bojowego w marszowe, wykonanie manewru i osiągnięcie gotowości bojowej w nowym rejonie.

Narzucone czasy planowania i organizowania walki dla krel ZT zawarte w „Normach i zadaniach szkolno-bojowych dla pododdziałów elektronicznych”.

Do analizy czasu potrzebnego na wykonanie manewru i ponownego włączenia się urządzeń do pracy bojowej można posłużyć się następującym wzorem:

$$T_M = T_z + T_p + T_w + T_{pt} + T_r + T_{pm} \quad [29]$$

gdzie:

$T_M$  – czas manewru [min.];

$T_z$  – czas zwijania [min.];

$T_p$  – czas przemieszczania w nowy rejon na określoną odległość i po określonych nawierzchniach [min.];

$T_r$  – czas rozwijania w nowym miejscu [min.];

$T_{pt}$  – czas przygotowania sprzętu do pracy na stanowisku [min];

$T_w$  – czas wyboru miejsca;

$T_{pm}$  – czas przygotowania do marszu całości kompanii<sup>19</sup>.

Średnie czasy rozwijania i zwijania sprzętu i posterunku np. rozpoznania sygnałów radiolokacyjnych oraz osiągnięcia gotowości bojowej nie powinny przekraczać 90 minut.

Każdy typ sprzętu charakteryzuje się odpowiednimi normami czasowymi przewidzianymi na rozwijanie, przygotowanie techniczne, zwijanie i prędkość poruszania się po różnych nawierzchniach. Czasy te są zawarte w instrukcjach bojowych poszczególnych rodzajów sprzętu i normach taktycznych<sup>20</sup>.

<sup>19</sup> Czas narzucony normami szkolenia zawartymi w instrukcji „Normy i zasady szkolenia szkolno-bojowego dla pododdziałów radioelektronicznych”. Szt. Gen., Warszawa 1996 r. z późniejszymi poprawkami.

<sup>20</sup> Dokumenty te są niejawnne.

W trudnych warunkach atmosferycznych (np. nocą, zimą) czas rozwijania i zwijania zwiększa się od 5 do 20%.

Przegrupowywać można całą krel lub jej poszczególne elementy. W przypadku przegrupowania całości sił i środków po jednej drodze w celu zmniejszenia skutków uderzeń ŚNP powinny być zachowane odległości między elementami kompanii około 1000 m, a między pojazdami w kolumnie 25–30 m.

#### 2.2.6. Inne istotne wskaźniki kalkulacyjne

##### **Liczba źródeł i obiektów elektronicznych podlegających rozpoznaniu i zakłócaniu**

Przystępując do charakterystyki źródeł i obiektów elektronicznych w pierwszej kolejności powinno się dokonać szacunkowego określenia jej liczby ponieważ określenia dokładnej liczby obiektów i źródeł jest złożony.

O wyposażeniu swoich wojsk w sprzęt i zasadach jego użycia decyduje przeciwnik. Dane o środkach posiadane przez organy rozpoznawcze przed działaniami bojowymi, obciążone są błędem niewiedzy o faktycznym wyposażeniu wojsk przeciwnika w sprzęt elektroniczny.

Określając liczbę obiektów i źródeł (urządzeń elektronicznych) potrzebna jest dokładna znajomość struktury organizacyjnej przeciwnika, zasad działania jego pododdziałów, czyli taktyki działania, struktury używanych systemów elektronicznych oraz w miarę możliwości szczegółowych zasad wykorzystania poszczególnych typów sprzętu elektronicznego.

Znajomość struktur organizacyjnych pozwoli ustalić liczbę obiektów elektronicznych możliwych do rozpoznania i zakłócania. Każdy pododdział ma SD oraz w zależności od szerebła ZSD i TSD, niektóre także WSD i powietrzne punkty dowodzenia. Ponieważ system dowodzenia bez SD i środków łączności zgrupowanych w węzłach łączności nie będzie funkcjonował, dlatego określenie liczby węzłów i liczby środków elektronicznych w tych węzłach jest bardzo istotnym elementem ustalającym obiekty i źródła podlegające rozpoznaniu i zakłócaniu. Należy również pamiętać, że istnieją węzły elektroniczne skupiające nie tylko środki radiowe, ale także inne emiterzy energii elektromagnetycznej podlegające także rozpoznaniu i zakłócaniu. W skrajnie niekorzystnym przypadku można powiedzieć, że prawie każdy wóz bojowy będzie obiektem rozpoznania z uwagi, iż posiada źródło promieniowania energii EM.

Kolejnym istotnym problemem jest określanie liczby źródeł podlegających rozpoznaniu i zakłócania w systemach elektronicznych pracujących w pododdziałach, oddziałach, ZT czy ZO oraz liczba sieci i kierunków radiowych występujących w tych strukturach. Problem jest dość złożony z uwagi na różnorodność systemów rozpoznawczych, łączności, systemów dowodzenia, kierowania, organizowanych sieci i kierunków, ich zmienności występowania (choć są stałe sieci i kierunki) oraz czasu nawiązywania seansów łączności.

W wielu pracach naukowo-badawczych próbowano ten problem rozwiązać z większym lub mniejszym powodzeniem. Podstawą do określenia typów i rodzajów systemów elektronicznych, a w nich sprzętu, jest ciągła analiza potencjalnego przeciwnika, śledzenie na bieżąco zakupów nowego sprzętu technicznego i jego wprowadzanie do uzbrojenia potencjalnego przeciwnika. Stan wiedzy za każdym razem będzie niepewny z uwagi na poufność realizowanych zakupów.

Jedną z metod określania liczby obiektów i źródeł elektronicznych jest metoda graficzna opisu węzłów elektronicznych i węzłów łączności z krótkimi charakterystykami poszczególnych typów urządzeń elektronicznych.

Metodą graficzną można także przedstawić relacje radiowe w sieciach (S/R) i kierunkach radiowych (K/R) na poszczególnych szczeblach dowodzenia. Stosowanie metody graficznej wymaga posiadania dużej liczby wzorców doktrynalnych systemów i środków elektronicznych wraz z ich charakterystyką.

Dla szacunkowego określenia liczby obiektów i źródeł oraz S/R i K/R przyjmuje się następujące wartości:

- dla kompanii 1 SD jako jeden obiekt lub źródła;
- dla batalionu 1-2 SD jako obiekty lub źródła;
- dla równorzędnego pododdziału 1-2 SD jako obiekty lub źródła;
- dla brygady 1-3 SD jako obiekty lub źródła;
- dla innych oddziałów 1-3 SD jako obiekty lub źródła;
- dla dywizji 1-4 SD jako obiekty i źródła;
- dla korpusu 1-4 SD jako obiekty i źródła.

Znając strukturę organizacyjną można zestawzić tabelarycznie liczbę potencjalnych obiektów podlegających rozpoznaniu i zakłócaniu. Zestawienie takiej liczby potencjalnych obiektów należy traktować jako szacunkowe niezbędne do szkolenia wojsk w czasie pokoju. W praktyce należy być bardziej precyzyjnym w określaniu liczby obiektów.

Podobną metodą można określić liczbę relacji radiowych HF, VHF i radioliniowych w sieciach radiowych i kierunkach radiowych podlegających rozpoznaniu i zakłócaniu (tabela 6).

Tabela 6

Opis sieci	HF	VHF
<b>Na szczeblu korpusu</b>		
S/R Sztabu Korpusu (OW)	1	
S/R Współdziałania Korpusu	1	
S/R Szefa OR i WE	1	
S/R Szefa WR i A Korpusu	1	
Inne	1	1-2

<b>Na szczeblu dywizji</b>		
S/R Dowódcy Dywizji	1	2
S/R Sztabu Dywizji	1	1
S/R Szefa Saperów		2
S/R Szefa Obrony przeciw chemicznej		2
S/R Szefa WR i A	1	2-3
S/R Szefa OPL	1	3
S/R Wydziału Rozpoznawczego		1
Inne	1-2	2-3
<b>Na szczeblu brygady</b>		
S/R Dowódcy Brygady		2
S/R Szefa Artylerii	1	2
S/R rozpoznania powietrznego		1
S/R Szefa OPL		1
S/R Szefa Sztabu Brygady		1
S/R Szefa Rozpoznania		1
S/R Szefa Saperów		1
S/R Szefa obrony p.chem.		1
S/R rozpoznania pow. artylerii		1
S/R Dowódcy pa	1-2	4
S/R Dowódcy pplot	1-2	4
<b>W batalionie:</b>		2-3

### **Zasadnicze źródła zakłócania elektronicznego**

Obiekty zakłóceń elektronicznych będą w dużej mierze wynikać z zadania bojowego i sytuacji elektronicznej. W każdym rodzaju działań taktycznych można wyróżnić odpowiednie źródła i obiekty, których zakłócenie może spowodować zerwanie dowodzenia wojskami przeciwnika, a w konsekwencji załamać jego działania. Do takich źródeł należą:

- 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 – różne kanały komunikacyjne, 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 elektroniczne głowic samonaprowadzających bomb, pocisków, raket itp.,

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

### **Parametry techniczne emisji stacji radiolokacyjnych**

Charakteryzując i określając wskaźniki parametryczne źródeł elektronicznych koniecznym jest dokonanie podziału tych źródeł ze względu na cechy rozpoznawcze techniczne i operacyjno taktyczne. Na potrzeby niniejszego opracowania przedstawione zostaną tylko cechy techniczne stacji radiolokacyjnych możliwe do rozpoznania przez podsystem rozpoznania sygnałów radiolokacyjnych kompanii elektronicznej.

Techniczne cechy rozpoznawcze SRL dzielą się one na dwie zasadnicze podgrupy: indywidualne i zbiorowe. Do indywidualnych technicznych cech rozpoznawczych zaliczamy wielkości i parametry, według których można określić przynależność środka elektronicznego (SRL) do rodzaju SZ, ZO lub ZT oraz wyróżnić go spośród tej samej klasy (tego samego typu). Natomiast do zbiorowych technicznych cech rozpoznawczych zaliczamy wielkości umożliwiające określenie charakterystyk środka elektronicznego (SRL), przyporządkowując go do określonej klasy lub grupy.

Na podstawie analizy technicznych cech rozpoznawczych radiolokatorów, które generują sygnały czasowe (wizyjne) odnoszące się do struktury sygnału, można dokonać dalszej ich klasyfikacji na: parametry pojedynczych sygnałów (tzw. impulsowe) oraz parametry obwiedni ciągu sygnałów. Wówczas do parametrów pojedynczych sygnałów (impulsowych) możemy zaliczyć:

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

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

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

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

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

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

Analiza  $f_n$  wykazała, że związane są z nią takie cechy rozpoznawcze, jak:

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

Ze względu na przedstawione parametry oraz grupową cechę  $f_n$  można dokonać podziału częstotliwości nośnej na dwa podzakresy: do 3 GHz i powyżej 3 GHz. Podział ten odzwierciedla m.in. przeznaczenie radiolokatorów, a w tym przypadku jest to jeden z głównych wskaźników przyporządkowania SRL do określonego szerebu ich wykorzystania.

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

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

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

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

Analiza cech radiolokatorów wykazała, że wymieniona grupa radiolokatorów charakteryzuje się takimi zasadami pracy, jak:

- pracą z liniową lampą generacyjną. Wyróżnić w tej grupie można niektóre trójwspółrzędne radary do wykrywania celów powietrznych, tj np. AN/TPS-43. Wykorzystują one kilka ustalonych częstotliwości sterowanych generatorami kwarcowymi (dla wymienionej stacji jest ich 16), które mogą być w przypadku zakłóceń zmieniane od impulsu do impulsu;

- elektroniczne przeszukiwanie w elewacji. Bardzo rozpowszechniony sposób przeszukiwania przestrzeni w radiolokatorach typu 3D np. AN/TPS-32. Wytwarzana jest paczka impulsów sondujących na 9 różnych częstotliwościach, co w konsekwencji daje w elewacji wachlarza 9 wiązek nawzajem się zazębiających. Po zakończeniu okresu odbioru wytwarzana jest kolejna paczka impulsów sondujących na innych częstotliwościach, sterowana pod nieco większym kątem wzniesienia, aż do pokrycia całej przestrzeni przeszukiwania w elewacji;

- długim czasem trwania impulsu oraz niską częstotliwością powtarzania impulsów. Ta grupa radiolokatorów przeznaczona jest do wykrywania i sterowania pociskami dalekiego zasięgu;

- elektronicznym przeszukiwaniem przestrzeni, sterowanym komputerowo. Układ śledzący radiolokatora przeszukuje pojedynczym impulsem z liniową modulacją częstotliwości przestrzeń i w zależności od odległości do celu czas trwania impulsów się zmienia. Tak jest w AN/FPS-58. Może on wynosić 10  $\mu$ s, gdy cel jest blisko lub wykorzystać grupę 40 impulsów (czas trwania każdego impulsu wynosi 25  $\mu$ s przy prowadzeniu celów znajdujących się w dużej odległości);

- praca systemu antenowego z kompensacją listków bocznych. Radary tego typu są konstrukcjami starszymi, służą do rozpoznania obiektu na zasadzie „swój-obcy” (radary wtórne), występują razem z radarami wykrywania i naprowadzania dalekiego zasięgu, a także z radarami środków OPL (radary pierwotne). Wytwarzają one wiązkę o szerokości około 3° w azymucie i od 0,5° do 45° w elewacji z polaryzacją pionową.

