Grey Scale #13
R G B WH GR BL C M Y K
A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19
DANES PICTA .COM

AKADEMIA
SZTABU GENERALNEGO
IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

Do użytku służbowego
CAJN
Egz. Nr 3

Mjr mgr inż. Marian KUKUŁKA

ORGANIZACJA SYSTEMU ROZPOZNANIA RADIOELEKTRONICZNEGO W REJONIE WYJŚCIOWYM DO OPERACJI ZACZEPNEJ ARMII

Rozprawa doktorska

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Akademii Obrony Narodowej
Nr ewid.
11714

WARSZAWA 1980

Colour Chart #13
Blue Cyan Green Yellow Red Magenta White 3/Color Black
Inches Centimetres
DANES PICTA .COM

AKADEMIA
SZTABU GENERALNEGO
IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

Egz. Nr 3

Mjr mgr inż. Marian KUKUŁKA

ORGANIZACJA SYSTEMU ROZPOZNANIA RADIOELEKTRONICZNEGO W REJONIE WYJŚCIOWYM DO OPERACJI ZACZEPNEJ ARMII

Rozprawa doktorska

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Akademii Obrony Narodowej
Nr ewid.
11714

WARSZAWA 1980

A K A D E M I A S Z T A B U G E N E R A L N E G O WP

im.gen.broni Karola ŚWIERCZEWSKIEGO

~~TAJNE~~ Do użytku służbowego

Egz.Nr.3..

mjr mgr inż.Marian K U K U Ł K A

BIBLIOTEKA NAUKOWA AON WP
Nr ewid. 945
(III)
Dział Zbiorów Specjalnych

Przekaz. Prot. 320/21.03.95

O R G A N I Z A C J A

SYSTEMU ROZPOZNANIA RADIOELEKTRONICZNEGO W REJONIE WYJSCIOWYM DO OPERACJI ZACZEPNEJ ARMII

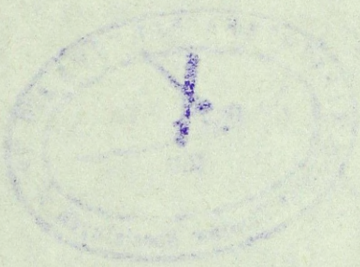
Rozprawa doktorska

BIBLIOTEKA GŁÓWNA-ARCHIWUM
Nr ewid. 11714
Akademii Obrony Narodowej

Opracowana pod kierownictwem naukowym

gen.bryg.Mieczysława DACHOWSKIEGO

W a r s z a w a 1980r.



S P I S T R E S C I

		Str.
WSTĘP		5
ROZDZIAŁ I	ZAGADNIENIE ROZPOZNANIA RADIOELEKTRONICZNEGO JAKO PROBLEM TEORII MASOWEJ OBSŁUGI	11
1.	Charakterystyka systemów radioelektronicznych przeciwnika w pasie działania armii	20
1.1.	Zakres krótkofalowy 1,5 - 30 MHz	22
1.2.	Zakres ultrakrótkofalowy wojsk lądowych 30-76MHz	25
1.3.	Zakres ultrakrótkofalowy lotnictwa 225-400MHz	29
1.4.	Zakres mikrofal 400MHz do 16,6 GHz	30
2.	Siły i środki rozpoznania armii	33
ROZDZIAŁ II	ELEMENTY MATEMATYCZNEGO MODELU PROCESU ROZPOZNANIA RADIOELEKTRONICZNEGO	36
1.	Rozpoznanie radioelektroniczne w zakresie KF	37
1.1.	Poszukiwanie w częstotliwości źródeł promieniowania KF	39
1.2.	Namierzanie źródeł promieniowania KF dla celów selekcji przestrzennej	43
2.	Rozpoznanie radioelektroniczne w zakresie UKF wojsk lądowych	44
2.1.	Funkcja opisująca zależność możliwości wykrywania od odległości urządzeń rozpoznawczych do przedniego skraju	45
2.2.	Funkcje opisujące zależność możliwości rozpoznania od częstotliwości przegrupowania urządzeń rozpoznawczych na kolejne rubieże rozwinięcia	50
2.3.	Funkcje opisujące możliwości wykrywania i namierzania w zależności od przepustowości stanowisk rozpoznawczych	55
3.	Rozpoznanie radioelektroniczne w zakresie UKF lotnictwa	56
4.	Rozpoznanie relacji łączności radioliniowej	58
5.	Rozpoznanie stacji radiolokacyjnych obserwacji okrężnej i stacji radiolokacyjnych TACAN	60
6.	Rozpoznanie stacji radiolokacyjnych artylerii polowej i przeciwlotniczej /śledzenia i oświetlenia/, obserwacji pola walki oraz stacji łączności satelitarnej	54

Str.

ROZDZIAŁ III ANALIZA ZASADNICZYCH PROBLEMÓW ORGANIZACJI ROZPOZNANIA RADIOELEKTRONICZNEGO W DZIAŁANIACH ZACZEPNYCH 65

1. Rozpoznanie radioelektroniczne w zakresie KF 67

1.1. Ogólne problemy wykonywania zadań rozpoznawczych w ograniczonym czasie 67

1.2. Wpływ środków utajniania korespondencji radiowej przeciwnika na warunki i sposób prowadzenia rozpoznania 72

2. Rozpoznanie radioelektroniczne w zakresie UKF wojsk lądowych 74

2.1. Wybrane problemy taktyki pododdziałów rozpoznania radioelektronicznego UKF 74

2.2. Zagadnienie wykonania zadań rozpoznawczych w ograniczonym czasie 78

3. Rozpoznanie radioelektroniczne w zakresie UKF lotnictwa 82

4. Rozpoznanie stacji łączności radioliniowej 83

5. Rozpoznanie stacji radiolokacyjnych obserwacji okrężnej oraz stacji radionawigacyjnych 86

6. Rozpoznanie stacji radiolokacyjnych artylerii polowej i przeciwlotniczej, obserwacji pola walki oraz stacji łączności satelitarnej 87

ROZDZIAŁ IV WNIOSKI DOTYCZĄCE UŻYCIA SIŁ I ŚRODKÓW ROZPOZNANIA RADIOELEKTRONICZNEGO PRZED WPROWADZENIEM SIŁ GŁÓWNYCH ARMII DO BITWY 90

1. Organizacja rozpoznania radioelektronicznego w zakresie fal krótkich 91

2. Organizacja rozpoznania radioelektronicznego w zakresie fal ultrakrótkich 101

3. Organizacja działań kompanii rozpoznania radioliniowego 106

4. Organizacja działań pododdziałów rozpoznania systemów radiolokacyjnych 108

ROZDZIAŁ V WNIOSKI DOTYCZĄCE DALSZEGO DOSKONALENIA SPRZĘTU ROZPOZNANIA RADIOELEKTRONICZNEGO 111

1. Zwiększenie przepustowości systemu rozpoznania radioelektronicznego 113

2. Zwiększenie czułości urządzeń rozpoznawczych 119

3. Zwiększenie dokładności lokalizacji źródeł promieniowania 120

4. Przystosowanie urządzeń rozpoznawczych do odbioru nowych postaci sygnałów elektromagnetycznych 126

ZAKOŃCZENIE 131

PRZYPISY 134

BIBLIOGRAFIA 148

W S T Ę P

Organizacja rozpoznania radioelektronicznego w rejonie wyjściowym armii do operacji zaczepnej nie była dotychczas rozpatrywana w sposób dostatecznie szczegółowy. Doświadczenia z szeregu ćwiczeń jednoznacznie wykazują, że w rozwiązywaniu problemów organizacji rozpoznania radioelektronicznego przed wejściem armii do bitwy powstaje szereg nowych problemów, które nie występują z równą ostrością w czasie prowadzenia działań zaczepnych lub obronnych przez siły główne armii.

Pododdziały rozpoznania radioelektronicznego będą najczęściej wykonywać zadania rozpoznawcze w warunkach skrajnie ograniczonego czasu, a zorganizowany przed wejściem do bitwy system rozpoznania musi niezawodnie funkcjonować podczas rozwijania działań zaczepnych. Dotychczasowa praktyka wykazuje, że proces planowania działań rozpoznawczych w rejonie wyjściowym musi uwzględniać warunki, w jakich armia będzie przechodzić do operacji. Dla dostatecznego uogólnienia tych warunków można określić trzy podstawowe sytuacje operacyjne, rzutujące bezpośrednio na sposób użycia elementów rozpoznania radioelektronicznego:

1/ przejście do operacji zaczepnej z pokonaniem pasa przesłaniania i przełamaniem zawczasu przygotowanej obrony przeciwnika;
2/ przejście do operacji w warunkach prowadzenia działań obronnych i obronno-opóźniających przez wojska własne na kierunku wprowadzenia armii do bitwy;
3/ wejście do bitwy w warunkach prowadzenia działań zaczepnych przez pierwszy rzut operacyjny wojsk własnych.

Rozumiejąc dalej pod pojęciem systemu rozpoznania radioelektronicznego armii ogólny potencjał sił i środków szczebla operacyjnego i taktycznego, wzajemnie skoordynowanych w działaniu przez sztab armii w celu wykonania zadań rozpoznawczych, należy rozstrzygnąć:

1/ w jakim zakresie działanie armijnych i dywizyjnych pododdziałów powinno być skoordynowane w systemie;

2/ jakie są możliwości rozpoznawcze systemu przed wprowadzeniem sił głównych armii do bitwy w różnych warunkach przechodzenia do operacji zaczepnej;

3/ czy istnieją warunki zwiększenia skuteczności działania systemu na drodze organizacyjnej przy dopuszczeniu zmian w taktyce i technice prowadzenia rozpoznania przez etatowe siły i środki pododdziałów rozpoznania radioelektronicznego;

4/ jaka powinna być koncepcja użycia posiadanych sił i środków dla zapewnienia optymalnego /lub zbliżonego do optymalnego/ ich wykorzystania.

Rozstrzygnięcie powyższych problemów jest zasadniczym celem pracy.