Przykładowe zestawienia podstawowych danych dla radiolokatorów o częstotliwości nośnej  $f_n < 3$  GHz przedstawia tabela 7.

Tabela 7

#### Zestawienie typów radarów o częstotliwości nośnej $f_n < 3$ GHz

Lp.	Typ radaru	$f_n$ [GHz]	$f_{pi}$ [Hz]	$t_i$ [ $\mu$ s]	Szerokość wiązki $\alpha, \beta$ [stopnie]	$V_o$ obr. ant. [obr/min]	Producent Uwagi Przeznaczenie
1.	<b>TRS 2050</b> do wyk. celów pow.	1,250÷1,350	250; 375	4; 3	$\alpha=40$ $\beta=1,2$	6	P=2,2 MW R=375 km FRANCJA
2.	<b>AR-3D</b> do wyk.	2,900÷3,100	250	30	$\alpha=2$ $\beta=1$	6	P=1,1 KW R=330 km

Lp.	Typ radaru	$f_n$ [GHz]	$f_{pi}$ [Hz]	$t_i$ [ $\mu$ s]	Szerokość wiązki $\alpha, \beta$ [stopnie]	$V_o$ obr. ant. [obr/min]	Producent Uwagi Przeznaczenie
	celów pow.						WB
3.	<b>AN/FPS-100</b> wyk. celów pow.	1,250÷1,350	350; 355; 360 365; 370	6	$\alpha=30$ $\beta=1,3$	---	P=2 MW USA
4.	<b>AN/FPS-7</b> do wyk. celów pow. i nap. Lot	1,250÷1,350	244	6	$\alpha=18$ $\beta=1,4$	3,3; 5; 6,6 10	P=10 MW R=500 km USA
5.	<b>RPE 4</b> do wyk. celów pow. i napr. Lot	3,00	270	4	$\beta=0,6$	4÷10	P=4,8 MW R=740 km FRANCJA
6.	<b>AN/FPS-85</b> do wyk. i ster. międzykon. poc. balist.	0,400÷0,500	----	250; 10	Cygarowa 1,4°	-	P=32 MW R=5000 km USA
7.	<b>ARSR-3</b> do kierowania ruchem lotniczym	1,250÷1,350	310÷360	2	$\alpha=2$ $\beta=1,2$	5	P=10 MW R=440 km H=28 km USA
8.	<b>AR-15</b> do kierowania lądowaniami samolotów	2,700÷3,100	1000	1	$\alpha=40$ $\beta=1,45$	10 lub 15	P=625 kW R=130 km H=14 km WB
9.	<b>AN/MPQ-25</b> do kierowania pociskami ziemia-ziemia	2,835÷2,935	731	----	-----	----	USA
10.	<b>AN/GPX-20</b> rozpoznania „swoj-obcy”	0,900÷1,040	125-1500	1	-----	-----	USA
11.	<b>AN/FPS-6</b> rozpoznania „swoj-obcy”	2,700÷2,900	300-400	2	$\alpha=0,9$ $\beta=3,2$	7,5	P=4,5 MW USA
12.	<b>S-669</b> pomiar wys.	2,740÷2,900	220	5	$\alpha=0,6$ $\beta=3,7$	16	P=2,25 MW R=470 km

Lp.	Typ radaru	$f_n$ [GHz]	$f_{pi}$ [Hz]	$t_i$ [ $\mu$ s]	Szerokość wiązki $\alpha, \beta$ [stopnie]	$V_o$ obr. ant. [obr/min]	Producent Uwagi Przeznaczenie
	celów pow.						WB
13.	AN/APS-70 wykrywanie celów nawodn.	0,400±0,450	300	6	-----	6	USA
14.	AN/APS-87 wykrywanie celów nawodn.	2,820±2,920	----	3	-----	-----	USA

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

- do kierowania lądowaniem samolotów,
- do pomiaru wysokości celów powietrznych,
- do kierowania ogniem artylerii przeciwlotniczej,
- do kierowania ogniem artylerii polowej,
- do wykrywania celów naziemnych (nadzór pola walki),
- do wykrywania ruchomych celów naziemnych (zwiadu naziemnego),
- do przechwytywania celów i kierowania uzbrojeniem,
- do mierzenia odległości,
- do kierowania uzbrojeniem bombowców,
- do określania rzeczywistej prędkości samolotu,
- do nawigacji i bombardowania,
- wybrane typy stacji zakłóceń elektronicznych.

Niektóre cechy sygnałów radiolokacyjnych charakteryzujące pracę tej grupy radarów są następujące:

- W radiolokatorze AN/TPN-25 służącym do kierowania lądowaniem samolotów do przeszukiwania wykorzystuje się pracę w układzie poczwórnej *diversity* częstotliwości. Realizowane jest to dzięki temu, że każdy impuls o czasie trwania 1  $\mu$ s, dzielony jest na dwa podimpulsy o czasie trwania 0,5  $\mu$ s, różniące się między sobą o 37 MHz częstotliwości nośnej, przy czym przy zmianie obszaru przeszukiwania stosowane są różne pary częstotliwości nośnych spośród czterech częstotliwości roboczych. Podczas śledzenia impulsy są modulowane liniowo w zakresie 120 MHz;

- Radary przeznaczone do kontroli ruchu na drogach kołowania samolotów (ASMI-MkV i ASDE) wyróżniają się bardzo dużą częstotliwością nośną i częstotliwością powtarzania impulsów oraz bardzo małym czasem trwania impulsu;

- W radarze UAR-1021 zmiana częstotliwości nadajnika może być programowana przy pomocy komputera i odbywać się automatycznie. Nadajnik radaru składa się ze wzmacniacza mocy oraz generatora sterującego jedną z pięciu częstotli-

wości nośnych zmienianych skokowo w przypadku pojawienia się zakłóceń czynnych, przy czym czas przeskoku z jednej częstotliwości na drugą jest krótszy od 10 ms, gdy radar pracuje metodą impulsowo-koherentną. Jeśli radar pracuje tylko metodą impulsową, to częstotliwość nośna może się zmieniać od impulsu do impulsu w sposób przypadkowy w paśmie 900 MHz;

- Niektóre typy radarów mogą zmieniać swą częstotliwość nośną. Zakres zmian  $f_n$  może zawierać się od kilkunastu MHz do 1,5 GHz i więcej, a przy skokowej zmianie częstotliwości liczba dyskretnych wartości częstotliwości wynosi od 2 do 160. Zastosowanie w radarach wewnątrzimpulsowej modulacji częstotliwości umożliwia dokonanie w odbiorniku kompresji impulsu w czasie, co w efekcie daje większą moc sygnału odebranego oraz dużą rozróżnialność w odległości;

- Radary do wykrywania celów naziemnych charakteryzuje zakres częstotliwości nośnej nadajnika od 8900 MHz do 9405 MHz. Czas trwania impulsu nie przekracza 0,5  $\mu$ s, natomiast częstotliwość powtarzania wynosi od 1600 do 1850 Hz;

- Radary przeznaczone do kierowania uzbrojeniem bombowców charakteryzują się bardzo dużą częstotliwością powtarzania impulsów rzędu paru tysięcy impulsów na sekundę. Radary przeznaczone do nawigacji i bombardowania pracują na ogół w zakresie pasma I. Są jednak radary, np. H28/Mk 6, które pracują w wyższych częstotliwościach nośnych. Mają możliwość skokowej zmiany czasu trwania impulsu.

Przykłady danych tej grupy radiolokatorów przedstawia tabela 8.

Tabela 8

**Zestawienie typów radarów o częstotliwości nośnej  $f_n > 3\text{GHz}$**

Lp.	Typ Radaru	Częstotliwość nośna [GHz]	Częstotliwość powtarzania [Hz]	Czas trwania impulsu [ $\mu$ s]	Szerokość Wiązki $\alpha, \beta$ [stopnie]	Szybkość obr. ant. [obr./min]	Producent Uwagi Przeznaczenie
1.	AN/TPN-25 do kierowania lądowaniem samolotów	9,00÷9,200	3000	1	$\alpha=0,75$ $\beta=1,4$	----	P=325 kW R=28,3 km H=14 km WB
2.	ASMI-MKV do kierowania Lądow. sam.	34,5÷35,5	15000	0,03÷0,04	$\beta=0,4$	750	P=35 kW R=4,5 km WB
3.	ASDE do kierowania lądow. sam.	24,00	14400	0,02	$\alpha=1$ $\beta=0,25$	60	P=40 kW USA
4.	S-613	5,300÷5,340	290	5	$\alpha=0,9$	18,5	P=1 MW

Lp.	Typ Radaru	Częstotliwość nośna [GHz]	Częstotliwość powtarzania [Hz]	Czas trwania impulsu [ $\mu$ s]	Szerokość Wiązki $\alpha, \beta$ [stopnie]	Szybkość obr. ant. [obr/min]	Producent Uwagi Przeznaczenie
	pomiar wys. celów pow.	5,480÷5,520			$\beta=3$		R=230 km WB
5.	<b>AN/TPS-10D</b> pomiar wys. celów pow.	9,230÷9,404	539	0,5;2	$\alpha=2$	9	P=250 kW R=200 km USA
6.	<b>PS-70/R</b> kierowanie Ogniem artylerii plot.	6,00	----	3 lub 6	$\alpha=10$ $\beta=2$	60	SZWECJA
7.	<b>ELDORADO</b> kierowanie Ogn art.plot	10,00	2000	3	-----	----	FRANCJA
8.	<b>AN/MPQ-53</b> kierowanie ogniem artylerii plot.	4,00÷6,00	----	----	----	----	USA
9.	<b>UAR-1021</b> kierowanie ogniem artylerii plot.	8,600÷9,500	4,8÷8	0,5; 1,5	$\alpha=35$ $\beta=1,7$	60	SZWECJA
10.	<b>AN/MPQ-4A</b> Kierowanie ogniem artyl. polowej	15,840÷16,160	8600	0,25	$\alpha=0,8$ $\beta=1$	----	P=60 kW R=10 km USA
11.	<b>AN/TPQ-36/37</b> kierowanie ogniem artyl. polowej	16,00	1000	0,25	----	-----	USA
12.	<b>AN/TPS-33</b> obserwacja pola walki	9,375	1600	0,4	$\alpha=5,5$ $\beta=10$	----	P=4 kW USA
13.	<b>AN/PPS-5</b> Wykrywanie ruchom. celów naziemnych	16,00÷16,500	4000	0,25	$\alpha=3,5$ $\beta=1,15$	-----	P=1 kW USA
14.	<b>AN/PPS-9</b> wykrywanie ruch. celów naziemnych	9,300÷9,400	Fala	ciągła	$\alpha=6$ $\beta=6$	-----	USA

Lp.	Typ Radaru	Częstotliwość nośna [GHz]	Częstotliwość powtarzania [Hz]	Czas trwania impulsu [ $\mu$ s]	Szerokość Wiązki $\alpha, \beta$ [stopnie]	Szybkość obr. ant. [obr/min]	Producent Uwagi Przeznaczenie
15.	<b>AN/APQ-113</b> <b>AN/APQ-114</b> do nawigacji	16,00÷16,500	2022; 674 337	0,4;1,2 2,4	-----	-----	P=1 MW USA
16.	<b>WX-50</b> do nawigacji	35,00	2000	0,2	-----	-----	P=100 kW USA
17.	<b>AN/APS-42</b> do nawigacji	9,320÷9,430	800; 300 200	0,75;2,25 3,5	-----	-----	USA
18.	<b>ARJ 5820</b> do mierzenia odległości	9,372	650; 1000	0,45	-----	-----	WB
19.	<b>AN/APG-32</b> kierow. uzbr. bombowców	9,200÷9,290	2000	0,5	-----	-----	USA
Typ stacji zakłóceń		Zakres częst. pracy [MHz]		Rodzaj zakłóceń		Szerokość wiązki $\alpha, \beta$ [stopnie]	
20.	<b>AN/ALQ-119</b> stacja zakłóceń.	2000÷4000; 4000÷8000 8000÷10000		Szumowe, impulsowe odzewowe		35; 60	
21.	<b>AN/ALQ-87</b> stacja zakłóceń.	2000÷8000		Szumowe, impulsowe odzewowe		250; 360 lub 60	
22.	<b>AN/ALQ-131</b> stacja zakłóceń.	2500÷18000		szumowe, impulsowe odzewowe		-----	
23.	<b>AN/ALQ-135</b> stacja zakłóceń.	1000÷4000; 4000÷9000 9000÷18000		szumowe, impulsowe odzewowe		-----	
24.	<b>AN/ALQ-165</b> Stacja zakłóceń	700÷18000		szumowe, impulsowe odzewowe		-----	

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

Analizując czas trwania impulsu  $t_i$ , który ma wpływ na rozróżnialność w odległości i minimalny zasięg radiolokatora, należy stwierdzić, iż radiolokatory z *krótkim czasem trwania impulsu* ( $t_i < 1 \mu s$ ) mają następujące właściwości:

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

Natomiast radiolokatory z *długimi czasami trwania impulsu* mają cechy przeciwne. Jednakże szeroki impuls z wewnątrzimpulsową modulacją może być poddany kompresji, żeby mieć zalety zarówno szerokich jak i wąskich impulsów. Taki rodzaj impulsów często wskazuje na pracę trójwspółrzędnych radiolokatorów lub obserwacji bocznej. W obecnie stosowanych radiolokatorach impulsowych szerokość impulsu wynosi  $0,1 \div 2 \mu s$  dla radarów przeznaczonych do kierowania ogniem,  $1 \div 15 \mu s$  dla radarów wczesnego ostrzegania i obserwacji obiektów powietrznych. Natomiast dla radarów z kompresją impulsów, szerokość impulsu może wynosić:  $20 \div 30 \mu s$  dla radarów taktycznych i  $1 \div 16 ms$  dla radarów przeznaczonych do wykrywania pocisków balistycznych dalekiego zasięgu. W tabeli 20 zestawiono czasy trwania impulsów w postaci prostych i złożonych ciągów wykorzystywanych w różnych typach radiolokatorów.

Jak wynika z tabeli sam pomiar  $t_i$  jako cecha rozpoznawcza nie odzwierciedla konkretnego typu SRL lub nawet grupy, tym bardziej, że większość radarów posiada złożoną strukturę sygnałową. Nie jest to cecha wiarygodna i jako taka nie powinna być używana do klasyfikacji SRL.

Czas trwania impulsu  $t_i$  dla wybranych typów radarów

Typ	Przeznaczenie radaru	$t_i$	
		Proste	[ $\mu$ s] Złożone
Lądowe	Wykrywanie obiektów	2,5÷18	Tak
	Dowodzenie lotnictwem taktycznym	1÷3	Tak
	Rozpoznanie pola walki	<1	Tak
	Śledzenie obiektów i kierowanie uzbrojeniem	0,2÷2	Tak
	Kierowanie ogniem	3÷12	Tak
Lotnicze	Nawigacja pokładowa	0,4÷3,5	Nie
	Kontrola ruchu lotniczego	2÷6	Nie
	Wysokościomierze	0,5÷5,5	Tak
	Naprowadzanie na cel	0,25÷1	Tak
Okrętowe	Nawigacja	0,1÷1,5	Nie
	Wykrywanie obiektów powietrznych i nawodnych	1÷4	Tak
	Kierowanie uzbrojeniem	0,2÷1,5	Tak
	Wykrywanie obiektów w systemach obrony wybrzeża	0,5÷2,5	Tak

**C) Okres powtarzania impulsów  $T_p$ .** Zajmuje szczególne miejsce w rozpoznawaniu radiolokacyjnym. Badania wykazały, że  $T_p$  charakteryzują się:

- dużą informatywnością (jej wielkość uwarunkowana jest stabilnością wartości parametru w funkcji czasu, rozdzielnością i zakresem zmian wartości);
- dużą przydatnością do cyfrowych pomiarów dużych jego serii;
- dużą różnorodnością reguł zmian wartości tego parametru, co powoduje konieczność pomiaru i analizy dużych jego serii (ciągów  $T_p$ );
- silną korelacją pomiędzy charakterystykami użytkowymi SRL (ich podzespołów), a budową i właściwościami generowanych przez nie ciągów  $T_p$ . Od charakteru zmian i wartości tych parametrów zależą charakterystyki techniczne poszczególnych SRL. Parametry te pozwalają na oszacowanie maksymalnego zasięgu stacji oraz jej przeznaczenia, przynależności i charakteru działania obiektu.

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

$$R_{\max} = \frac{cT_p}{2} \quad [30]$$

$$V_{\max} = \frac{c}{2T_{p\min} f_n} \quad [31]$$

gdzie:

- $R_{\max}$  – maksymalny jednoznaczny zasięg [km];
- $C$  – prędkość rozchodzenia się fal EM [km/s]
- $T_{p\min}$  – minimalny okres powtarzania impulsów [s]
- $V_{\max}$  – maksymalna jednoznaczna prędkość opromieniowania obiektu [km/s];
- $f_n$  – częstotliwość nośna radiolokatora [Hz]

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

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

W wielu rodzajach radiolokatorów jako wzorzec czasu stosuje się stabilizowany generator kwarcowy, który zapewnia odpowiednią dokładność znaczników odległości na ekranie wskaźnika oraz synchronizuje pracę generatora sygnałów sondujących. Wartość  $T_p$  jest zatem wielokrotnością tego wzorca, którego okres dla radarów morskich odpowiada podstawowym znacznikom odległości, tj. 0,25 mili morskiej, co jest równoważne  $3,08977 \mu\text{s}$  (częstotliwość kwarcu na poziomie morza – 323649 Hz), a dla radiolokatorów lądowych – znacznikom 500-metrowym (odpowiednio  $3,33668 \mu\text{s}$  i 299699 Hz) lub znacznikom 500-jardowym ( $3,05109 \mu\text{s}$  i 327752 Hz). Znajomość wartości  $T_p$  oraz wykorzystanie powyższej właściwości pozwala podzielić zbiór radiolokatorów na podzbiór radiolokatorów morskich i podzbiór radiolokatorów lądowych.

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

Wyróżnia się następujące rodzaje ciągów  $T_p$ :

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

4) fluktuujący duże zmiany wartości parametru dochodzące do 30% wartości średniej, przy czym mogą to być:

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

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

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

**D) Okres powtarzania serii impulsów  $T_s$ .** Jest parametrem charakteryzującym SRL, na podstawie którego możliwe jest prowadzenie identyfikacji SRL. Na podstawie powtarzania serii impulsów i czasu jej trwania można określić szerokość charakterystyki promieniowania oraz typ i przeznaczenie SRL (tabela 10).

Tabela 10

**Czas trwania serii impulsów  $T_s$  dla wybranych typów radarów**

Typ	Przeznaczenie radaru o sygnałach prostych	$T_s$ [ms]
Lądowe	Wykrywanie obiektów powietrznych	0,1÷5
	Dowodzenie lotnictwem taktycznym	4÷10
	Rozpoznanie pola walki	<3
	Śledzenie obiektów i kierowanie uzbrojeniem	0,2÷-2
	Śledzenie obiektów i kierowanie uzbrojeniem	0,5÷3
Lotnicze	Nawigacja pokładowa	0,2÷5
	Kontrola ruchu lotniczego	2÷4
	Wysokościomierze	2÷5
	Naprowadzanie na cel	0,1÷5
Okrętowe	Nawigacja	2,5÷-4,5
	Wykrywanie obiektów powietrznych i nawodnych	2,5÷-4,5
	Kierowanie uzbrojeniem	0,5÷-3
	Wykrywanie obiektów w systemach obrony wybrzeża	0,2÷5

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

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

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

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

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

Szerokość odbieranej wiązki antenowej może być w większości przypadków obliczona na podstawie pomiaru przedziałów czasu między kolejnymi seriami impulsów i rzeczywistego czasu odbioru sygnału, kiedy on przechodzi przez antenę. Niektóre charakterystyki sygnałowe niezbędne do obliczenia szerokości wiązki przedstawia tabela 12. Zawiera ona także dane o szerokości wiązki uzyskane od producentów.

## Charakterystyki sygnałowe wybranych radiolokatorów

Lp.	Typ radaru	$f_n$ [MHz]	$t_i$ [ $\mu$ s]	$F_p$ [Hz]	$\Theta_a$ [ $^\circ$ ]	$V_n$ [s]	Producent	Moc Zasięg
1.	AN/CPS-6	3000	1	960	1-2	10	USA	P=1MW R=150 km
2.	VPA-2-MR	3000	0,5	520	2	15	Francja	P=0,8MW R=180 km
3.	TRS 2050	1250- 1350	4 lub 3	250 lub 375	1,2	10	Francja	P=2,2MW R=375 km
4.	AN/TPS-34	1250- 1350	6,1	295	2,2	10	USA	P=4MW R=440 km
5.	AN/TPS-43	2900- 3100	6,5	260	1,1	10	USA	P=2,2MW R=375 km
6.	AR-3D	2900- 3100	30	250	1	10	Wielka Brytania	P=1,1MW R=330 km
7.	AN/TPS-59	1215- 1400	252	195	1	10 (5)	USA	P=1MW R=150 km

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

- dookólne – używane w radarach obserwacji;
- sektorowe – jedno- i dwukierunkowe, używane do: ograniczonej obserwacji kątowej, ostrzegania obiektu, śledzenia terenu, lokalizacji strzelających moździerzy, sterowania podejściem do lądowania samolotów, określania wysokości;
- stożkowe – używane do: śledzenia obiektów wolno lecących, śledzenia balonów meteorologicznych, kierowania pociskami (zanikające), sterowania ogniem. Mogą być wytwarzane przez obrót jedynie elementu opromieniującego anteny wewnątrz reflektora. W tym drugim przypadku płaszczyzna polaryzacji będzie się zmieniała z poziomej na pionową i odwrotnie;
- sekwencyjne – używane do śledzenia radarów i kierowania pociskami. Jest to najstarszy rodzaj automatycznego śledzenia, obecnie zastępowany przez metodę monoimpulsową, (wykorzystywał dwa ruchome elementy zawarte wewnątrz tego samego reflektora. Wiązka była przełączana z jednego elementu ruchomego do drugiego z dużą szybkością, (zwykle 30 razy na sekundę lub więcej);
- monoimpulsowe – używane w radarach śledzących lub kierowania pociskami (aktywnie lub półaktywnie). Jest używane przez większość nowoczesnych systemów śledzenia. Śledzenie jest funkcją odbiornika, które odbywa się za pomocą ciągu impulsów o stałej amplitudzie lub nawet falą ciągłą;

- spiralne – używane dla poszukiwania i śledzenia jako alternatywne dla innych sposobów. Może mieć stałą prędkość kątową lub stałą prędkość liniową. Pierwsze zużywa więcej czasu w pobliżu środka przestrzeni skanowania, gdzie jest bardziej prawdopodobna lokalizacja celu, natomiast drugie ma jednakowy czas przebywania wiązki we wszystkich częściach przeszukiwanego obszaru;

- rastrowe lub rastrowo-spiralne – używane przeważnie na samolotach do przechwyty podczas obserwacji i/lub do śledzenia obiektów oraz w radarze sterującym pociskiem w fazie śledzenia celu. Może być pionowe lub poziome, jednokierunkowe i dwukierunkowe;

- śrubowe – używane do obserwacji krótkiego zasięgu w radarach pokładowych, polegające na szybkiej azymutalnej rotacji z wolniejszym ruchem wiązki w pionie, który może być piłokształtny, trójkątny lub sinusoidalny;

- Palmera – obecnie zanikająca. Obejmuje szybkie przeszukiwanie stożkowe z wolniejszym przeszukiwaniem poziomym dookólnym. Zapewnia 360° azymut obserwacji w ograniczonym kącie elewacji;

- elektroniczne – używane do równoczesnego śledzenia kilku obiektów lub śledzenia podczas skanowania. Może spełniać wszystkie funkcje radarów opisanych powyżej oraz być wykorzystywane do przeciwdziałania. Umożliwia uzyskanie szybkiego i nieregularnego ruchu wiązki.

Tabela 13 przedstawia wybrane typy radiolokatorów z różnymi rodzajami skanowania wiązką przestrzeni.

Tabela 13

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

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

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

- wykrywanie celów powietrznych od 6 do 12 obrotów na minutę;
- kontroli ruchu lotniczego 5 i 7,5 obr./min.;
- wysokościomierzy radiolokacyjnych 7,5; 9; 16 oraz 18,5 obr./min.;
- kierowania ogniem 20; 30 i 60 obr./min.;
- obserwacji pola walki z reguły stosowany jest sektor obserwacji, ale można spotkać SRL obracające się z prędkością kilkunastu razy na minutę.

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

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

### 3. PODODDZIAŁ WALKI ELEKTRONICZNEJ ZWIĄZKU OPERACYJNEGO

#### 3.1. Zadania batalionu walki elektronicznej związku operacyjnego

Zadania batalionu walki radioelektronicznej wynikają z koncepcji prowadzenia WE przez związek operacyjny. Batalion WE (bWRe)<sup>21</sup> będąc podporządkowany organizacyjnie dowódcy ZO w działaniach operacyjnych realizował będzie różne zadania. Także ich priorytety w poszczególnych etapach będą inne. Zadania te są wcześniej formułowane w sztabie korpusu, w komórce G2 i konsekwentnie realizowane przez siły batalionu WE.