Szczególną rolę w wypracowaniu skuteczniejszych metod organizacji rozpoznania radioelektronicznego na różnych szczeblach dowodzenia i w różnych rodzajach działań bojowych mogą odegrać badania matematycznych modeli tego procesu. Model matematyczny, opisujący najbardziej istotne cechy zjawisk, pozwala w sposób dostatecznie pełny przedstawić określone działania praktyczne w postaci przydatnej do analizy ich skuteczności oraz umożliwia znalezienie nowych rozwiązań organizacyjnych, zapewniających lepsze efekty działania.

Spośród nowoczesnych metod badań, takich jak teoria gier, teoria decyzji, teoria masowej obsługi oraz innych, szczególnie przydatna w zastosowaniu do rozpoznania radioelektronicznego jest teoria masowej obsługi. Szereg zagadnień rozpoznania radioelektronicznego stanowi klasyczne niemal zadania tej teorii. Znalazła ona zresztą już w latach sześćdziesiątych zastosowanie w rozpoznawaniu radioelektronicznym,[x/] jednakże wykorzystywano ją przede wszystkim do określania parametrów technicznych projektowanego sprzętu rozpoznania systemów radiolokacyjnych.

---

x/ S.A.Wakin, L.N.Szustów: Zasady przeciwdziałania radioelektronicznego, wyd.MON 1972r., wyd.radzieckie 1968r.

O słuszności podjęcia tematu oraz o zasadności potraktowania go w kategoriach modelowych przekonały mnie ostatecznie dane o pracach radzieckich naukowców wojskowych w akademii im.Frunzego,którzy prowadzą poszukiwanie i badanie matematycznych modeli procesów rozpoznania wojskowego[xx/].

W pracy starałem się wykorzystać posiadaną wiedzę z zakresu nauk ścisłych,doświadczenia zdobyte w okresie służby w organach rozpoznawczych Śląskiego Okręgu Wojskowego,dostępne wydawnictwa własne /zwłaszcza Zarządu II Sztabu Generalnego/,wydawnictwa radzieckie,a także wojskowe periodyki amerykańskich sił zbrojnych.Niezwykle użyteczne okazało się wykorzystanie doświadczeń 11 batalionu rozpoznania radioelektronicznego,prowadzącego działalność szkolno-bojową w ramach jednolitego systemu rozpoznania radioelektronicznego Wojska Polskiego. W 11 brrel mogłem przeprowadzić szereg badań praktycznych,które pozwoliły określić zasadnicze parametry,użyteczne w matematycznym opisie zjawisk,towarzyszących procesowi rozpoznania radioelektronicznego.

W pierwszej części rozprawy starałem się uogólnić podstawowe cechy procesu rozpoznawczego,aby uzyskać dogodne warunki dla badań mechanizmu funkcjonowania systemu rozpoznania radioelektronicznego armii.Z rozważań przedstawionych w rozdziale pierwszym wynika,że jest możliwa ścisła analiza działania tego systemu,pod warunkiem zastosowania do badań teorii procesów przypadkowych.

Uogólnienie wniosków z ćwiczeń i praktycznych badań /w czasie których nie jest możliwe imitowanie w pełni rozwiniętych,wojennych systemów radioelektronicznych przeciwnika/, może wprawdzie być dokonane na drodze intuicyjnej, jednak tego typu oszacowania noszą wszelkie znamiona arbitralności.

---

xx/ Zastosowanie współczesnych metod logiczno-matematycznych w rozpoznaniu.Szt.Gen.824/77.

Nie bagatelizując intuicji - zwłaszcza popartej rzetelną wiedzą - można stwierdzić, że w okresie szkoleniowej działalności wojsk nie ma praktycznie żadnych przeciwskazań, by dokonać pewnej konfrontacji utrwalonych poglądów z nowymi wnioskami wynikłymi z zastosowania bogatszego aparatu badawczego. Zresztą w niniejszym opracowaniu także trudno było uniknąć pewnej arbitralności w precyzowaniu założeń, zwłaszcza dotyczących modelowego przedstawienia ugrupowania bojowego przeciwnika i funkcjonujących systemów radioelektronicznych. Pozostawały dwie drogi:

1/ przedstawić w sposób możliwie pełny całą różnorodność możliwości rozwijania i funkcjonowania systemów, z uwzględnieniem różnic w organizacji korpusów, dywizji i oddziałów, a także uwzględniając wiele możliwych wariantów ugrupowania bojowego przeciwnika, różnice w parametrach, ilości i sposobie użycia sprzętu radioelektronicznego oraz zakładając różne straty wynikłe w dynamice walki;

2/ przedstawić jeden możliwy wariant użycia środków radioelektronicznych nieprzyjaciela, uwzględniając w tym zakresie najbardziej typowe poglądy w siłach zbrojnych NATO.

Wstępna ocena pozwoliła ustalić, że pójście pierwszą drogą byłoby najprostszym sposobem zagmatwania pracy, a nadzieje na przedstawienie wszystkich możliwych rozwiązań w skomplikowanych sytuacjach współczesnego pola walki musiałyby pozostać wizją bardzo iluzoryczną.

Zastosowanie drugiego sposobu pozwoliło znakomicie uprościć całość zagadnień, zaś otrzymane rozwiązania - nie mające pretensji do przesadnej precyzji, pozwalają rozciągnąć dalsze rozważania na odmienne sytuacje, przy posługiwaniu się metodą analizy logicznej, intuicji, lub nawet pełnej adaptacji przedstawionych metod.

Rozdział drugi opracowania ma istotne znaczenie dla budowy hipotez i wypracowania wniosków w pozostałych częściach pracy. Ująłem w nim - w formie modelowej, te strony zjawisk towarzyszących rozpoznaniu, które są najistotniejsze w relacji organizacja - skuteczność działania organów rozpoznania radioelektronicznego. Stworzenie ogólnego modelu lub teorii procesu rozpoznania radioelektronicznego nie jest prawdopodobnie jeszcze możliwe, ponadto dla potrzeb opracowania podejmującego wybrane problemy z zakresu jego organizacji nie jest i konieczne. Przyjęte uproszczenia starałem się podporządkować dwóm nadrzędnym celom: zapewnieniu prostoty kalkulacji oraz zachowaniu wiarogodności końcowych oszacowań.

W rozdziale trzecim starałem się przeanalizować zasadnicze praktyczne problemy funkcjonowania całego mechanizmu rozpoznania radioelektronicznego, wykorzystując w tym celu otrzymane wcześniej funkcje matematyczne, wyniki badań praktycznych, dostępną wiedzę teoretyczną oraz wnioski z szeregu ćwiczeń, w których brały udział pododdziały rozpoznania radioelektronicznego. W tej części opracowania wykazałem, że istnieją możliwości usprawnienia organizacji rozpoznania radioelektronicznego na szczeblu armii, zwłaszcza w warunkach skrajnie ograniczonego czasu na organizację i prowadzenie działań, co może być szczególnie przydatne dla zdobywania danych rozpoznawczych przed wejściem sił głównych armii do bitwy. Z przeprowadzonych kalkulacji wynika także niezbicie, że dla zwiększenia efektywności systemu rozpoznania radioelektronicznego w tych warunkach należy w pewnym stopniu zrewidować obowiązujące zasady użycia i taktykę działania pododdziałów rozpoznania radioelektronicznego.

W rozdziale czwartym rozpatruję problematykę praktycznej organizacji systemu rozpoznania radioelektronicznego w rejonie wyjściowym armii do operacji zaczepnej, uwzględniając wnioski z tytułu poprzednich rozważań, przede wszystkim zaś dotyczące możliwości poprawy skuteczności rozpoznania w ograniczonym czasie.

Szczegółowa analiza mechanizmu funkcjonowania systemu rozpoznania radioelektronicznego wykazuje równocześnie, że doskonalenie samej organizacji procesu może mieć tylko znaczenie doraźne, obliczone na najbliższe lata. W dalszej perspektywie należy liczyć na nowe możliwości, jakie stwarza rozwój techniki elektronicznej. Ponieważ obecnie znajdujemy się na etapie wypracowania technicznych koncepcji sprzętu rozpoznania radioelektronicznego kolejnej generacji, ostatni rozdział pracy poświęcono uogólnieniu wniosków, dotyczących dalszego doskonalenia tego sprzętu.

Przedstawione w tym zakresie wnioski obliczone są przede wszystkim na podniesienie skuteczności rozpoznania w ograniczonym czasie, przystają więc bardzo do zagadnienia organizacji rozpoznania radioelektronicznego w rejonie wyjściowym do operacji zaczepnej armii.

Dalszy rozwój badań i szerokie wprowadzenie udoskonaleń technicznych może zadecydować już w perspektywie lat dziewięćdziesiątych o nowym miejscu i roli rozpoznania radioelektronicznego w rozpoznaniu wojskowym. W osobistym przekonaniu autora zasadnicze znaczenie może mieć pomyślna realizacja koncepcji bezpośredniego prowadzenia rozpoznania radioelektronicznego na rzecz ognia.

ROZDZIAŁ I. ZAGADNIENIE ROZPOZNANIA RADIOELEKTRONICZNEGO JAKO PROBLEM TEORII OBSŁUGI MASOWEJ

Rozpoznanie radioelektroniczne jest to ogół przedsięwzięć organizacyjno-technicznych, wzajemnie powiązanych pod względem celu, czasu i miejsca, umożliwiających zdobywanie informacji o przeciwniku na podstawie analizy pracy i rozmieszczenia jego środków radioelektronicznych[x/].

Ponieważ siły zbrojne państw NATO wyposażone są masowo w urządzenia promieniujące energię elektromagnetyczną /w dywizji przeciętnie 2-3 tysiące środków tego typu/, jedną z najistotniejszych cech rozpoznania radioelektronicznego jest olbrzymia pojemność informacyjna strumienia sygnałów radiowych trafiających na wejście urządzeń rozpoznawczych. Fale elektromagnetyczne jeśli nawet nie są zmodulowane prostą do detekcji informacją z zakresu dowodzenia wojskami, niosą ze sobą zawsze następujące informacje:

- dane o lokalizacji źródeł promieniowania;
- ilość środków radioelektronicznych ześrodkowanych w określonych rejonach i wykorzystywanych w procesie funkcjonowania dowodzenia;
- sposób powiązania środków w określone systemy;
- ogólne przeznaczenie urządzeń, wynikające ze struktury emitowanych sygnałów.

Nie ma potrzeby dodawać, że na obecnym etapie rozwoju elektroniki określone źródła promieniowania emitują również informacje podawane tekstem otwartym lub częściowo kodowanym.

---

x/ Zasady organizacji i prowadzenia rozpoznania radioelektronicznego /batalion-pułk rozpoznania radioelektronicznego/. Sztab Generalny WP - Zarząd II - Warszawa.

Rola tego czynnika w rozpoznaniu będzie wzrastać równolegle z realizacją przez armię kolejnych zadań operacji, w miarę pogarszania się położenia przeciwnika i wprowadzania do walki odwodów mobilizowanych, o mniejszej wartości sprzętu radioelektronicznego, obsługiwanego w dodatku przez słabiej wyszkolone załogi.

Drugą istotną cechą rozpoznania radioelektronicznego, ograniczającą wydatnie możliwość wykorzystania wartości informacyjnej całego strumienia sygnałów emitowanych z przestrzeni operacyjnej przeciwnika jest p r z y p a d k o w y / p r o b a b i l i s t y c z n y / charakter procesu rozpoznawczego. Składają się na to następujące, główne przyczyny:

- ograniczone możliwości przepustowe kanałów rozpoznawczych, powodujące, że w określonym czasie tylko część strumienia sygnałów docierających do urządzeń rozpoznawczych może być przez nie przetwarzana; oczywisty brak korelacji między nadawaniem a odbiorem po stronie przeciwnej powoduje, że koincydencja nadawania i odbioru jest funkcją przypadkową;
- szumy własne urządzeń rozpoznawczych, powodujące, że sygnał może nie zostać wykryty mimo nastrojenia urządzeń odbierczych na częstotliwość nadawania;
- właściwości rozchodzenia się fal radiowych w rozpoznawanej przestrzeni, uwarunkowane zarówno wpływem atmosfery jak i warunków terenowych;
- szumy i zakłócenia zewnętrzne, które w warunkach współczesnego pola walki odgrywać będą szczególną rolę ze względu na zajętość podstawowych pasm częstotliwości przez wielką ilość środków radioelektronicznych obu walczących stron.

Wymienione cechy procesu rozpoznawczego zmuszają do oceny możliwości pododdziałów rozpoznania radioelektronicznego w kategoriach prawdopodobieństwa. Wykorzystanie praw wielkich liczb pozwala stwierdzić, że prawdopodobieństwo wykrycia w określonym czasie środka radiowego, znajdującego się w zasięgu urządzeń rozpoznawczych równe jest

procentowi wykrytych w tym czasie wszystkich środków radiowych w strefie zasięgu x/.

Dla przykładu jeśli w zasięgu kompanii rozpoznania radioelektronicznego znajduje się 1000 radiostacji przeciwnika, w tym jedna radiostacja dowódcy baterii Honest John i w ciągu 3 godzin kompania ta zdolna jest wykryć 100 różnych radiostacji, to można stwierdzić, że prawdopodobieństwo wykrycia radiostacji dowódcy baterii wynosi 10%. Aby zagwarantować wyższe prawdopodobieństwo wykrycia tego źródła, kompania musi mieć zdolność do wykrycia proporcjonalnie większej ilości radiostacji.

Oczywiście sprawa rozpoznania wziętej dla przykładu radiostacji tj. prawidłowego przyporządkowania jej określonemu abonentowi jest osobnym zagadnieniem, związanym z lokalizacją radiostacji, określeniem jej powiązań w konkretnym systemie, analizą cech technicznych, zasad wymiany radiowej, treści przekazywanej korespondencji i innych. Każde nowo wykryte źródło promieniowania musi być w większym lub mniejszym stopniu poddane takiej analizie; prowadzi ona do wypracowania jednego z wniosków:

1. Wykryte źródło nie jest poszukiwaną radiostacją/wniosek wykluczający/.
2. Wykryte źródło może być poszukiwaną radiostacją/wniosek alternatywny/.
3. Wykryte źródło jest poszukiwaną radiostacją/wniosek pozytywny/.

Ogólnie liczba wniosków alternatywnych rośnie ze wzrostem skrytości przekazywanej informacji i rysującą się tendencją do unifikacji sprzętu radioelektronicznego przeciwnika.

---

x/ Pokrywa się to z rozważaniami dotyczącymi wykrywania w zastosowaniu do rozpoznania ogólnowojskowego./Zastosowanie współczesnych metod logiczno-matematycznych w rozpoznaniu. Szt. Gen. 824/77/.

Weryfikację wniosków /hipotez/ alternatywnych zapewnia się zwielokratnieniem wysiłku rozpoznania co do miejsca i czasu x/.

Zwielokrotnianie co do czasu realizuje się przedewszystkim siłami i środkami rozpoznania radioelektronicznego, natomiast najskuteczniejszą weryfikację co do miejsca gwarantuje nacelowanie działalności innych organów rozpoznawczych na rejony wskazane przez rozpoznanie radioelektroniczne.

Metodę zwielokrotnienia wysiłku rozpoznania co do miejsca w celu weryfikacji hipotez alternatywnych rozpoznania radioelektronicznego zbadano w czasie ćwiczenia "LATO-74", wykorzystując dane z tego rozpoznania do przerzutu i przecelowania grup specjalnych. Dało to efekty rozpoznawcze przewyższające ponad dwukrotnie rezultaty uzyskiwane przed zastosowaniem tej metody/zarówno w rozpoznaniu radioelektronicznym, jak i specjalnym/.

Najistotniejszy wniosek, jaki nasuwa się z przedstawionych rozważań jest następujący: wszelką podstawą do oceny skuteczności rozpoznania radioelektronicznego są możliwości ilościowe wykrycia i analizy w określonym czasie pracy środków radioelektronicznych znajdujących się w zasięgu urządzeń rozpoznawczych, a prawdopodobieństwo wykrycia określonego źródła jest równe procentowi wykrytych źródeł z ogólnej ich ilości w strefie zasięgu.

Tak więc całkowicie bezużyteczna jest metoda kalkulacji działań rozpoznania radioelektronicznego, niejednokrotnie stosowana do tej pory, a oparta na następujących zasadach /dla przykładu rozpoznanie radiowe/:

1. Oblicza się ilość najważniejszych relacji radiowych przeciwnika.
2. Kalkuluje się ile relacji radiowych może przechwytywać /śledzić, wykrywać/ każde stanowisko rozpoznawcze i sumuje się możliwości rozpoznawcze wszystkich stanowisk.

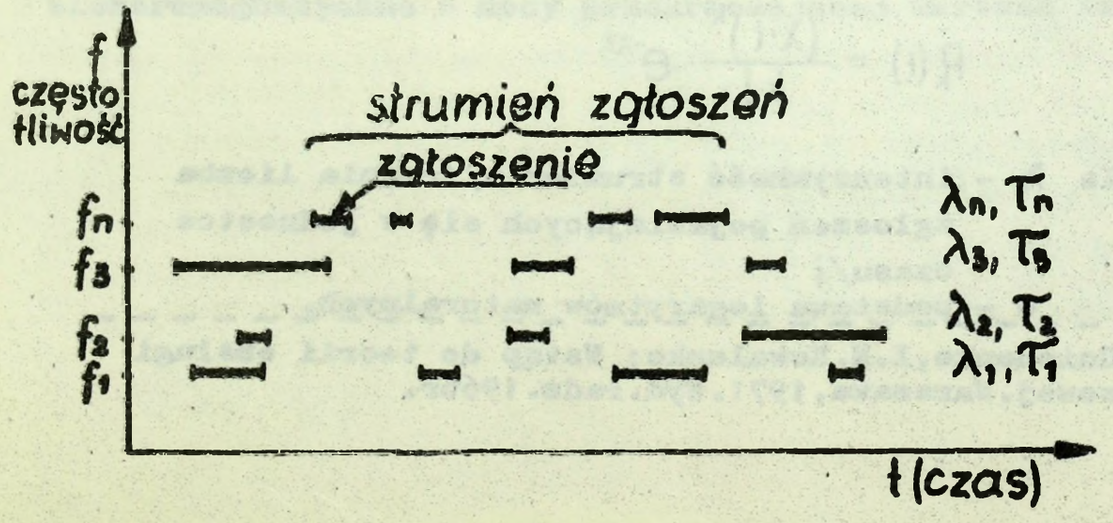
---

x/ Zastosowanie współczesnych metod logiczno-matematycznych w rozpoznaniu Szt.Gen.824/77.

3. Przydziela się do rozpoznania relacje uznane za najważniejsze,dbając jedynie aby ich ilość nie przekroczyła sumy określonej w punkcie 2.
4. Wyznacza się czas wykonania kolejnych zadań rozpoznawczych,co pozostaje na ogół w sferze optymistycznych życzeń.

Najściślejsza metoda wypracowania ogólnych zasad organizacji rozpoznania wymaga potraktowania zjawisk takimi,jakimi są one w rzeczywistości: emisji radioelektronicznych jako strumienia sygnałów przypadkowych /strumienia zgłoszeń/,zaś systemu rozpoznania radioelektronicznego jako systemu obsługującego/wykrywającego, odbierającego i analizującego/ procesy wejścia.Jako podstawę do rozważań wykorzystano współczesną wiedzę z zakresu teorii masowej obsługi,ponieważ pozwala ona operować ś r e d n i m i parametrami,uzyskiwanymi w procesie badań praktycznych.