Zakres zadaniowy dla sił batalionu jest zróżnicowany. Zależy on od rodzaju działań, czasu realizacji, miejsca i etapu prowadzonej operacji. W zależności od przyjętej koncepcji wysiłki WE będzie skupiany na różnych obiektach i źródłach w istotnym czasie prowadzenia operacji. W każdej fazie prowadzonej operacji zadania bWRe podporządkowane są przyjętej koncepcji i z niej wynikają zadania szczegółowe dla sił batalionu. Niemniej jednak w każdej fazie działań operacyjnych bWRe może realizować następujące zadania:

- rozpoznawanie systemów (S/R i K/R) i środków elektronicznych nowo uruchamianych;
- koncentracja wysiłku poszukiwania i namierzania elektronicznego na kierunku lub obszarach NAI albo punkcie ciężkości natarcia przeciwnika;
- koncentracja prowadzonego rozpoznania w stosunku do wybranego szczebla dowodzenia (system dowodzenia), jednostki bojowej lub systemu kierowania środkami rażenia;
- rozpoznanie odwodów przeciwnika (jego obiektów i źródeł) – szczególnie czasu wprowadzenia do walki;
- śledzenie zmian w systemach elektronicznych głównego zgrupowania uderzeniowego;
- zakłócanie relacji łączności radiowej obiektów dowodzenia i kierowania wojskami przeciwnika zgodnie z przyjętym planem zakłóceń elektronicznych na wybranych kierunkach, obszarach oddziaływania elektronicznego (TAI) i punkcie ciężkości natarcia przeciwnika;
- zakłócanie elektroniczne naziemnych, powietrznych i morskich środków dalekiego rozpoznania, środków elektronicznych systemów ogniowych wykonujących uderzenia na wojska, systemów operacyjnego dowodzenia, współdziałania i powiadamiania;

---

<sup>21</sup> W wojskach używana jest nazwa „batalion walki radioelektronicznej (bWRe)”, który występuje w dokumentach normatywnych, dlatego też, tym skrótem autor będzie się posługiwał w całym opracowaniu.

- zakłócanie relacji łączności radiowych oddziałów i pododdziałów głównego zgrupowania uderzeniowego przeciwnika w punkcie ciężkości działań;
- zakłócanie systemu łączności naprowadzania lotnictwa taktycznego;
- zakłócanie łączności radiowej sił desantów, oddziałów wydzielonych, grup rajdowych oraz sił specjalnych działających w głębi obszaru obrony korpusu;
- prowadzenie zakłócania elektronicznego na korzyść sił wykonujących kontrataki i przeciwuderzenia lub zmasowane uderzenia ogniowe;
- zakłócanie elektroniczne sił dokonujących okrążeń i wspieranie zgrupowań wojsk wychodzących z okrążeń;
- wspieranie sił dokonujących manewru odejścia i wycofania na kolejne pozycje;
- zakłócaniu elektronicznym systemu dowodzenia wojskami wycofujących się na kolejne rubieże, ich systemów rozpoznania, współdziałania i zabezpieczenia materiałowo-technicznego;
- stosowanie dezinformacji i pozoracji elektronicznej, realizowanie zadań z zakresu pasywnego (biernego) zakłócania elektronicznego w rejonach rozwinięcia wojsk;
- prowadzić dywersję radiową w podatnych na taką działalność systemach i środkach elektronicznych zgodnie z planem prowadzenia operacji i planem dywersji;
- współuczestniczyć w wykonywaniu zadań pozorowania i maskowania za pomocą pasywnych środków WE według opracowanego planu maskowania wojsk i planu WE;
- realizowanie zadań obrony elektronicznej, szczególnie zabezpieczenie systemu łączności, systemów radiolokacyjnych OPL, wojsk raketowych i artylerii, systemów sterowania uzbrojeniem.

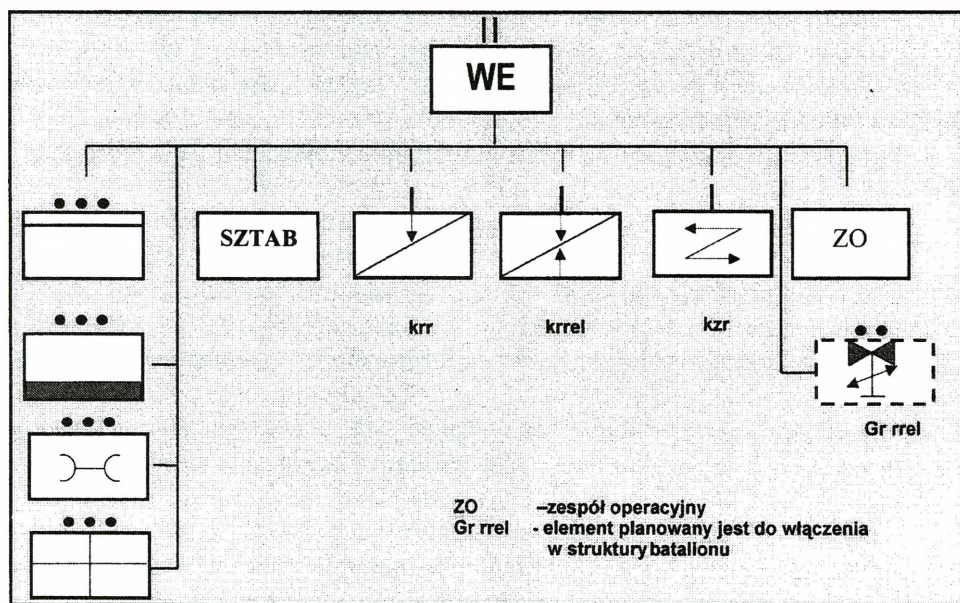
Zadania bWRe są częściowo realizowane we współpracy z innymi systemami rozwiniętymi i pracujące w obszarze rozwinięcia korpusu. Mogą to być systemy rozpoznawcze wojsk obrony powietrznej, marynarki wojennej, związków taktycznych, OT rozwinięte wzdłuż granicy państwowej lub będące w styczności z przeciwnikiem. Wojska prowadzące działania w styczności z przeciwnikiem mogą w ramach prowadzonej operacji razić cele, których wyeliminowanie jest korzystne zarówno dla osiągnięcia celów operacji jak i dla prowadzonej WE.

W przypadku udziału ZO w działaniach opóźniających wysiłek batalionu WE koncentruje się na zadaniach zmierzających do prowadzenia przeciwdziałania elektronicznego w sieciach radiowych dowodzenia i współdziałania przeciwnika. Mają one na celu zapewnienie odpowiednio dużo czasu na utworzenie głównej linii obrony korpusu. W trakcie ich realizacji powinny być szeroko stosowane przedsięwzięcia pozorowania radiowego i operacyjnego.

We wszystkich rodzajach działań operacyjnych (obronne, zaczepne, opóźniające) wysiłek WE jest skupiony na obniżeniu efektywności działania systemów

i środków elektronicznych dowodzenia, kierowania środkami walki i rozpoznania elektronicznego oraz zapewnieniu stabilnej pracy własnych systemów elektronicznych.

Do realizacji tych zadań batalion walki elektronicznej może przyjąć następującą strukturę organizacyjną:



*Rys. 10. Struktura organizacyjna batalionu walki radioelektronicznej związku operacyjnego (wariant)*

### 3.2. Wskaźniki możliwości bojowo-rozpoznawczych batalionu walki elektronicznej związku operacyjnego

Możliwości bojowo-rozpoznawcze scharakteryzuje się szeregiem wskaźników przestrzennych, probabilistycznych, czasowych, skuteczności, możliwości manewrowych i innych możliwych do przedstawienia. Klasyfikacja wskaźników możliwości bojowych systematyzuje problem wykorzystania bWRe do określonych zadań bojowych podczas oceny sytuacji i faktycznej oceny wykonania zadań bojowych.

Ogólny podział wskaźników dokonany został w rozdziale 1 i utrzymując konwencję opracowania zostanie dokonana charakterystyka poszczególnych grup wskaźników wyróżniających możliwości bWRe od możliwości krel<sup>22</sup>.

### 3.2.1. Wskaźniki przestrzenne

#### **Parametry obszaru odpowiedzialności rozpoznawczej ZO**

Obszar odpowiedzialności rozpoznawczej ZO charakteryzuje się odpowiednią głębokością, szerokością i przestrzenią.

Analizując pracę podsystemów WE w batalionie i mając na uwadze, iż batalion składa się z pododdziałów prowadzących rozpoznanie w pasmach HF i VHF, za punkt wyjścia przyjęto ograniczenia techniczne sprzętu oraz zasięg horyzontu radiowego dla pododdziału rozpoznającego źródła w paśmie VHF. Ponieważ parametry obszaru dla kompanii radioelektronicznej zostały już scharakteryzowane w rozdziale 2.2. charakterystyce poddany zostanie obszar rozpoznania wykorzystywany przez pododdziały rozpoznania fal radiowych HF. Dla tego zakresu można wyróżnić dwa rodzaje fal, powierzchniową i przestrzenną. Zgodnie z warunkami rozprzestrzeniania się fal zasięg łączności, a więc i rozpoznania na fali poziomej waha się w granicach od 80 nawet do 150 km, a dla fali przestrzennej (odbitej od jonosfery) jest praktycznie nieograniczony i zależy od mocy nadajnika i czułości odbiornika. Dlatego, często przyjmuje się granicę 1000 km jako najbardziej informatywną w prowadzonym rozpoznaniu i namierzaniu.

Przy takim założeniu zarówno rozpoznanie radiowe jak i namierzanie radiowe będzie miało podobne parametry obszaru prowadzonego rozpoznania i namierzania oraz zakłócania.

Pozostałe czynniki wymienione w podrozdziale 2.2 odnoszą się także do parametrów obszaru na szczeblu operacyjnym i mają również istotne znaczenie wpływając na parametry obszaru.

Przystępując do właściwego określania parametrów obszaru rozpoznawczego należy dokładnie zapoznać się z wymienionymi wcześniej czynnikami i przedstawić obszar odpowiedzialności rozpoznawczej nie tylko jako powierzchnię, ale także jako przestrzeń, a następnie w jednej i drugiej umiejscowić rozpoznawane i zakłócanie w spektrum elektromagnetyczne.

#### **Głębokość rozpoznania radiowego bWRe**

Głębokość rozpoznania elektronicznego zależy od przyjętego ugrupowania elementów bWRe, ale głębokość rozpoznania radiowego HF już niekoniecznie. Jest ona uwarunkowana właściwościami propagacji fal elektromagnetycznych i sposobu prowadzonego namierzania (rodzaju wykorzystywanych anten do namie-

---

<sup>22</sup> Kompania rozpoznania radioelektronicznego będąca w strukturze organizacyjnej bWRe posiada podobny sprzęt do krel ZT, dlatego też charakteryzuje się tymi samymi możliwościami bojowo-rozpoznawczymi. W dalszej części opracowania uwaga skupiona będzie na pozostałych pododdziałach, których możliwości bojowo-rozpoznawcze są zasadniczo różne od krel ZT.

rzania) i zadania (rodzajów obiektów i źródeł podlegających rozpoznaniu). Przy prowadzeniu rozpoznania na falach powierzchniowych istotne jest ugrupowanie elementów rozpoznania radiowego bliżej linii styczności bojowej wojsk, ze względu na zasięg rozpoznania i namierzania sięgający ok. 80–150 km. Natomiast dla fal przestrzennych odległość powinna być jak największa od linii styczności bojowej wojsk ze względu na strefę ciszy radiowej sięgająca od 100–180 km.

Pojęcia „głębokość rozpoznania elektronicznego”, „głębokość rozpoznania elektronicznego”, „głębokość lokalizacji źródeł elektronicznych” należy interpretować tak samo jak w przypadku krel. Natomiast dla rozpoznania radiowego i zakłócania radiowego należy posługiwać się rodzajami fal na których możliwe jest rozpoznanie i zakłócanie.

W zakresie fal HF zasięg przechwyty uzależniony jest tylko mocą sygnału nadawanego i czułością odbiornika. W tym podzakresie praktycznie przeszkody terenowe i krzywizna ziemi nie mają dużego wpływu na przechwytywanie z uwagi na odbicia fal od jonosfery. W zakresie fal powyżej VHF czynnikiem decydującym o osiągnięciu głębokości rozpoznania elektronicznych jest horyzont radiowy, który oblicza się ze wzoru [1] i wymienionego w tabeli 1<sup>23</sup>. (patrz możliwości krel 2.2).

Zwiększenie zasięgu horyzontu radiowego można uzyskać nie tylko poprzez wyniesienie anten odbiorczych, ale także poprzez wyniesienie anten urządzeń nadawczych. Niemniej jednak, dokonując analizy terenu, można w obszarze odpowiedzialności rozpoznawczej ZO wybrać te przeszkody terenowe (wzniesienia), na których najprawdopodobniej przeciwnik ugrupuje źródła energii EM i w stosunku do nich określać głębokość rozpoznania. Te trudności niweluje podsystem wykrywania i namierzania radioelektronicznego ze śmigłowców. Zasięg (głębokość będzie wówczas warunkowana wysokością lotu śmigłowca. Pamiętać jednak należy, iż zbyt bliskie wyznaczenie stref dyżurowania od linii styczności bojowej wojsk może spowodować jego zniszczenie.