Sygnały w postaci fal elektromagnetycznych docierające na wejście urządzeń rozpoznawczych emitowane są na określonych częstotliwościach,charakteryzują się ogólnie przypadkowym czasem trwania oraz intensywnością uzależnioną od częstości wykorzystywania przez przeciwnika jego środków radioelektronicznych.Dla uproszczenia dalszych rozważań wygodnie będzie traktować wszystkie emisje na jednej częstotliwości jako s t r u m i e ń z g ł o s z e ń ,natomiast każdą pojedynczą emisję /np.jeden seans łączności radiowej,serię impulsów stacji radiolokacyjnej/jako zgłoszenie /rys.1/.



Rys.1.

Rys.1. Emisje radioelektroniczne jako strumienie zgłoszeń systemu obsługi/ λ - intensywność strumienia n, τ_n - średni czas trwania zgłoszenia w strumieniu n/.

Dla potrzeb dalszych rozważań każdy ze strumieni traktować można j a k o s t r u m i e ń p r o s t y /zwany też strumieniem poissonowskim lub elementarnym/. Istotnie, odznacza się on stacjonarnością, brakiem pamięci i pojedynczością.

Stacjonarność strumienia oznacza, że dla dowolnej grupy ze skończonej liczby nie zachodzących na siebie przedziałów czasu, prawdopodobieństwo pojawienia się w nich k_1, k_2, ..., k_n zgłoszeń zależy tylko od wymienionych liczb i od długości odpowiednich przedziałów czasu, ale nie zależy od ich położenia na osi czasu.

Brak pamięci polega na tym, że prawdopodobieństwo wystąpienia k zgłoszeń w przedziale czasu /T, T+t/ nie zależy od tego, ile zgłoszeń i w jaki sposób wystąpiło do tego okresu czasu.

Pojedynczość strumienia zgłoszeń wyraża warunek praktycznej niemożliwości pojawienia się dwóch bądź większej liczby zgłoszeń w tym samym momencie x/.

Sygnały radiolokatorów obserwacji okrężnej włączanych na odpowiednio długi przeciąg czasu wygodnie jest rozpatrywać jako r e g u l a r n y strumień zgłoszeń.

Dla strumienia prostego słuszny jest wzór na prawdopodobieństwo wystąpienia k zgłoszeń w czasie t:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda t}$$

gdzie λ - intensywność strumienia/średnia liczba zgłoszeń pojawiających się w jednostce czasu/;

e - podstawa logarytmów naturalnych.

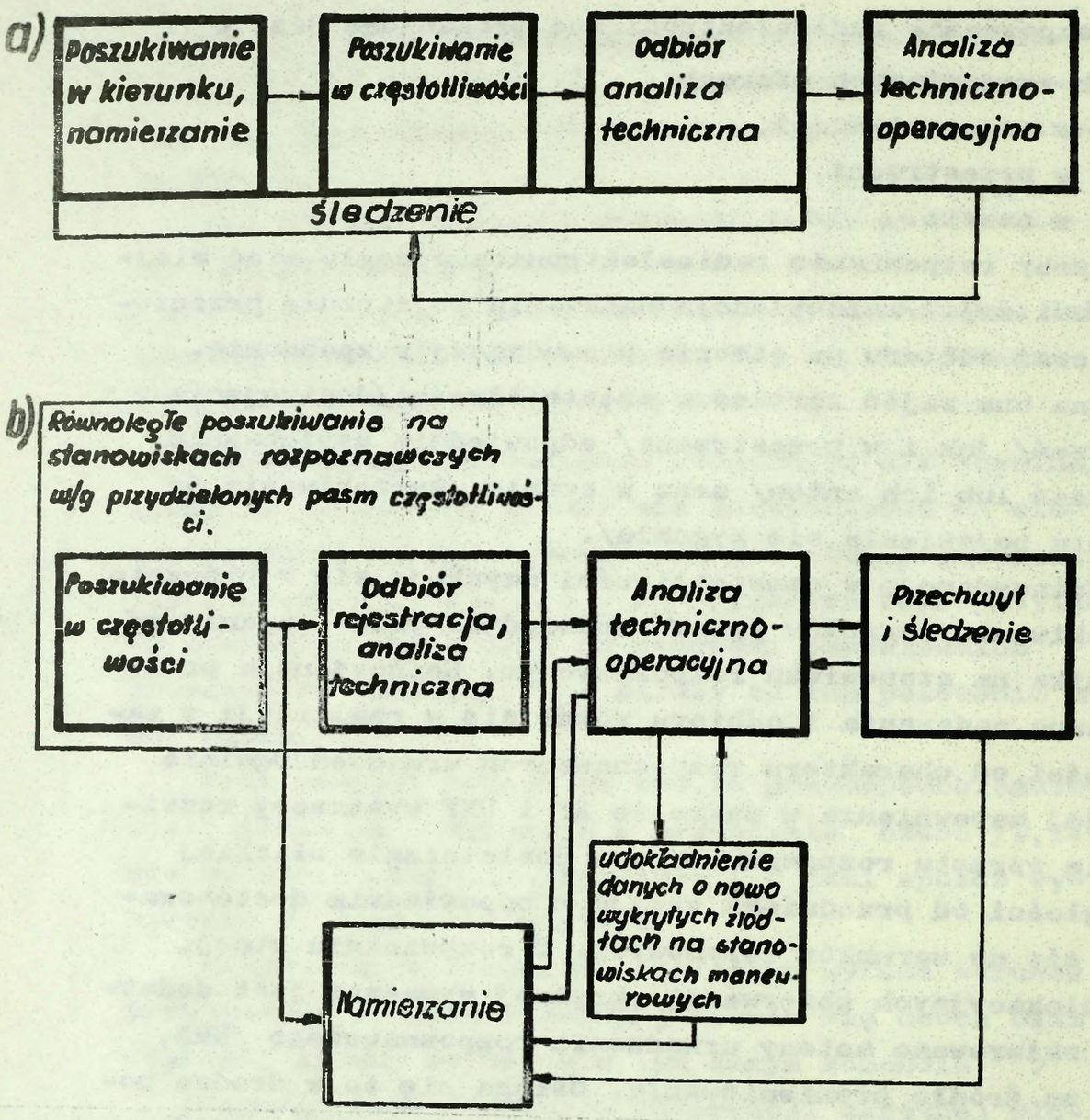
x/B.W.Gniedenko, I.N.Kowalenko: Wstąp do teorii obsługi masowej. Warszawa, 1971. Wyd.radz.1966r.

Rozpoznanie radioelektroniczne prowadzone jest w trzech zasadniczych sferach:

- w częstotliwości,
- w przestrzeni,
- w czasie.

Ażeby rozpoznanie radioelektroniczne mogło mieć miejsce, musi zajść koincydencja nadawania po stronie przeciwnika oraz odbioru po stronie prowadzącej rozpoznanie. Powinna ona zajść zarówno w częstotliwości/dostrojenie urządzeń/ jak i w przestrzeni/ odpowiednie usytuowanie urządzeń lub ich anten/ oraz w czasie /wyczekiwania do momentu pojawienia się sygnału/.

Koincydencję w częstotliwości uzyskuje się w procesie poszukiwania sygnałów przez odpowiednie przestrajanie odbiornika na stanowisku rozpoznawczym. Koincydencja przestrzenna nadawania i odbioru różni się w realizacji w zależności od charakteru rozpoznawanych urządzeń. Ogólnie dla jej zapewnienia w zakresie KF i UKF wystarczy rozwinięcie sprzętu rozpoznawczego w dostatecznie bliskiej odległości od przedniego skraju, z odpowiednim dostosowaniem się do warunków terenowych. W rozpoznaniu stacji radiolokacyjnych obserwacji okrężnej wymagane jest dodatkowo skierowane anteny urządzenia rozpoznawczego /NRS, RPS/ na źródło promieniowania. Osiąga się to w drodze poszukiwania w kierunku. Dla innych stacji radiolokacyjnych oraz stacji radioliniowych nie wystarcza jednak warunek odpowiedniego ukierunkowania anteny rozpoznawczej; trzeba jeszcze aby całe urządzenie rozpoznawcze znalazło się na określonym kierunku, do którego docierają fale elektromagnetyczne o mocy przekraczającej wartość szumów.



Rys.2. Ogólna zasada rozpoznania radioelektronicznego:

a/ rozpoznanie systemów radiolokacyjnych i relacji radioliniowych;

b/ rozpoznanie relacji radiowych KF i UKF.

Z przedstawionej na rys.2.zasady rozpoznania widać,że w rozpoznaniu systemów radiolokacyjnych i relacji radioliniowych wykrycie środka radioelektronicznego towarzyszy zawsze wykonanie namiaru,natomiast namierzenie relacji KF i UKF może często nie zajść ze względu na przeciążenie zespołu namierzania,ponieważ obsługuje on wiele stanowisk prowadzących równocześnie rozpoznanie w przydzielonych zakresach częstotliwości.

Ogólnie system rozpoznania radioelektronicznego należy traktować jako system obsługi z ograniczonym czasem oczekiwania sygnałów w kolejce. Każdy sygnał podający się na wejście urządzeń określony jest pewnym czasem trwania τ. Czas ten można traktować jako okres oczekiwania na obsługę. W czasie podawania się sygnału mogą zajść następujące zdarzenia:

1. Przez cały czas trwania sygnału stanowisko poszukiwania zajęte jest obsługą innego zgłoszenia/sygnał nie jest wykryty/.
2. Przez cały czas trwania sygnału stanowisko prowadzi poszukiwanie, jednak zanim nastąpi dostrojenie, urządzenia przeciwnika zakończą pracę/sygnał nie jest wykryty/.
3. W czasie trwania sygnału stanowisko zakończyło obsługę innego zgłoszenia i przystąpiło do poszukiwania pasma lub przestrzeni, jednak przed zakończeniem emisji nie nastąpiło odpowiednie zestrojenie urządzenia/sygnał nie jest wykryty/.
4. W czasie trwania sygnału stanowisko było wolne lub zostało zwolnione, jednak wkrótce nastąpiło dostrojenie do zgłoszenia /zgłoszeń/ na innej częstotliwości/ sygnał nie jest wykryty/.
5. W czasie trwania sygnału na stanowisku poszukiwania nastąpiło niezbędne zestrojenie aparatury, jednak namierniki zajęte są obsługą zgłoszenia z innego stanowiska rozpoznawczego /sygnał zostaje wykryty, jednak nie ma możliwości dokonania namiaru i oceny, czy radiostacje znajdują się w określonym pasie działania/.
6. Sygnał zostaje wykryty, istnieje możliwość podania komendy do namierzania.

Z przedstawionej analizy widać, że prawdopodobieństwo rozpoznania określonego sygnału zależy nie tylko od stochastycznych parametrów strumieni, lecz także od sposobu funkcjonowania systemu obsługi, a przede wszystkim od następujących parametrów:

1/ okresu przestrajania każdego z odbiorników poszukiwania o szerokość pasma /łączy się to ściśle z ilością środków wydzielonych do poszukiwania/;
2/ czasu obsługi sygnału na stanowisku rozpoznawczym /analiza techniczna, wypełnienie blankietu/;
3/ przepustowości zespołu namierzania /tylko dla rozpoznania UKF i KF/.

1. Charakterystyka systemów radioelektronicznych przeciwnika w pasie działania armii.

Na wstępie należy zaznaczyć, że przedstawiona poniżej charakterystyka nie jest wszechstronnym opracowaniem podsumowującym dostępną obecnie wiedzę o systemach radioelektronicznych wykorzystywanych przez nieprzyjaciela na szczeblach taktycznych i operacyjnych. Aktualne i obszerne opracowania tego typu są dostępne przede wszystkim jako wydawnictwa Zarządu II Sztabu Generalnego, a ich streszczenie mijałoby się z celem.
Przedstawione rozważania są próbą syntezy systemów radioelektronicznych, występujących w ugrupowaniu korpusu armijnego NATO, mającą być użyteczną w trakcie analizy problemów organizacyjnych procesu rozpoznania radioelektronicznego. Takie założenie pozwala wydzielić następujące główne cechy rozpoznawcze systemów radioelektronicznych:

1. Zakres częstotliwości wykorzystywanych przez źródła emisji elektromagnetycznych. Zakres częstotliwości ma zasadnicze znaczenie dla sposobu rozchodzenia się fal radiowych i dlatego w znacznym stopniu decyduje o zasięgu wykrywania środków radioelektronicznych. Z drugiej strony określone źródła emisji mogą być wykryte tylko wtedy, gdy zakres ich częstotliwości roboczych zazębia się lub pokrywa z zakresem częstotliwości urządzeń rozpoznawczych.

2. Funkcja gęstości rozkładu powierzchniowego źródeł - G. Jest to ilość źródeł przypadająca na 1 km^2 powierzchni w ugrupowaniu bojowym przeciwnika. Ogólnie nasycenie środkami radioelektronicznymi odpowiada pewnym normom, zależnym dość ściśle od przyjętego ugrupowania bojowego.
3. Moc promieniowania źródeł, wpływająca na zasięg /głębokość/ rozpoznania.
4. Charakterystyka przestrzenna promieniowania środków radioelektronicznych. Na ogół wykorzystanie charakterystyk kierunkowego promieniowania anten nadawczych utrudnia proces rozpoznania, co powinno być brane pod uwagę w kalkulacjach możliwości rozpoznawczych. Charakterystyka przestrzenna promieniowania zależy w znacznym stopniu od zakresu wykorzystywanych częstotliwości i ma duży wpływ na zasięg rozpoznania.
5. Ilość częstotliwości roboczych-m, wykorzystywanych przez środki radioelektroniczne w określonym paśmie częstotliwości w strefie zasięgu urządzeń rozpoznawczych.
6. Średnia intensywność strumienia sygnałów - λ . Jest to średnia ilość sygnałów na określonej częstotliwości, pojawiających się w jednostce czasu.
7. Średni czas ciągłej pracy rozpoznawanych urządzeń radioelektronicznych - τ .

Całe pasmo fal radiowych wykorzystywane przez przeciwnika i objęte rozpoznaniem na szczeblach taktycznych i operacyjnych można podzielić na cztery główne zakresy:

- zakres krótkofalowy - od 1,5 MHz do 30 MHz;
- zakres ultrakrótkofalowy wojsk lądowych - od 30 MHz do ok. 76 MHz;
- zakres ultrakrótkofalowy lotnictwa od 225 MHz do 400MHz
- zakres mikrofal - 400 MHz do 16,6 GHz

W ramach wyróżnionych powyżej zakresów częstotliwości dogodnie jest rozpatrywać pozostałe cechy systemów radioelektronicznych przeciwnika.

1.1. Zakres krótkofalowy 1,5 - 30 MHz. W zakresie krótkofalowym funkcję gęstości rozkładu powierzchniowego źródeł w ugrupowaniu korpusu armijnego można z wystarczająco dobrym przybliżeniem przyjąć jako stałą i równą ok.0,02/km^2. Wynika to z ilości sieci KF organizowanych na poszczególnych szczeblach dowodzenia. I tak w ugrupowaniu korpusu armijnego występuje ok.40-50 sieci,w ugrupowaniu dywizji /zajmującej rejon 6-8 krotnie mniejszy/ występuje 8-10 sieci KF,zaś w ugrupowaniu brygady rozwiniętej zgodnie z normami na powierzchni 30-40 krotnie mniejszej od ugrupowania korpusu występuje 1 sieć radiowa KF.Przyjmując,że w jednej sieci radiowej pracuje przeciętnie 5 radiostacji, w całym pasie korpusu /ok.10 000 km^2/ otrzymamy nasycenie ok.0,02 rdst/km^2.Przyjęcie równomiernego rozkładu radiostacji jest w tym wypadku usprawiedliwione jeszcze jednym czynnikiem,mianowicie dużym zasięgiem fal radiowych tego zakresu. Ze względu na wykrywanie nie jest wobec tego zbyt istotne,czy więcej radiostacji znajduje się w ugrupowaniu brygad pierwszego rzutu,czy też w rejonie drugiego rzutu dywizji.

Zdecydowana większość radiostacji KF pracuje z mocą promieniowania wynoszącą od kilkunastu do kilkuset W,co umożliwia ich rozpoznanie na pełną głębokość ugrupowania bojowego korpusu.Charakterystyka przestrzenna promieniowania środków KF umożliwia ich rozpoznanie ze wszystkich kierunków,z odległości do kilkuset i więcej kilometrów. Spowodowane jest to tym,że anteny radiostacji krótkofalowych promieniują na ogół energię we wszystkich kierunkach równocześnie.Poza tym fale elektromagnetyczne tego pasma posiadają właściwości uginania się wzdłuż krzywizny i nierówności powierzchni ziemi,a także "odbicia" od warstw jonosfery.

Ilość częstotliwości roboczych KF wykorzystywanych w sieciach radiowych korpusu armijnego można oszacować jako równą 100-150. Wprawdzie od szczebla brygady do korpusu organizuje się łącznie ok. 40-50 sieci radiowych KF, jednak wykorzystują one z reguły po dwie częstotliwości: jedną do prowadzenia korespondencji fonicznej, drugą do utrzymywania łączności dalekopisowej. Ponadto część sieci, zwłaszcza ważniejszych, pracować będzie w dupleksie.

Intensywność strumienia sygnałów pasma KF daje się oszacować z wystarczającą dokładnością na podstawie danych z rozpoznania radioelektronicznego KF prowadzonego obecnie w ramach jednolitego systemu rozpoznania radioelektronicznego Wojska Polskiego. Do oceny intensywności wzięto pod uwagę najlepiej rozpoznane sieci radiowe 5 i 7KA/A/ oraz 3 KA/NZ/, pracujące w czasie ćwiczeń sił zbrojnych NATO AUTUMN FORGE-78, REFORGER-79, WINTEX-79. Przeprowadzone badania wykazują, że intensywność strumienia sygnałów pasma KF dla korpusu armijnego NATO prowadzącego działania bojowe można przyjąć jako równą $\lambda_{KA} = 4/\text{godz}$ [x/].

Na podstawie badań prowadzonych w okresie wspomnianych ćwiczeń NATO ustalono średni czas pracy urządzenia KF $\tau_{KA} = 0{,}08$ godz. Ze względu na omówioną wcześniej charakterystykę promieniowania w tym zakresie należy oszacować, również ogólną liczbę fal zajętych przez pracujące środki radioelektroniczne KF, których sygnały mogą być odbierane przez urządzenia rozpoznawcze. Dla przybliżonego oszacowania tej wartości można przeprowadzić dość proste kalkulacje. Wiadomo mianowicie, że pasmo KF jest ogólnie przeciążone ze względu na dużą ilość środków wykorzystywanych do łączności.

Badania prowadzono w 11 brrel dla potrzeb Zarządu II Sztabu Generalnego, w celu wypracowania modelu poszukiwania źródeł promieniowania radiowego KF w ugrupowaniu korpusu armijnego NATO.

Stan ten będzie niewątpliwie utrzymywał się w czasie działań bojowych. Szerokość pasma zajmowanego przez pojedynczą sieć radiową wynosi od ok. 3 do 10 kHz. Przyjmijmy, że cały zakres 1,5-30MHz jest mniej więcej równomiernie obciążony pracą sieci radiowych zajmujących średnio pasmo 6 kHz, otrzymamy więc:

- rozpoznawany zakres częstotliwości
  ΔF = 30 MHz - 1,5 MHz = 28,5 MHz;
- szerokość pasma zajmowanego przez pojedynczą sieć radiową Δf = 6 kHz;
- ilość sieci radiowych mieszczących się w rozpoznawanym zakresie

$$n_{oś} = \frac{\Delta F}{\Delta f} = \frac{28,5 \text{ MHz}}{6 \text{ kHz}} = 4.750$$

W tej sytuacji można sądzić, że oszacowanie pozostające w granicach 3 - 6 tysięcy sieci radiowych, których emisje mogą być rejestrowane w urządzeniach rozpoznawczych, dość realistycznie odzwierciedla możliwą zajętość pasma krótkofalowego.