Dla namierzania HF podstawą jest baza namierzania i jej strefa (patrz rys. 4).

### **Dostępność energetyczna i fizyczna systemu WE w obszarze odpowiedzialności rozpoznawczej ZO**

Dostępność energetyczna ściśle związana jest z czułością urządzeń odbiorczych. Dla systemów rozpoznawczych, a ściślej dla jego odbiorników poziom szumów na wejściu odbiornika musi być mniejszy niż poziom sygnału odebranego. W innym przypadku sygnał nie zostanie odebrany. Przeciwnik wykorzystuje urządzenia pracujące poniżej szumu własnego odbiornika, ale wówczas należy zastosować odpowiednie filtry niwelujące do minimum szumy. Inną zależnością dostępności energetycznej jest praca urządzeń przeciwnika z minimalną mocą nadawania,

---

<sup>23</sup> Założono, że przy mocach wyjściowych współcześnie stosowanych nadajników oraz czułościach odbiorników, bilans energetyczny w punkcie odbioru, wyznaczony horyzontem radiowym, jest warunkiem wystarczającym do przechwytywania sygnału.

przy której wartość energii EM jaka odbiera odbiornik nie pozwala na identyfikację nadawanego sygnału pochodzącego od źródła (obiektu) przeciwnika.

Dostępność fizyczna dla systemu WE batalionu związana zasięgiem prowadzonego rozpoznania i zakłócania. W całym obszarze odpowiedzialności rozpoznawczej tylko dla zakresu HF nie będzie ograniczeń zarówno w zakresie rozpoznania jak i zakłócania. Mogą wystąpić trudności w dostępności energetycznej, z uwagi na przeszkody terenowe lub specyficzne rodzaje modulacji, ale będzie to tylko kwestia odpowiedniego sprzętu. Inaczej przedstawia się w rozpoznawanym zakresie VHF z powierzchni ziemi. Zasięg horyzontu radiowego znaczenie ogranicza możliwości rozpoznawcze poza jego zasięgiem (patrz możliwości VHF krel). Mimo, iż dostępność energetyczna gwarantowałaby rozpoznanie tych źródeł to niestety brak bezpośredniej widzialności anten uniemożliwia prowadzenie rozpoznania. Dlatego alternatywa jest podsystem rozpoznania powietrznego gwarantujący zasięg rozpoznania na całą głębokość obszaru odpowiedzialności rozpoznawczej ZO.

### 3.2.2. Wskaźniki probabilistyczne

#### **Oczekiwana liczba wykrytych i umiejscowionych źródeł radiowych**

W grupie wskaźników probabilistycznych za wskaźnik możliwości bojowych batalionu WRe przyjmuje się oczekiwaną liczbę wykrytych i umiejscowionych źródeł elektronicznych i radiowych, podobnie jak to ma miejsce w przypadku określania wskaźników możliwości krel. Traktując tę liczbę jako wskaźnik zagrożenia ze strony przeciwnika należy uwzględnić wszystkie czynniki wpływające na tę liczbę. Do czynników tych zaliczamy te same, które występują w krel z uwagi, iż na szczeblu oddziały występują takie same aparatownie radioodbiorcze oraz dodatkowo ARO KZ o innych zakresie odbieranych częstotliwości.

Na potrzeby ogólnego określania potencjalnych możliwości bojowo-rozpoznawczych batalionowego systemu rozpoznania radiowego, liczbę przechwyconych i umiejscowionych źródeł radiowych określa się wartością zlokalizowanych urządzeń obliczoną według wzorów [8] i [14].

Możliwości nasłuchu radiowego HF przez stanowisko odbiorcze na RCR HF oblicza się w podobny sposób jak dla RCR VHF w krel ZT. Normy mogą być zwiększone 1–2 razy dla stanowisk z odbiornikami programowanymi automatycznie<sup>24</sup>.

W zakresie namierzania radiowego HF ustalono, że jeden system namierzania (minimum dwa namierniki) bez automatyzacji procesów namierzania może zlokalizować w ciągu godziny 15–30 źródeł rozpoznania, a podsystem zautomatyzowany 100–120 takich źródeł. Podobne możliwości posiada podsystem namierzania VHF.

---

<sup>24</sup> Normy powyższe ustalone są na drodze doświadczeń w jednostkach rozpoznania radioelektronicznego SZ RP.

**Możliwości bojowo-rozpoznawcze bWRe w zakresie rozpoznania i zakłócania w paśmie HF**

Element ugrupo.	Skład	zakres często. i (MHz)	zasięg wykr. (km)	Możliwości w zakresie WE				
				rozpoznanie (śr. w ciągu 1 godziny)				Jedno. zakł.
				Wykry.	Przech.	Śledze.	Nam.	
RCR	6 x ARO	HF 1,5–30; 1,5–1000	100 ok. 30–100	288 72	24 6	24–48 <sup>25</sup> 6–12		
Sterowanie	ARO Ster.	1,5–30	100	12	1	1–2		
Posterunek zakłóceń	3 x szt.	1,5–30	100	36 <sup>26</sup>	3	3–6		1–2
kzr	12 x szt	1,5–30	100	144	12	12–24		12–24
SNR HF	4 x nam. HF	1, 5, 30	100 1000				15–30 30–60 <sup>27</sup>	

Powyższe dane służą przede wszystkim jako wskaźniki do szkolenia obsługi sprzętu w czasie pokoju. Wydają się być wystarczające do wstępnej charakterystyki potencjalnych możliwości systemu rozpoznania i namierzania radiowego w zakresie prawdopodobnej liczby wykrytych, namierzonych i zakłóconych źródeł radiowych. Natomiast określenie realnych możliwości systemu WE w tym zakresie możliwe jest tylko w sytuacji rzeczywistego pola walki. Okres wojny będzie weryfikatorem właściwego wyszkolenia załóg i określanych wskaźników.

Oczekiwana liczba zakłócanych obiektów (źródeł EM) ujęta w tabeli 14 jest teoretyczna. W praktyce częstotliwości do zakłócania może być znacznie więcej i czas ich zakłócania też się zmienia. Czasy zakłócania też będą różne, od kilku minut do kilkunastu. W tabeli podany jest czas danej chwili, dlatego wskaźnik ten jest niewymierny w stosunku do ilości zakłócanych źródeł EM. Drugą bardzo waż-

<sup>25</sup> Minimalnie operator może śledzić dwie częstotliwości. Dla bardzo dobrego operatora tych częstotliwości może być nawet 10.

<sup>26</sup> Ponieważ w stacji znajduje się odbiornik teoretycznie może on być przeznaczony do rozpoznania.

<sup>27</sup> Namierzanie radiowe HF może być realizowane w oparciu od dwa podsystemy HF. Dlatego liczna namiarów może być podwojona. Pamiętać jednak należy iż prawdopodobieństwo umiejscowienia spada wówczas do wartości 0,25.

ną kwestią jest przydział częstotliwości do zakłócania ujęty w apendyksie. Nie wolno zakłócać wszystkiego co się wykryje, chyba że przełożony tak zdecydował.

#### **Dokładność umiejscowienia źródeł rozpoznania radiowego<sup>28</sup>**

Dokładność ta zależy od ilości sprzętu namierzającego, sposobu ugrupowania (wielkości podstawy namierzania) i możliwości technicznych urządzeń namierzających oraz odległości źródeł rozpoznania od tych urządzeń. Jest ona określana wielkością błędu liniowego namiernika.

Ten wskaźnik możliwości bojowych dla systemów namierzania radiowego pozwala ustalić na ile uzyskane dane o miejscu znajdowania się przeciwnika są dokładne, aby można było je wykorzystać w procesie prowadzenia działań bojowych przez bWRe.

Dla potrzeb ogólnego określania potencjalnych możliwości bojowych systemu namierzania, dokładność umiejscowienia źródeł rozpoznania określa się w podobny sposób jak dla krel wartością minimalnego błędu liniowego namierzania obliczaną wg wzoru [15]. Jednakże określając realne możliwości bojowe systemów namierzania należy posłużyć się metodą wykorzystującą matematyczną teorię błędów.

### 3.2.3. Wskaźniki czasowe

#### **Czas obiegu (opóźnienia) danych z systemu rozpoznania radioelektronicznego**

Tak jak w przypadku krel na szczebli ZO nie spotyka się wskaźników czasowych opóźnienia lub obiegu danych dotyczących rozpoznania elektronicznego, występują jedynie w systemach rozpoznania radiolokacyjnego (radiolokacja aktywna) OPL. Przyjęte wskaźniki czasowe na szczeblu ZT mają podobne zastosowanie w ZO. Zwiększeniu ulegnie tylko przedział czasowy.

Czas obiegu danych rozpoznawczych jest sumą cząstkowych czasów trwania czynności wykonywanych w procesie wykrywania przez urządzenia radioelektroniczne źródeł energii przeciwnika, mierzonych od chwili wykrycia ich pracy do momentu przekazania o nich meldunku użytkownikom oraz czas czynności wykonywanych na SD poszczególnych organów biorących udział w zdobywaniu danych rozpoznawczych. Wyraża się to zależnością [16].

#### **Czas uprzedzenia przez system rozpoznania bWRe o działalności elektronicznej przeciwnika**

Czas obiegu informacji o działalności radioelektronicznej przeciwnika jest pochodną czasu uprzedzenia elementów ugrupowania ZO o prowadzonym rozpoznaniu radioelektronicznym. Warunkiem koniecznym musi być fakt emisji energii EM

---

<sup>28</sup> Bardziej szczegółowy opis metod określających dokładność umiejscowienia można znaleźć w podręczniku L. Ciburowskiego, *Rozpoznanie radioelektroniczne szczebla taktycznego wojsk lądowych*, ASG, Warszawa 1989 r.

przez źródło przeciwnika, dlatego od czasu dostarczenia danych użytkownikowi zależy czas uprzedzenia.

Czas uprzedzenia oblicza się podobnymi metodami i wzorami jak na szczeblu taktycznym od [17] do [20]. Pamiętać jednak należy, iż jest to większa odległość i czas może być większy, ale dotyczyć to będzie ŚNP rozpoznawanych z większych odległości.

#### 3.2.4. Wskaźniki manewrowe

Kolejnym wskaźnikiem możliwości bojowo rozpoznawczych bWRe jest jego zdolność do przejścia z położenia bojowego w marszowe, wykonanie manewru i osiągnięcie gotowości bojowej w nowym rejonie.

Narzucone czasy planowania i organizowania walki dla bWRe ZO zawarte w „Normach i zadaniach szkolno-bojowych dla pododdziałów radioelektronicznych” przedstawia tabela 15.

Tabela 15

#### Normatywne czasy planowania i organizowania pracy bojowej dla bWRe (wariant)

bWRe	Planowanie walki		
Ocena	b. dobra	Dobra	Dostateczna
Czas przygotowania do pracy <sup>29</sup>	35 min.	45 min.	60 min.
Organizowanie walki			
Przygotowanie do pracy bojowej	450 minut		
Przygotowanie do marszu	200 minut		

Do analizy czasu potrzebnego na wykonania manewru i ponownego włączenia się urządzeń do pracy bojowej można posłużyć się wzorem [29].

W trudnych warunkach atmosferycznych (np. nocą, zimą) czas rozwijania i zwijania poszczególnych typów sprzętu zwiększa się od 5 do 20%.

Manewru na kolejną pozycje bojowa można dokonać całością batalionu lub poszczególnymi elementami rozpoznawczymi. W przypadku przegrupowania całości sił i środków po jednej drodze w celu zmniejszenia skutków uderzeń ŚNP powinny być zachowane odległości między elementami około 1000 m, a między pojazdami w kolumnie 25–30 m.

<sup>29</sup> Czasy te dotyczą tylko kompani rozpoznania radioelektronicznego.

### 3.2.5. Wskaźniki skuteczności zakłóceń

Możliwość efektywnego przeciwdziałania środkom i systemom elektronicznym przeciwnika wynika z zasadniczych wad, jakimi one się odznaczają. Zalicza się do nich: możliwość wykrycia i śledzenia pracy, określenia ich parametrów taktyczno-technicznych oraz miejsc i rejonów rozmieszczenia wszystkich środków elektronicznych promieniujących energię EM. Przechwytywanie przez 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 lub rozgłośnie dywersyjne, przyczyniają się do ujawnienia swoich miejsc występowania w ugrupowaniu.

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

Zakłócania elektroniczne może być prowadzone selektywnie w stosunku do wybranych obiektach lub źródeł elektronicznych lub w stosunku do środków elektronicznych w wybranych rejonach w sposób zmasowany. Wówczas wszystkie środki elektroniczne przeciwnika w obszarze walki podlegają zakłócaniu.

Zakłócenia są prowadzone na wszystkich szczeblach dowodzenia, rodzajach sił zbrojnych i wojsk, w każdych warunkach terenowych i meteorologicznych, różnorodnymi technikami i sposobami. Według charakteru powstawania, zakłócenia dzielą się na przypadkowe oraz celowe.