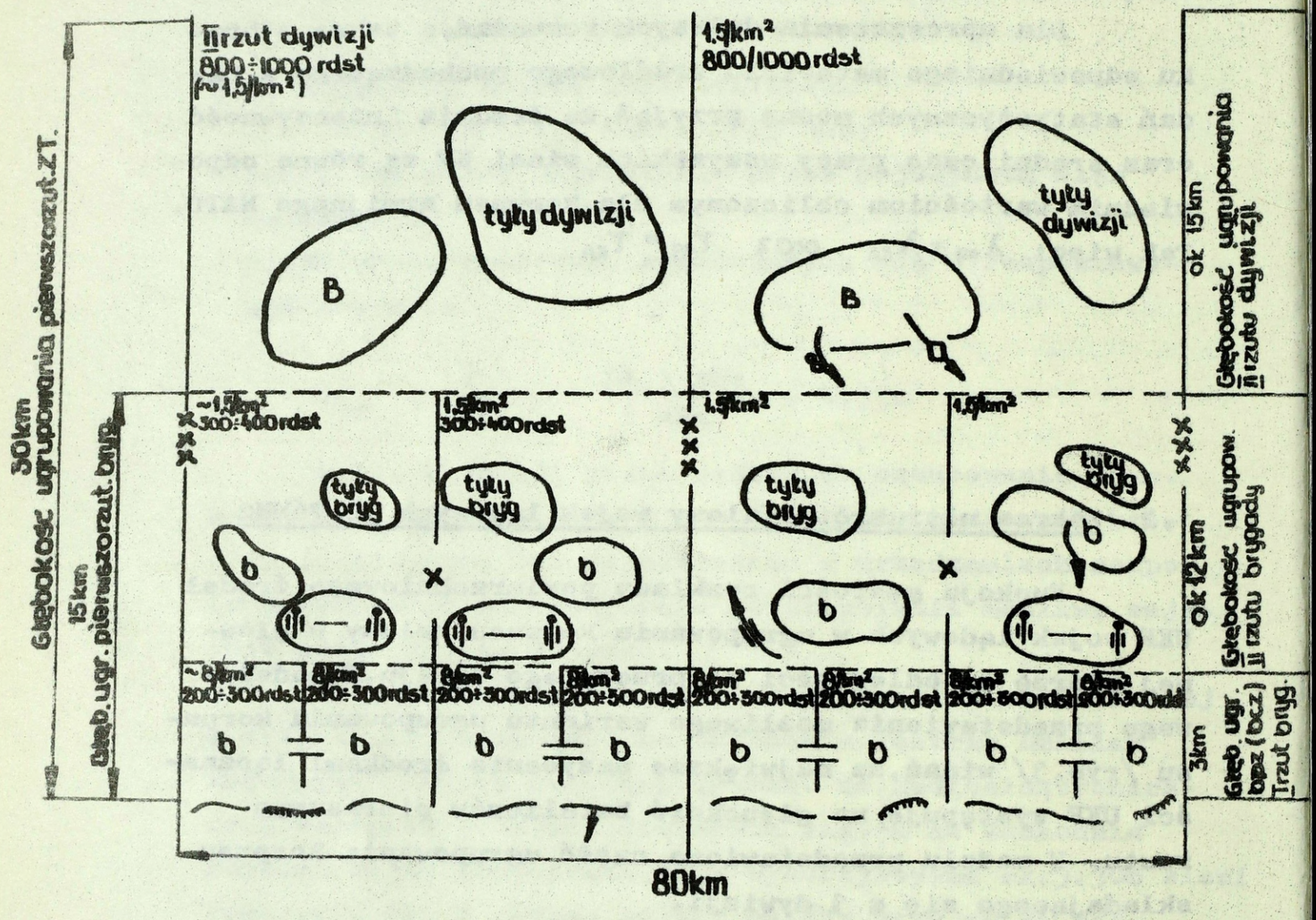
W wydawnictwie "Ocena sytuacji radioelektronicznej w siłach zbrojnych NATO na Zachodnim Teatrze Działań Wojennych" /Sztab Gen. Zesp. Operac. ds. Radioelektronicznych, Warszawa - 1972r/ stwierdza się, że na Zachodnim Teatrze Wojny przeciwnik może wykorzystywać ok. 3.300 sieci radiowych KF. Z jednej strony należy przyjąć, że nie wszystkie emisje tych sieci mogą być rejestrowane w miejscu rozwinięcia batalionu rozpoznania radioelektronicznego. Z drugiej jednak strony batalion może odbierać inne emisje przeciwnika, spoza ETW, a także znaczną ilość emisji wojsk własnych, z których część /zwłaszcza szyfrowanych przy pomocy urządzeń technicznych/ wymaga straty czasu na wykrywanie i namierzanie. W dalszej części przyjmuje się, że w rejonie rozwinięcia batalionu rozpoznania radioelektronicznego w paśmie 1,5-25MHz mogą być odbierane emisje na ok. 3000 częstotliwości roboczych.

Tak więc rozpoznawane sieci radiowe korpusu armijnego zajmujące około 100 fal roboczych, mogą stanowić /w dość dużym przybliżeniu/ zaledwie kilka procent ogólnej liczby sieci, których sygnały będą odbierane przez urządzenia rozpoznawcze.

Dla uproszczenia dalszych rozważań, a także z braku odpowiedniego materiału źródłowego pochodzącego z badań statystycznych można przyjąć, że średnia intensywność oraz średni czas pracy wszystkich sieci KF są równe odpowiednim wartościom obliczonym dla korpusu armijnego NATO. Tak więc: $\lambda_{oq} = \lambda_{KA}$ oraz $\tau_{oq} = \tau_{KA}$

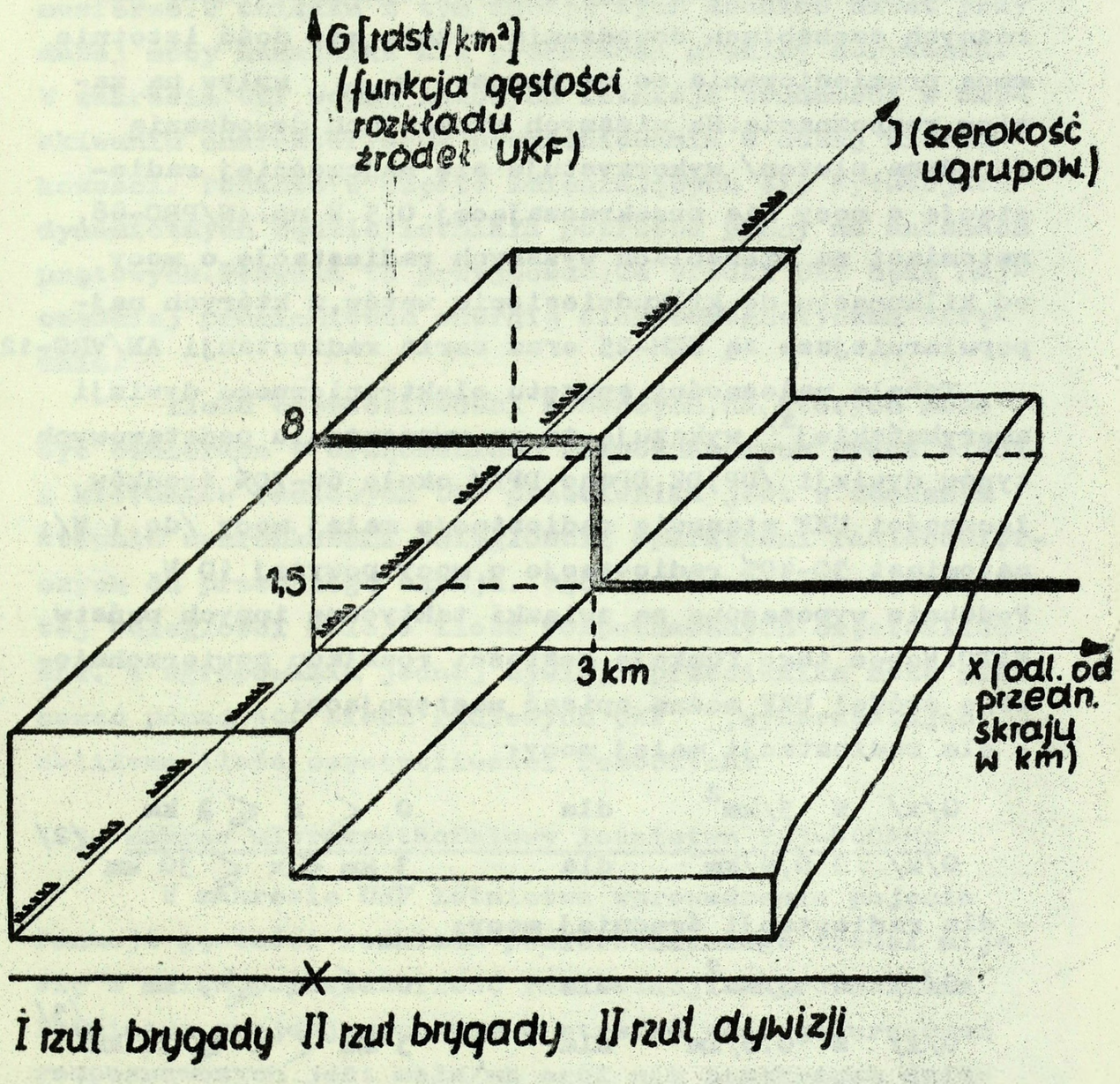
1.2. Zakres ultrakrótkofalowy wojsk lądowych 30-76MHz

Funkcja gęstości rozkładu powierzchniowego źródeł UKF wojsk lądowych w ugrupowaniu korpusu zależy w głównej mierze od odległości do przedniego skraju. Z modelowego przedstawienia możliwego wariantu ugrupowania korpusu /rys.3/ widać, że największe nasycenie środkami łączności UKF występuje na głębokość batalionów pierwszego rzutu. W modelu przedstawiono część ugrupowania korpusu składającego się z 3 dywizji.
Założono, że na szczeblach od brygady wzwyż utrzymywane są silne drugie rzuty i odwody.