Zakłócenia celowe wytwarzane są przez specjalne stacje i nadajniki zakłócające lub pasywne retranslatory energii elektromagnetycznej. Celowe zakłócenia, według sposobu wytwarzania i zastosowania klasyfikuje się jako aktywne, pasywne i kombinowane w przypadku jednoczesnego stosowania zakłóceń aktywnych i pasywnych.

W odniesieniu do aktywnych zakłóceń brak jest jednolitej, obowiązującej i powszechnie przyjmowanej klasyfikacji. Najczęściej aktywne zakłócenia klasyfikuje się według ich przeznaczenia i obiektów elektronicznych, na które oddziałują (radiowe, radiolokacyjne, radionawigacyjne, optoelektroniczne, środków sterowania, radiozapalników itp.), oraz według charakteru i skuteczności ich oddziaływania na środki elektroniczne, w zależności od związku czasowego pomiędzy sygnałem zakłócającym i sygnałem użytecznym; w zależności od szerokości zakłócanego pasma częstotliwości i dokładności dostrojenia się do częstotliwości roboczych; sposobu promieniowania zakłócaniowej energii elektromagnetycznej; struktury sygnału zakłócającego; zasięgu działania; czasu trwania i skuteczności działania.

### Czynniki determinujące skuteczność zakłóceń elektronicznych

W większości czynniki te zostały opisane w podrozdziale 2.2.4. Komentarza wymaga jednak wskaźnik zasięgu zakłóceń w zakresie HF.

Aby skutecznie obezwładnić dany środek elektroniczny, 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 związane go z rodzajem pracy. Wartości wymaganych współczynników zakłóceń ( $K_{zw}$ ) dla konwencjonalnego odbiornika superheterodynowego przedstawiono w tabeli 5.

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

Zależności od [21] do [27] charakteryzują poszczególne wskaźniki skuteczności, głębokości i mocy zakłóceń niezbędnej dla skutecznej realizacji zadania, niemniej jednak dla ocen szacunkowych można posługiwać się zależnością uproszczoną określając zasięg zakłóceń w zakresie HF:

$$Rz = 2 * Rs - \text{dla fali przyziemnej (HF)} \quad [32]$$

W praktyce należy również uwzględnić warunki rozprzestrzeniania się fal elektromagnetycznych – przyziemnych i przestrzennych stosując zakłócenia. Na wspomniane 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 nomogramów<sup>30</sup>.

Stosowanie zakłóceń łączności radioliniowej, troposferycznej i satelitarnej 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, sa-

<sup>30</sup> Metodyki obliczeń operacyjno-taktycznych obezwładniania radioelektronicznego, Szt. Gen. WP, Warszawa 1979.

molotach). 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:

$$Rz^{31} = 0,67 * Rs^2 \text{ lub } Rz^{32} = 0,3 * Rs \quad [33]$$

Dla emisji FH (*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.

### **Czynniki determinujące skuteczność zakłóceń radiolokacyjnych**

W batalionie WE ZO nie występują aktualnie stacje zakłóceń radiolokacyjnych i z tego powodu batalion nie realizuje zadań związanych z zakłócaniem radiolokacyjnym. Niemniej jednak bardzo ważnym problemem jest zakłócanie sygnałów radiolokacyjnych, z uwagi na coraz częstsze upodabnianie się sygnałów radiokomunikacyjnych, w swojej strukturze sygnałowej, do sygnałów radiolokacyjnych.

Skuteczność zakłóceń pracy środków i systemów radiolokacyjnych przeciwnika zdeterminowana jest wieloma właściwościami technicznymi, jakimi odznaczają się zakłócenia radiolokacyjne, wytwarzane przez specjalne stacje zakłócające, jak również właściwościami technicznymi pracy zakłócanych stacji radiolokacyjnych. W każdych warunkach zależy ona przede wszystkim od:

- ekwiwalentnej mocy stacji radiolokacyjnej przeciwnika ( $P_s$ ),
- mocy stacji zakłócającej ( $P_z$ ),
- odległości stacji radiolokacyjnej przeciwnika od obserwowanego celu ( $R_s$ ),
- odległości stacji zakłócającej od zakłócanego stacji radiolokacyjnej ( $R_z$ ),
- zysku kierunkowego anten stacji radiolokacyjnej przeciwnika ( $G_s$ ) i stacji zakłócającej ( $G_z$ ),
- od efektywnej odbijającej powierzchni celu obserwowanego przez stacją radiolokacyjną ( $\delta$ ).

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

<sup>31</sup> Przy zakłócaniu główną wiązką energii elektromagnetycznej.

<sup>32</sup> Przy zakłócaniu bocznymi i tylnymi wiązkami energii elektromagnetycznej.

stacji. Sygnał ten jest zobrazowany 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 zakłócającej stacji radiolokacyjnej jest więc odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości (w wymiarze drugiej potęgi, zgodnie z równaniem zasięgu stacji).

Wymienione zależności są wyrażane następującymi równaniami:

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

$$P_{SWE} = \frac{P_s * G_s^2 * \delta * \lambda^2}{(4\pi)^3 * R_s^4} \text{ [W]} \quad [34]$$

gdzie:

$P_{SWE}$  – moc sygnału użytecznego stacji radiolokacyjnej odbitego od celu;

$P_s$  – moc nadajnika stacji radiolokacyjnej (moc stacji);

$G_s$  – zysk kierunkowy anteny stacji radiolokacyjnej;

$\delta$  – efektywna odbijająca powierzchnia obserwowanego celu;

$\lambda$  – długość fali radiowej;

$R_s$  – odległość stacji radiolokacyjnej od celu.

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

$$P_{ZWE} = \frac{P_z * G_z * G_s * \lambda^2}{(4\pi * R_z)^2} \text{ [W]} \quad [35]$$

gdzie:

$P_{ZWE}$  – moc sygnału zakłócającego w punkcie odbioru zakłócającej stacji radiolokacyjnej;

$P_z$  – moc stacji zakłócającej;

$G_z$  – zysk kierunkowy anteny stacji zakłócającej;

$G_s$  – zysk kierunkowy anteny zakłócającej stacji radiolokacyjnej;

$\lambda$  – długość fali radiowej;

$R_z$  – odległość między stacją zakłócającą a odbiornikiem zakłócającej 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 obezwładnienia 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:

$$\left(\frac{P_z}{P_s}\right)_{WE} = K_z \quad [36]$$

Oznacza to, że:

$$K_z = \left(\frac{P_z}{P_s}\right)_{WE} = \frac{P_z * G_z * 4\pi^2 * R_s^4}{P_s * G_s * \delta * R_z^2} F^2(\theta_z; \phi_z) \frac{\Delta f_o}{\Delta F_z} \gamma_z * 10^{0,1\alpha(2R_s - R_z)} \quad [37]$$

gdzie:

$F(\theta; \phi)$  – funkcja opisująca znormalizowaną charakterystykę kierunkową zakłócającej SRL;

$\Delta f_o$  – szerokość pasma przypuszczania liniowej części odbiornika zakłócającej SRL;

$\Delta F_z$  – efektywna szerokość widma sygnału zakłócającego;

$\gamma_z$  – współczynnik uwzględniający różnicę w polaryzacji anten nadajnika zakłócającej i odbiornika;

$\alpha$  – współczynnik uwzględniający osłabienie sygnału w atmosferze (dB/km).

Przedstawione wyrażenie nazywa się równaniem przeciwdziałania radioelektronicznego dla aktywnych zakłóceń radiolokacyjnych. Pozwala ono znaleźć zależność stosunku mocy zakłócenia do mocy sygnału (współczynnika „k”) oraz parametrów zakłócającej 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 obezwładnienia zakłóceniami pracy tej stacji.

Ponadto można dokonać pewnych uogólnień:

– skuteczne obezwładnienie Re stacji radiolokacyjnych przeciwnika znajdujących się na małych odległościach względem stacji zakłócających jest znacznie trudniejsze niż na większych odległościach,

- korzystne jest dla obezwładniania  $R_e$ , kiedy odległości,
  - obserwacji radiolokacyjnej ( $R_s$ ) są znacznie większe lub równe odległości zakłócania ( $R_z$ ),
  - bardzo duży wpływ na możliwości obezwładniania  $R_e$  ma stosowana technika przeciwzakłóceniowa zwiększająca współczynnik zakłóceń.
- Do obliczenia zasięgu zakłóceń pokładowych stacji radiolokacyjnych wykorzystuje się poniższy wzór. Z przekształcenia wzoru możemy obliczyć niezbędną moc do zakłócania pokładowych (samolotowych) stacji radiolokacyjnych.

$$R_z = 2R_{S_{\max SRL}} \sqrt{\frac{10^6 \cdot \pi \cdot P_z \cdot G_z \cdot \Phi^2(\beta, \epsilon) \cdot \gamma_z \cdot \Delta f_o}{P_s \cdot G_s \cdot \delta \cdot \Delta F_z \cdot K_z}} \quad [38]$$

gdzie:

$R_z$  – zasięg zakłóceń;

$R_{S_{\max SRL}}$  – maksymalny zasięg stacji RL;

$P_z$  – moc stacji zakłócającej;

$G_z$  – współczynnik wzmocnienia anteny stacji zakłócającej;

$\Phi$  – poziom listków bocznych;

$\gamma$  – współczynnik niezgodności sygnału stacji zakłócającej;

$\Delta f_o$  – pasmo przepuszczania odbiornika SRL (MHz);

$P_s$  – moc stacji RL;

$G_s$  – współczynnik wzmocnienia stacji RL;

$\delta$  – wielkość efektywnej powierzchni odbicia celu;

$\Delta f_z$  – szerokość pasma zakłóceń;

$K_z$  – współczynnik zakłóceń;

$10^6$  – współczynnik przeliczeniowy.

### **Czynniki determinujące skuteczność zakłóceń środków radionawigacyjnych**

Batalion WE nie jest także wyposażony w stacje zakłóceń sygnałów radionawigacyjnych. Problem braku sprzętu jest niewątpliwie ważny, ale brak wiedzy na temat wykorzystanie takiego rodzaju urządzeń sprawia, że nawet najlepszy sprzęt nie będzie właściwie użyty jak nie będziemy wiedzieć jak go wykorzystać. Minione konflikty jednoznacznie wykazały, że gdyby zostały zakłócone systemy nawigacyjne ŚNP, skuteczność ich nalotów byłaby mniejsza.

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 TACAN, RSBN – zapytująco-odzewowe, dalekiej radionawigacji LORAN – odbiorczy, globalnej radionawigacji „GPS Navstar” – odbiorczy.

Każdy z poszczególnych rodzajów systemów wymaga odrębnego nań oddziaływania; inne też czynniki determinują możliwości oraz skuteczność jego zakłócania. Technika obezwładniania zakłóceniami systemów radionawigacyjnych polega na wprowadzeniu w kanały odbiorcze systemów, sygnałów uniemożliwiających określenie współrzędnych. W takich rodzajach systemów jak promieniowy i hiperboliczny urządzenia odbiorcze znajdują się tylko u użytkownika. W systemach kołowych i kołowo-promieniowych (TACAN), 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-odległościowymi z impulsowym lub ciągłym promieniowaniem energii EM, ułatwione jest ze względu na pracę środków bazowych (nadawczych) na jednej roboczej częstotliwości.

Zakłócanie takich systemów polega na zakłóceniu lub myleniu pokładowych urządzeń odbiorczo-wskaźnikowych. Czynniki warunkującymi 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 (jeżeli jest to możliwe).

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

### **Sposoby oceny pasywnych zakłóceń elektronicznych**

W systemie obezwładniania elektronicznego znajdują zastosowanie pasywne środki zakłócające, które cechują się tym, że same nie wytwarzają energii elektromagnetycznej. 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. Wy różnić 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 rodzaje odbić 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 16.

Tabela 16

**Średnie wielkości skutecznej powierzchni odbicia dla niektórych obiektów pola walki**

Obiekty pola walki	Skuteczna powierzchnia odbicia w m <sup>2</sup>
Człowiek	0,08
Samochód ciężarowy	1-36
Czołg, transporter	10-90
Wyrzutnia raketowa, most na podwoziu samojezdnym	60-540

Obiekty pola walki	Skuteczna powierzchnia odbicia w m <sup>2</sup>
Działo artyleryjskie (ciagnione)	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 SRL 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<sup>3</sup>).

*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 m<sup>3</sup> powietrza. Zmniejszenie zasięgu stacji radiolokacyjnej dziesięciokrotnie odpowiada tłumieniu 40 dB, dla fali o długości 3 cm osiąga się taki stan przy 30 dip/m<sup>3</sup>.

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

$$\delta_t = \frac{4\pi a^4}{3\lambda^2}; \delta_p = \frac{12\pi a^4}{\lambda^2}; \delta_o = \frac{2\pi a^4}{\lambda^2} \quad [39]$$

gdzie:

- $\delta$  – powierzchnia odbicia odbijacza kąтового (t – trójkątnego, p – prostokątnego, o – okrągłego) w [m<sup>2</sup>],
- a – długość krawędzi styku ścianek [m],
- $\lambda$  – długość fali [m].

Dla obliczenia wielkości odbicia radiolokacyjnego środków dipolowych wykorzystuje się zależność:

$$\delta_p = 0,17 * \lambda^2 * N_{ze} \quad [40]$$

gdzie:

$N_{ze} = \eta N$  – liczba efektywnych dipoli w paczce;

$\eta$  – współczynnik uwzględniający zjawiska spętlenia się dipoli

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

$$\beta = 0,73 * \lambda^{2n} \text{ [dB/m]} \quad [41]$$

gdzie:

$\lambda$  – długość fali [m],

$n$  – powierzchnia dipoli [m<sup>2</sup>].

Oczywiste jest, iż chmura dipoli będzie tym większa, im prędkości wiatru będzie większa, a to jednoznacznie będzie rzutowało na gęstość chmury i w konsekwencji skuteczność zakłóceń.

W warunkach działań bojowych, podczas celowego stosowania chmur dipolowych, oficerowie dokonujący analizy i możliwości zastosowania tego typu zakłóceń powinni za każdym razem przewidzieć jak będzie się poruszała chmura dipoli oraz jaka będzie jej skuteczność. Gwarantuje to powodzenie misji realizowanej przez samoloty.

## ZAKOŃCZENIE

Niniejsza praca miała na celu przybliżyć problemy realizacji zadań przez pododdziały walki elektronicznej uwzględniając wskaźniki możliwości bojowo-rozpoznawczych tych pododdziałów.

Przedstawione zadania, struktury organizacyjne i możliwości bojowo-rozpoznawcze są rezultatem przemian restrukturyzacyjnych, jakie nastąpiły w Wojsku Polskim w końcu XX wieku. Uwzględniono wiele doświadczeń i wniosków z ćwiczeń. Starano się na miarę możliwości przedstawić kompleksowo zagadnienia związane z wskaźnikami charakteryzującymi możliwości poszczególnych pododdziałów w realizacji zadań WE. Każdy pododdział WE ma zapewnić dopływ danych o przeciwniku w miarę swoich możliwości. Dane te powinny być jak najbardziej wiarygodne i przekazane w czasie rzeczywistym. Wykorzystując specjalistyczne kompanie, plutony, elementy (posterunki) rozpoznania elektronicznego. Zapewnia to dowódcom i komórkom sztabowym większą pewność, że przeciwnik nie będzie w stanie skutecznie zastosować mylenia oraz, że dowódca mając kompletne dane o stronie przeciwnej, podejmie trafną decyzję.

Wskaźnik te służą więc nie tylko ocenie własnych sił i środków dają także odpowiedź na pytanie ile i co należy rozpoznać aby wykryć cel i zamiary przeciwnika? oraz co należy uczynić aby powstrzymać przeciwnika przed użyciem przez niego środków walki?

W dużej części wyposażenie pododdziałów walki elektronicznej jest już przestarzałe technologicznie. Należałoby się zastanowić czy sprzęt, który został skonstruowany ok. 20-30 lat temu, spełnia wymagania co do dokładności, czasu i ilości rozpoznanych obiektów, jakie determinuje współczesne pole walki, gdzie trwa nieustanna walka o czas i precyzję. Bardzo istotnym elementem jest też możliwość prowadzenia skutecznego rozpoznania niezależnie od pory doby (termowizja i noktowizja, czujniki, informatyka). Rozpoznanie, które się nazywa oczami i uszami dowódcy musi na takie miano rzeczywiście zasługiwać.

Pododdziały walki elektronicznej są organami, które zdobywają dane o przeciwniku dla potrzeb dowódcy. Przedstawione w pracy możliwości realizacji zadań ukazują, że nie jest najgorzej w prowadzeniu rozpoznania na potrzeby sytuacji. Ale znacznie gorzej jest dla potrzeb np. „targietingu”. Zbyt mała dokładność i zbyt długi czas przepływu informacji do wykonawcy stawiają przeszkody w wykorzystaniu sił i środków tych pododdziałów.

W pracy pomięto wskaźniki dotyczące rozpoznania czujnikowego, optoelektronicznego i informatycznego. Nie było złą wolą autora pominięcie tych problemów. Z uwagi jednak na rozpoczęte przeobrażenia w SZ RP i ciągłe zmiany

w teorii WE na obecnym etapie wiedzy gruntowne scharakteryzowanie tych wskaźników mogłoby być obciążone zbyt dużą nieprecyzyjnością.

Prezentowana w pracy charakterystyka możliwości prawdopodobnie może budzić szereg wątpliwości. Są one, w mojej opinii, tylko próbą ukazania szeregu wskaźników jakie można wyróżnić. Mam nadzieję, że mogą one być podstawą do dyskusji przedstawicieli wielu specjalności. Jestem także przekonany, że przedstawione wskaźniki mogą stanowić podstawę do dyskusji dla wielu zainteresowanych tą problematyką.

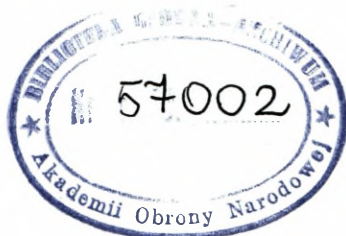
Mam świadomość, że jest to jedno z pierwszych opracowań dotyczących tej problematyki. Nieścisłości, które mogły wystąpić nie są wynikiem złej woli. Jednocześnie zwracamy się z serdeczną prośbą do wszystkich czytelników o wyrażenie opinii i uwag dotyczących omawianych zagadnień<sup>33</sup>. Przekazane spostrzeżenia oraz doświadczenia posłużą doskonaleniu kolejnych opracowań i przygotowaniu pełnego zestawu wskaźników dotyczących walki elektronicznej na potrzeby Wojska Polskiego.

---

<sup>33</sup> Uwagi proszę kierować pod adresem autora – Instytut Dowodzenia, Zakład Rozpoznania Wojskowego i Walki Radioelektronicznej w AON, tel. woj. 813-338.

## BIBLIOGRAFIA

1. Biuletyn informacyjny 2/162, Szt. Gen. WP, Warszawa 1995.
2. Ciborowski L., *Rozpoznanie radioelektroniczne szczebla taktycznego wojsk lądowych*. Podręcznik, AON, Warszawa 1989.
3. Czajka K., *Uzycie artylerii do ognia pośredniego w obronie dywizji*, Rozprawa doktorska, AON, Warszawa 1992.
4. FM 34-130, *Intelligence preparation of the battlefield*, Headquarters, Department of the Army, May 1989.
5. FM 34-40-7 *Communications jamming handbook*, Headquarters, Department of the Army, Washington DC, 23 November 1992.
6. Groszek Z., *Metodyka oceny przeciwnika powietrznego na szczeblu taktycznym i operacyjnym wojsk systemu OP RP*, Warszawa 1993.
7. Groszek Z., *Metoda oceny możliwości bojowych systemu rozpoznania radioelektronicznego wojsk OPK z wykorzystaniem symulacji komputerowej*, Rozprawa doktorska, ASG WP, Warszawa 1988.
8. Jańczak J., *Walka radioelektroniczna w działaniach operacyjnych wojsk lądowych*, AON, Warszawa 1998.
9. *Kompendium zasadniczego sprzętu WRE SZ RP*, wyd. Szt. Gen. WP, Warszawa 1998.
10. Matuszewski J., *Podstawy walki radioelektronicznej*, WAT, Warszawa 1996.
11. *Metodyka obliczania efektywności zakłóceń radiolokacyjnych*, pr. zb. Szt. Gen. WP, Warszawa 1999.
12. *Normy i zadania szkolno-bojowe dla pododdziałów radioelektronicznych*, Szt. Gen. WP, Warszawa 1996.
13. Nowacki G., Scheffs W., *Elektroniczne przygotowanie pola walki*, AON, Warszawa 1998.
14. *Organizacja i prowadzenie rozpoznania radioelektronicznego*. Podręcznik, Szt. Gen. WP, Warszawa 1979.
15. *Poradnik oficera rozpoznania radioelektronicznego WOPK*, OPK, Warszawa 1990.
16. Scheffs W., *Batalion walki radioelektronicznej w działaniach operacyjnych*, AON, Warszawa 2002.
17. Scheffs W., *Organizacja pasywnego rozpoznania radiolokacyjnego w obszarze odpowiedzialności rozpoznawczej ZT*, Rozprawa doktorska, AON, Warszawa 2001.
18. *Walka radioelektroniczna w działaniach operacyjnych WL*, AON, Warszawa 1998.
19. *Walka elektroniczna w działaniach taktycznych ZT*, AON, Warszawa 2000.
20. *Walka radioelektroniczna w siłach zbrojnych RP*, pr. zb., AON, Warszawa 1997.
21. *Zakłócanie elektroniczne na szczeblu taktycznym według poglądów amerykańskich*, AON, Warszawa 1999.
22. *Zasady przygotowania i prowadzenia WRE przez SZ RP*. Szt. Gen. WP, Warszawa 1995.



# Publikacje Akademii Obrony Narodowej

do nabycia w Wydziale Wydawniczym AON  
al. gen. A. Chruściela 103, bl. 2  
00-910 Warszawa,  
tel. 681 40 55, tel./faks 681 37 52

- S. Bartosiewicz, M. Mróz – Zaopatrywanie jednostek wojsk lotniczych i obrony powietrznej w techniczne środki materiałowe techniki naziemnej – 7,00 zł
- Bezpieczne niebo. Materiały z konferencji naukowej – 14,00 zł
- J. Bienkowski, R. Stępień (red.) – Edukacja pedagogiczna w wyższej uczelni wojskowej – 16,00 zł
- H. Binkowski (red.) – OBWE w procesie umacniania bezpieczeństwa europejskiego – 16,00 zł
- A. Bujak – Praca w terenie na szczeblach taktycznych według standardów NATO – 10,00 zł
- W. Chojnacki – Socjologiczne aspekty tendencji instytucjonalno-organizacyjnego rozwoju wojska – 16,00 zł
- R. Chrobak i in. – Działania bojowe dywizji – 15 zł
- M. Cieślarczyk, P. Krawczyk, Z. Korulczyk – Poradnik metodyczny autorów prac kwalifikacyjnych – 8,00 zł
- M. Cieślarczyk, M. Chojnacki, A. Radomyski – Współpraca cywilno-wojskowa (CIMIC) w siłach zbrojnych (SP) RP – 13,00 zł
- M. Cieślarczyk (red.) – Metody, techniki i narzędzia badawcze oraz elementy statystyki – 13,00 zł
- A. Ciupiński, M. Zajac (red.) – Wybrane problemy walki z terroryzmem międzynarodowym – 17 zł
- A. Ciupiński (red.) – Dyplomacja wielostronna – 25,00 zł
- A. Ciupiński – Podstawowe elementy polityki bezpieczeństwa i obrony RP – 15,00 zł
- A. Ciupiński, R. Białoskórski – Wczesne ostrzeżenie i zapobieganie współczesnym konfliktom zbrojnym w strategii Sojuszu Północnoatlantyckiego – 7,00 zł
- A. Ciupiński, H. Binkowski, A. Legucka – Bezpieczeństwo w stosunkach międzynarodowych – 30,00 zł
- T. Compa – Zarządzanie przestrzenią powietrzną – 10,00 zł
- J. Czaja – Stolica apostołska wobec integracji europejskiej – 15,00 zł
- K. Czajka – Użycie artylerii w obronie oddziału – 8,00 zł
- P. Daniluk – Radiostacje pola walki – 10,00 zł
- A. Dawidczyk – Nowe wyzwania, zagrożenia i szanse dla bezpieczeństwa Polski u progu XXI w. – 9,00 zł
- P. Dela, J. Wolejszo – Wsparcie komputerowe ćwiczeń wojskowych 16 zł
- Dowodzenie lotnictwem sił powietrznych w działaniach wojsk lądowych (praca zbiorowa) – 15,00 zł
- W. Drażczyk – Logistyka sił powietrznych w działaniach wielonarodowych – 9,00 zł
- A. Fellner – Zautomatyzowane systemy kontroli ruchu lotniczego przestrzeni powietrznej – 20,00 zł
- M. Flemming – Międzynarodowe prawo humanitarne konfliktów zbrojnych – 45,00 zł
- P. Gawliczek, J. Pawłowski – Zagrożenia asymetryczne – 14,00 zł
- M. Gąska, A. Ciupiński – Międzynarodowe prawo humanitarne konfliktów zbrojnych – 21,00 zł
- A. Glen, W. Marud – Kontrola przestrzeni powietrznej w czasie kryzysu i wojny – 18,00 zł
- J. Gotowała – Lotnictwo XXI wieku – 11,00 zł
- J. Groskrejc – Antropologiczne i aksjologiczne aspekty edukacji oficerów – 10,00 zł
- J. Halik – Metodyka opracowania pracy magisterskiej i studyjnej – 15,00 zł
- J. Halik, J. Wolejszo – Ćwiczenia wojskowe sił zbrojnych RP w aspekcie interoperacyjności w ramach NATO – 14,00 zł
- M. Huzarski (red.) – Taktyka ogólna wojsk lądowych – 21,00 zł
- K. Jałoszyński – Terroryzm antyizraelski – 12,00 zł
- K. Jałoszyński – Terroryzm czy terror kryminalny w Polsce? – 12,00 zł
- K. Jałoszyński – Zagrożenie terroryzmem w wybranych krajach Europy Zachodniej oraz w Stanach Zjednoczonych – 12,00 zł
- J. Janczak – Zakłócanie informacyjne – 12,00 zł
- Cz. Jarecki – Użycie wojsk raketowych i artylerii w operacji – 13,00 zł
- T. Jemiolo – Globalizacja. Szanse i zagrożenia – 8,00 zł
- T. Jemiolo, K. Malak (red.) – Bezpieczeństwo zewnętrzne Rzeczypospolitej Polskiej – 25,00 zł
- A. Józwiak, Cz. Marcinkowski – Wybrane problemy współczesnych operacji pokojowych – 18,00 zł
- M. Juszczyk – Wsparcie działań przez państwo gospodarza – 14 zł
- L. Kanarski, P. Gawliczek – Przywództwo w armiach NATO – 9,00 zł
- L. Kanarski, B. Rokicki (red.) – Teoria i praktyka przywództwa wobec wyzwań edukacyjnych – 24,00 zł
- J. Kardas, K. Loranty – Wybrane problemy bezpieczeństwa i obronności państwa w opiniach pracowników administracji publicznej – 12,00 zł
- J. Kardas, K. Loranty – Instytucjonalizacja przygotowania obronnego kadr administracji – 15,00 zł
- J. Karpowicz, Z. Chojnacki – Bezpieczeństwo lotów – 10,00 zł
- J. Karpowicz, E. Cieślak – Lotnictwo wsparcia w sojusznicznych działaniach powietrznych – 17 zł
- J. Karpowicz, K. Kozłowski – Bezzałogowe statki powietrzne i miniaturowe aparaty latające – 18 zł
- J. Karpowicz – Współczesne konstrukcje lotnicze – 20,00 zł