Rys. 3. Nasycenie środkami łączności UKF wojsk lądowych na głębokość taktyczną ugrupowania korpusu.

Funkcję gęstości rozkładu powierzchniowego tych źródeł można więc przyjąć jako skokową /rys.4./



Rys.4. Funkcja gęstości rozkładu powierzchniowego źródeł UKF wojsk lądowych na głębokości taktycznej ugrupowania bojowego przeciwnika.

Tak więc

$$G/x/ = 8/km^2 \quad \text{dla} \quad 0 < x \leqslant 3 \text{ km}$$
$$G/x/ = 1{,}5/km^2 \quad \text{dla} \quad 3 \text{ km} < x \leqslant 30 \text{ km} \qquad /1/$$

Środki łączności tego zakresu wykorzystywane na różnych szczeblach dowodzenia różnią się dość istotnie mocą promieniowania, co ma bardzo duży wpływ na zasięg rozpoznania. Na niższych szczeblach dowodzenia /drużyna, pluton/ wykorzystuje się najczęściej radiostacje o mocy nie przekraczającej 0,5 W np. AN/PRC-88, natomiast na szczeblach wyższych radiostacje o mocy od kilkunastu do kilkudziesięciu watów, z których najpopularniejsze są SEM-25 oraz seria radiostacji AN/VRC-12.

Tabele należności sprzętu elektronicznego dywizji amerykańskiej[x/] wykazują, że na wyposażeniu podstawowych typów dywizji /DP, DZ, DPanc, DPD/ około 60-70% środków łączności UKF stanowią radiostacje małej mocy /do 1 W/, natomiast 30-40% radiostacje o mocy powyżej 10 W. Podobnie wyposażone są związki taktyczne innych państw NATO. Wobec tego funkcję gęstości rozkładu powierzchniowego źródeł UKF można opisać następująco:

- dla radiostacji małej mocy:

$$G/x/ \cong 5/km^2 \quad \text{dla} \quad 0 < x \leqslant 3 \text{ km}$$
$$G/x/ \cong 0{,}9/km^2 \quad \text{dla} \quad 3 \text{ km} < x \leqslant 30 \text{ km} \qquad /2/$$

- dla radiostacji średniej mocy:

$$G/x/ \cong 3/km^2 \quad \text{dla} \quad 0 < x \leqslant 3 \text{ km}$$
$$G/x/ \cong 0{,}6/km^2 \quad \text{dla} \quad 3 \text{ km} < x \leqslant 30 \text{ km} \qquad /3/$$

---

x/ Dowodzenie i łączność w związkach taktycznych i oddziałach sił zbrojnych NATO, Sat.Gen. 699/74.

Charakterystyka przestrzenna promieniowania środków UKF różni się dość istotnie od charakterystyki środków KF,ponieważ fale tego zakresu ulegają znikomemu ugięciu,nie rozpraszają się również zbyt znacznie w atmosferze.W związku z tym zasięg tych środków nawet przy dużej mocy nadajnika nie przekracza granicy horyzontu. W zakresie UKF wojsk lądowych istnieją trudności w uzyskiwaniu charakterystyk promieniowania o dużej kierunkowości. Ponadto w często zmieniających się sytuacjach dynamicznych będzie istniała potrzeba pracy na antenach prętowych.Pozwala to przyjmować,że środki UKF będą najczęściej promieniować energię elektromagnetyczną okrężnie.

Ilość częstotliwości roboczych,na których może być odbierana w urządzeniach rozpoznawczych praca sieci i kierunków radiowych UKF przeciwnika jest w znacznym stopniu uwarunkowana odległością aparatowni radioodbiorczych od przedniego skraju. Ogólnie w miarę zwiększenia tej odległości maleje ilość rozpoznawanych częstotliwości. W ugrupowaniu jednej dywizji przeciwnika może pracować ponad 400 sieci radiowych UKF x/,wykorzystując zbliżoną ilość częstotliwości roboczych.

1.3. Zakres ultrakrótkofalowy lotnictwa 225-400MHz

W zakresie UKF lotnictwa wprowadzenie pojęcia funkcji gęstości rozkładu powierzchniowego źródeł mija się z celem,ponieważ ilość radiostacji naprowadzania lotnictwa znajdujących się w strefie zasięgu urządzeń rozpoznawczych jest mała/na ogół nie przekracza dziesięciu/.Oficerowie naprowadzania lotnictwa znajdują się przy batalionach pierwszego rzutu /po jednym/, przy SD brygad i dywizji.Moc promieniowania radiostacji jest dość znaczna i wynosi kilkadziesiąt watów.

---

x/ Ocena sytuacji radioelektronicznej w siłach zbrojnych NATO na Zachodnim Teatrze Działań Wojennych. Sztab Generalny Zespół Operacyjny ds.Radioelektronicznych.Warszawa 1972r.W artykule "Łączność w dywizjach USA"/Zarubieżnoje Wojennoje Obozrienije nr.6/1976/ilość sieci UKF w dywizji amerykańskiej oceniana jest na 470.

W zakresie UKF lotnictwa nie wykorzystuje się charakterystyk kierunkowych promieniowania, ponieważ ograniczałoby to możliwości nawiązywania łączności.

W procesie rozpoznania radioelektronicznego tego zakresu należy dodatkowo uwzględnić ogólną ilość częstotliwości roboczych wykorzystywanych przez załogi samolotów, ponieważ sygnały emitowane przez radiostacje pokładowe docierają do urządzeń rozpoznawczych z odległości kilkuset kilometrów. Dane z rozpoznania radioelektronicznego prowadzonego w jednolitym systemie Wojska Polskiego oraz dane z praktyk w CzAL pozwalają ustalić następujące parametry:

- ogólna ilość radiostacji w zasięgu rozpoznania $m_{og} \cong 100$ /w tym radiostacje pokładowe samolotów/;
- średnia intensywność strumienia sygnałów pojedynczej radiostacji $\lambda \cong \lambda_{oq} \cong 3$/godz.;
- średni czas ciągłej pracy radiostacji $\tau = \tau_{oq} \cong 0{,}02$/godz.

1.4. Zakres mikrofal 400 MHz do 16,6 GHz

W zakresie 400 MHz do 10 GHz systemy radioelektroniczne przeciwnika posiadają najbardziej zróżnicowane cechy. Bardzo przydatny ich podział daje się przeprowadzić, jeśli wziąć pod uwagę charakterystykę przestrzenną promieniowania środków radioelektronicznych tego zakresu. Otrzymamy wtedy trzy główne grupy urządzeń:

a/ stacje radioliniowe - urządzenia promieniujące energię skupioną w nieruchomej wiązce, wzdłuż powierzchni ziemi;

b/ stacje radiolokacyjne obserwacji okrężnej i stacje radionawigacyjne TACAN - urządzenia promieniujące energię wzdłuż powierzchni ziemi w postaci wiązki przemieszczającej się okresowo/okrężnie lub sektorowo/, ze stałą szybkością kątową;

c/ stacje radiolokacyjne artylerii polowej, przeciwlotniczej /śledzenia i oświetlania celów/, obserwacji pola walki, stacje łączności satelitarnej - urządzenia promieniujące energię w postaci wąskiej wiązki,

przemieszczającej się zarówno w azymucie jak i w kącie podniesienia, bez możliwej do przewidzenia regularności, lub też w postaci nieruchomej wiązki, jednak skierowanej pod dużym kątem nad powierzchnię ziemi /do łączności z satelitą/. Wszystkie trzy grupy mają następujące wspólne cechy:

- dużą moc promieniowania /moc średnia zawarta jest w granicach od kilkudziesięciu watów do kilku kilowatów/;
- ilość częstotliwości roboczych jest w przybliżeniu równa ilości środków radioelektronicznych tego zakresu.

W obrębie wyróżnionych trzech grup urządzeń występują także dość istotne różnice, wpływające na możliwości rozpoznania.

Stacje radioliniowe. Funkcja gęstości rozkładu powierzchniowego źródeł przy istnieniu tzw. siatkowego /rejonowego/ systemu łączności jest w przybliżeniu stała i wynosi pk. 0,04/km^2 na głębokość dywizji pierwszego rzutu. Wynika to z przewidzianych normami szerokości pasa działania dywizji oraz ilości nadajników użytych do budowy linii radiowych, która wynosi od 40 do ponad 50[x]/. Można przyjąć, że w funkcjonującej linii radiowej dwunasto lub dwudziestoczterokrotnej pracuje ciągle co najmniej jeden z kanałów, jednak uwzględniając, że w działaniach bojowych około 1/3 czasu potrzebuje przeciwnik na zwinięcie, przegrupowanie i rozwinięcie środków łączności radioliniowej, otrzymamy:

$\tau \approx 4$ godz., $\lambda \cong 0,15$/godz.

Stacje radiolokacyjne obserwacji okrężnej i stacje radionawigacyjne.

Funkcję gęstości rozkładu powierzchniowego tych źródeł można przyjąć jako równomierną ze względu na dążenie przeciwnika do stworzenia ciągłej strefy wykrywania celów powietrznych na małych wysokościach.

---

x/Dowodzenie i łączność w związkach taktycznych i oddziałach sił zbrojnych NATO. Szt. Gen. 699/74.

W pasie działania dywizji nieprzyjaciela może występować około 12 do 15 środków tego typu, w tym:

AN/MPQ-49	- 8 szt.
AN/MPQ-34	- 1-2 szt.
AN/MPQ-35	- 1-2 szt.
AN/TPS-1D, AN/TPS-43	- 1-2 szt.
TACAN	- do 1 szt.