- Cz. Kącki – Siły wielonarodowe do misji pokojowych – 15 zł
- Cz. Kącki – Izrael. Jego wpływ na rozwój sytuacji w regionie Bliskiego Wschodu – 15,00 zł
- Kierowanie mobilnymi systemami łączności wojsk lądowych (praca zbiorowa) cz.I – 14 zł, cz.II – 8 zł, cz.III. – 12 zł
- W. Kitler (red.) – Obrona cywilna (niemilitarna) w obronie narodowej III RP – 25,00 zł
- W. Kitler – Obrona narodowa III RP. Pojęcie. Organizacja. System (rozprawa habilitacyjna) – 24,00 zł
- W. Kitler – Obrona narodowa w wybranych państwach demokratycznych – 14,00 zł
- Z. Klawitter – Rola i zadania zespołu wsparcia personalnego na stanowisku dowodzenia BZ/BPanc – 7,00 zł
- T. Kochański – Logistyka międzynarodowa – 12,00 zł
- T. Kochański – Logistyka jako koncepcja zintegrowanego zarządzania – 18,00 zł
- T. Kochański, S. Kurek – Konkurencyjność przedsiębiorstw – 15 zł
- M. Koziński – Umowa offsetowa i inne formy udziału państwa w międzynarodowym obrocie gospodarczym – 10,00 zł
- M. Kozub – Lotnictwo w operacjach połączonych – 7,00 zł
- M. Kozub – Lotnictwo wojsk lądowych w operacjach połączonych – 8,00 zł
- M. Kozub – Lotnictwo w bojowym poszukiwaniu i ratownictwie – 8,00 zł
- J. Kręciak – Współczesne kierowanie wojskami. Proces dowodzenia – 12,00 zł
- J. Kręciak – Metodyka pracy sekcji dowodzenia oddziału i związku taktycznego – 13,00 zł
- J. Kręciak – Wybrane problemy kierowania zgrupowaniami wielonarodowych sił połączonych – 14,00 zł
- R. Kwečka, M. Gryga – Siły specjalne w kontekście współczesnych zagrożeń – 15,00 zł
- K. Kubiak – Transport wojsk i ładunków wojskowych drogą morską przy użyciu statków handlowych – 12,00 zł
- L. Łukaszk – Międzynarodowe prawo pokoju i bezpieczeństwa – 20,00 zł
- L. Łukaszk – Dyplomacja współczesna a problemy prawa i bezpieczeństwa międzynarodowego – 20,00 zł
- L. Łukaszk – Europejskie prawo pokoju i bezpieczeństwa – 20,00 zł
- T. Majewski – Ankieta i wywiad w badaniach wojskowych – 9,00 zł
- T. Majewski – Kierownik – dowódca w organizacji – 12,00 zł
- T. Majewski – Miejsce celów, problemów i hipotez w procesie badań naukowych – 8 zł
- T. Majewski i in. – Planowanie w organizacji – 9 zł
- K. Malak – Polityka zagraniczna i bezpieczeństwa Białorusi – 18,00 zł
- J. Marczak (red.) – Samoorganizacja społeczeństwa na rzecz bezpieczeństwa powszechnego. Samoobrona powszechna III RP – 20,00 zł
- M. Marszałek – Siły powietrzne w operacjach ewakuacyjnych (według poglądów amerykańskich) – 13 zł
- M. Marszałek, A. Radomski – Metodyka pracy zespołów funkcjonalnych na stanowisku dowodzenia brygady raketowej sił powietrznych – 25,00 zł
- Z. Maślak – Podstawy teorii informacji obrony powietrznej – 10,00 zł
- Z. Maślak (oprac.) – Informacje w obronie powietrznej – potrzeby, wymagania, zagrożenia. Materiały z sympozjum naukowego – 17,00 zł
- M. Michalec (oprac.) – Kierunki rozwoju rosyjskiej myśli teoretycznej i praktyki w zakresie użycia lotnictwa w walce – 14,00 zł
- J. Michniak (red.) – Projektowanie struktury organizacyjnej dowództwa brygady zmechanizowanej (pancernej) – 12,00 zł
- J. Michniak – Stanowiska dowodzenia w wojskach lądowych – 10 zł
- G. Nowacki – Informacja w walce zbrojnej. Materiały z sympozjum naukowego – 17,00 zł
- G. Nowacki – Strategiczne siły jądrowe wybranych państw – 14,00 zł
- G. Nowacki – Rozpoznanie satelitarne USA i Federacji Rosyjskiej – 8,00 zł
- G. Nowacki (red.) – Militaryzacja kosmosu – 17,00 zł
- A. Nowak – Działalność rozpoznawcza na szczeblach taktycznych – 12,00 zł
- E. Nowak – Gospodarowanie zasobami majątkowymi – 15,00 zł
- M. Obrusiewicz – Wielonarodowe połączone siły zadaniowe CJTF – 12,00 zł
- M. Obrusiewicz – Geneza i prognoza kooperatywnych stosunków wojskowych końca XX i początku XXI w. na tle bezpieczeństwa europejskiego – 15 zł
- J. Pawłowski, A. Ciupiński (red.) – Umiejędznarodowiony konflikt wewnętrzny – 20,00 zł
- M. Pelc, M. Juszczak – Matematyka – 25 zł
- J. Placzek – Ewolucja polskiej myśli obronno-ekonomicznej w latach 1976–2000 – 20,00 zł
- J. Placzek (red.) – Gospodarka obronna Polski w końcu lat dziewięćdziesiątych. Szanse i zagrożenia – 25,00 zł
- Podróż studyjna w systemie edukacji oficerów w AON. Materiały z sympozjum naukowego – 17,00 zł
- A. Polak – Wybrane zagadnienia obrony wybrzeża w Polsce (1920–2002) – 16,00 zł
- A. Polak – Teoria grup operacyjnych w polskiej sztuce wojennej okresu międzywojennego – 30,00 zł
- Prawo w stosunkach międzynarodowych. Wybór dokumentów (praca zbiorowa) – 35,00 zł (dwa tomy)
- K. Przeworski – Ewakuacja jako sposób ochrony ludności – 7,00 zł
- Pułk przeciwlotniczy w działaniach operacyjnych (praca zbiorowa) – 20,00 zł
- A. Radomski – Metody i treść pracy zespołu OPL na stanowisku dowodzenia dywizji zmechanizowanej – 18,00 zł
- A. Skrabacz – Kobiety w obronie narodowej Polski u progu XXI w. – 15,00 zł
- J. Skrzyp (red.) – Informator geograficzny o państwach kandydujących do Sojuszu Północnoatlantyckiego – 14,00 zł

- J. Skrzyp, Z. Lach – Informator geograficzny. Państwa członkowskie NATO – 20,00 zł
- Z. Skwarek – Powietrzne systemy wczesnego wykrywania i powiadamiania – 13,00 zł
- K. Słaboń – Sytuacja jeńców wojennych w konflikcie iracko-irańskim (1980-1988) – 10,00 zł
- Słownik terminów z zakresu bezpieczeństwa narodowego (praca zbiorowa) – 15,00 zł
- Słownik terminów z zakresu psychologii (praca zbiorowa) – 10,00 zł
- Słownik pojęć sojuszniczej obrony powietrznej (praca zbiorowa) – 12,00 zł
- H. Spustek – Wybrane zagadnienia badań operacyjnych i modelowania liniowego – 8,00 zł
- Z. Stachowiak – Metodyka i metodologia pisanie prac kwalifikacyjnych (licencjackich, magisterskich i podyplomowych) – 9,00 zł
- Z. Stachowiak, J. Płaczek (red.) – Wybrane problemy ekonomiki bezpieczeństwa – 30,00 zł
- R. Stępień (red.) – Edukacja w wyższych szkołach wojskowych – 21,00 zł
- M. Strzoda (red.) – Wybrane terminy z zakresu dowodzenia i zarządzania – 7,00 zł
- M. Strzoda – Słownik nazw, skrótów i akronimów państw, instytucji, dowództw, jednostek organizacyjnych i osób funkcyjnych – 8 zł
- J. Suwart – Zarys obrony cywilnej w Polsce w latach 1920–1996 – 30,00 zł
- R. Szpyra – Powietrzna sztuka operacyjna wybranych państw – 15,00 zł
- Środki dowodzenia (praca zbiorowa) – 12 zł
- E.A. Wesolowska, A. Szerauc (red.) – Patriotyzm – Obronność – Bezpieczeństwo – 20,00 zł
- J. Wolejszo – Wybrane problemy procesu planowania i rozliczania działalności szkoleniowej na szczeblach taktycznych w SZ RP – 16 zł
- J. Wolejszo – Trening sztabowy dowództw szczebla taktycznego SZ RP – 17,00 zł
- J. Wolejszo – Wybrane aspekty projektowania struktury organizacyjnej zespołu dowodzenia stanowiska dowodzenia brygady zmechanizowanej – 11,00 zł
- J. Wolejszo – Wybrane problemy przygotowania i realizacji ćwiczeń sojuszniczych NATO – 16 zł
- J. Wolejszo, Z. Fiołna – Dowodzenie brygadą zmechanizowaną (pancerną) w obronie – 12,00 zł
- J. Wolejszo, Z. Fiołna – Dowodzenie brygadą zmechanizowaną (pancerną) w marszu – 15,00 zł
- Wojskowe wsparcie władz cywilnych i społeczeństwa. Materiały z seminarium – 20,00 zł
- Wojsko wobec polskiego października'56. Rezolucje, uchwały, listy (wybór, wstęp i opracowanie: E. J. Naplepa) – 30,00 zł
- J. Wojtasik (red.) – Studia z dziejów polskiej techniki wojskowej od XVI do XX wieku – 27,00 zł
- J. Wojtasik (red.) – Od Żółkiewskiego i Kosińskiego do Piłsudskiego i Petlury. Z dziejów stosunków polsko-ukraińskich od XVI do XX wieku – 20,00 zł
- M. Wrzosek – Działania rozpoznawcze na obszarze kraju – 10 zł
- M. Wrzosek – Organizacja pracy taktycznej komórek rozpoznania – 17 zł
- Wsparcie informacyjne obrony powietrznej. Materiały z sympozjum naukowego – 18 zł
- Wydział Lotnictwa i Obrony Powietrznej AON – Ewolucja dla postępu. Materiały z konferencji – 18 zł
- E. Zabłocki – Współczesne siły powietrzne – 13,00 zł
- S. Zalewski – Służby specjalne w państwie demokratycznym – 11,00 zł
- Założenia operacyjne do doktryny zasadniczej sił powietrznych (praca zbiorowa) – 10,00 zł
- L. Zapala – W rembertowskiej Alma Mater. Wspomnienia – 18,00 zł
- B. Zdrodowski, M. Marszałek – Operacje pozawojenne sił powietrznych – 16,00 zł
- J. Zieliński (red.) – Podstawowe założenia dydaktyki sztuki operacyjnej – 14,00 zł
- J. Zieliński – Wojska lądowe jako rodzaj sił zbrojnych – 14 zł
- J. Zuziak – Dzieje Instytutu Józefa Piłsudskiego w Londynie 1947–1997 – 25,00 zł

---

**Zamówienia przyjmujemy telefonicznie lub pisemnie**

---