Wobec tego funkcję gęstości można przyjąć jako równą

$$Q/x,y/ \cong 0,01/km^2$$

Wartości λ i τ dla tych stacji radiolokacyjnych wynikają z typowego reżimu ich pracy.
Przyjmując powszechnie stosowaną szerokość wiązki antenowej 3 stopnie oraz szybkość obrotów anteny 3 obr/min. otrzymujemy $\lambda = 3/min$, $\tau = 0,16$ s

Stacje TACAN wytwarzają sygnały modulowane, które z wystarczającą do obliczeń dokładnością można przyjmować jako ciągłe.

Stacje radiolokacyjne artylerii polowej, przeciwlotniczej i obserwacji pola walki, stacje łączności satelitarnej.

W ugrupowaniu dywizji może występować do 30 stacji tego typu, w tym:
- do 30 stacji obserwacji pola walki,
- 8-16 stacji zestawów HAWK AN/MPQ-33;
- ponad 10 stacji plot pocisków ROLAND II, armat VULCAN lub urządzeń kierowania ogniem DEISWILL VII B;
- 4 stacje artylerii polowej FA Nr.8 Mk 2 GREEN ARCHER /amerykańskich stacji AN/MPQ-4A/

Stacje łączności satelitarnej mogą być wprowadzone w latach 80-tych również na szczeblach taktycznych, do batalionu włącznie.

Ze względu na zasadę pracy wymienionych stacji należy przyjmować bardzo małe prawdopodobieństwo ich rozpoznania a zwłaszcza namierzania. Tak więc $\lambda \to 0$, $\tau \to 0$. Wynika to z faktu, że stacje tego typu posiadają charakterystyki promieniowania w kształcie cygara i nie są prze-

znaczone do regularnego skanowania całej przestrzeni. Ponadto należy uwzględnić, że stacje radiolokacyjne obserwacji pola walki włącza się tylko w warunkach ograniczonej widoczności wzrokowej.

2. Siły i środki rozpoznania radioelektronicznego armii

Armia ogólnowojskowa /pancerna/ dysponuje następującą ilością środków rozpoznania radioelektronicznego:

1/ w zakresie KF /1,5 - 25 MHz/:

- 12 stanowiskami przechwytu radiodalekopisowego
- 21 stanowiskami przechwytu fonicznego
- 8 stanowiskami namierzania /w składzie 4 namierników radiowych/.

Wymienione siły i środki znajdują się w armijnym batalionie rozpoznania radioelektronicznego. Ponadto w składzie przydzielanego armii batalionu zakłóceń taktycznych znajdują się 2 namierniki radiowe /po 2 stanowiska namierzania/ i 1 aparatownia radioodbiorcza /7 stanowisk rozpoznawczych/.

2/ w zakresie UKF /20-100 MHz/:

- 10 stanowiskami przechwytu fonicznego w każdej z 3-4 dywizji oraz w armijnym brrel;
- 3 namiernikami radiowymi w każdej z 3-4 dywizji oraz 4 namiernikami w brrel;

Ponadto w składzie przydzielonego armii batalionu zakłóceń taktycznych znajdują się 3 namierniki radiowe i 3 aparatownie radioodbiorcze.

3/ w górnym zakresie UKF /100-600MHz/;

- 6 stanowiskami rozpoznania łączności radioliniowej /w składzie 3 stacji rozpoznania radioliniowego/ w armijnym brrel;

4/ w zakresie mikrofal:

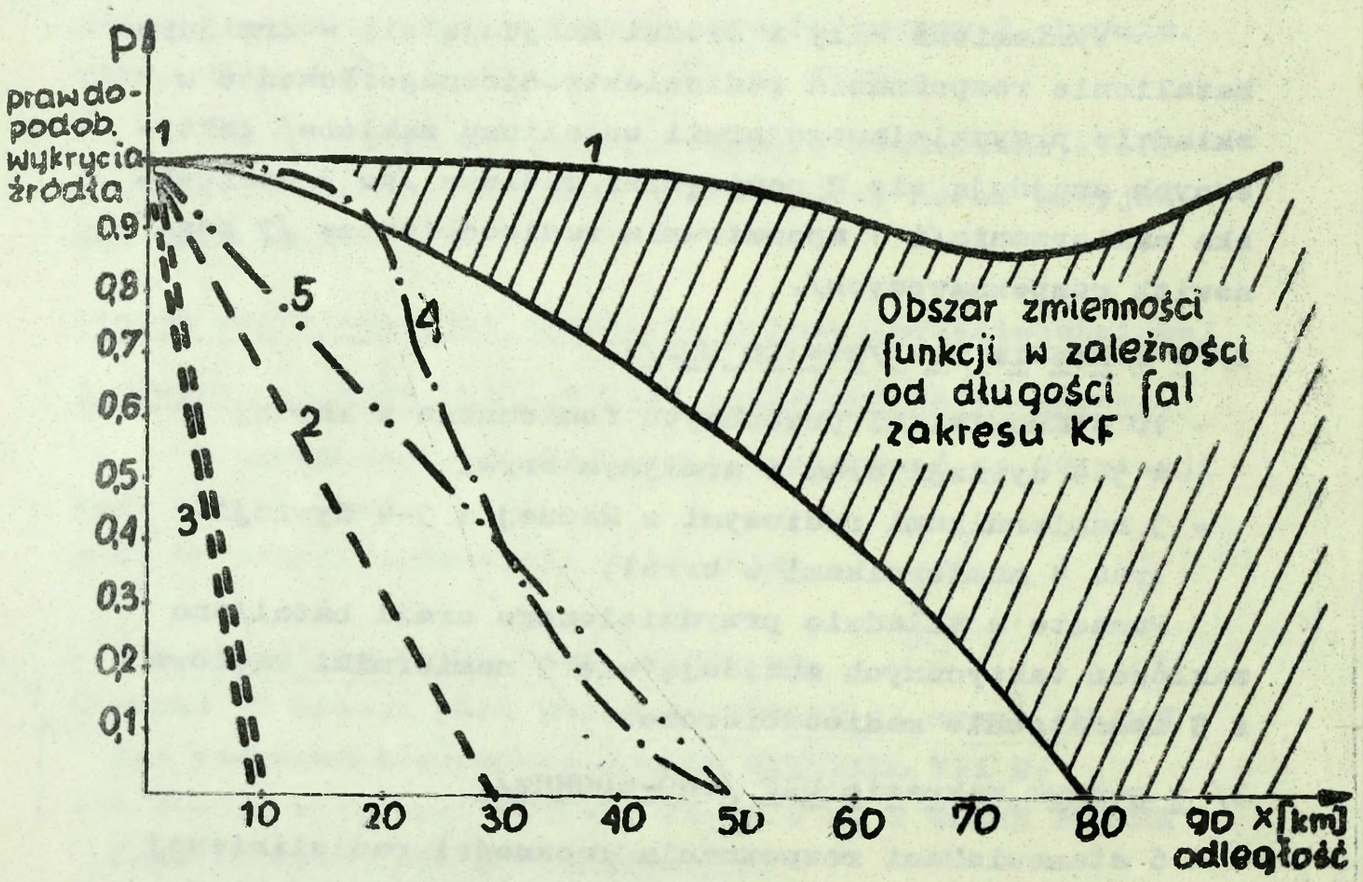
- 2 stanowiskami rozpoznania łączności radioliniowej 600-2.500MHz/ w składzie 2 stacji rozpoznania łączności radioliniowej/w armijnym brrel;

- 4 stacjami rozpoznania systemów radiolokacyjnych 500-10.400MHz w armijnym brrel;

- 3 stacjami rozpoznania systemów radiolokacyjnych 2,5- 16,6GHz w każdej z 3-4 dywizji;

- 9 stacjami rozpoznania systemów radiolokacyjnych 2,5-16,6 GHz w armijnej brygadzie artylerii armat.

Wymienione siły i środki rozpoznania radioelektronicznego różnią się dość istotnie zasięgiem. Na podstawie prób przeprowadzonych w terenie dość typowym dla działań na SETDW, w rejonie na wschód od m. ZGORZELEC /przypisy, p. 1/ uzyskano niezbędne dane pozwalające oszacować zasięg tych środków w zależności od ich odległości do rozpoznawanych źródeł /rys. 5/.



Rys. 5. Zależność prawdopodobieństwa wykrycia źródła od odległości do urządzenia rozpoznawczego:

_____ - w zakresie KF

___ _____ - w zakresie UKF przy mocy promieniowania powyżej 10 W

= = = = = = = - w zakresie UKF przy mocy promieniowania poniżej 1 W oraz w zakresie mikrofal dla listów bocznych charakterystyki kierunkowej stacji radiolokacyjnej

____ . ___ . - w zakresie mikrofal dla stacji radiolokacyjnych obserwacji okrężnej;

___..__ . . __ - w zakresie mikrofal dla stacji radioliniowych.

Wyniki badań zobrazowane na rys.5.wykazują,że możliwości przechwytu w zakresie KF niezbyt istotnie zależą od odległości urządzeń rozpoznawczych od przedniego skraju,trudności w przechwycie występują w odległości ok.70-100km od źródła/,natomiast dla pozostałych zakresów zależność ta jest bardzo znaczna. Jest to jeden z argumentów,wskazujących,że w ocenie możliwości rozpoznawczych nie można kierować się pojęciem maksymalnego zasięgu urządzeń.

ROZDZIAŁ II. ELEMENTY MATEMATYCZNEGO MODELU PROCESU ROZPOZNANIA RADIOELEKTRONICZNEGO.

Celem tego rozdziału jest dokonanie możliwie ścisłego opisu najbardziej znamiennych procesów towarzyszących rozpoznaniu radioelektronicznemu. Najdogodniejszą do ścisłej analizy formą są oczywiście określone funkcje matematyczne. Jednakże dokonywanie opisu całego procesu rozpoznania radioelektronicznego mijałoby się praktycznie z celem. Po pierwsze dałoby bardzo skomplikowany model, po drugie zaś musiałoby ujmować zjawiska interesujące z punktu widzenia organizacji rozpoznania na szczeblu batalionu lub kompanii, posiadające zaś mniejsze znaczenie w zakresie organizacji systemu rozpoznania radioelektronicznego przez oddział rozpoznawczy armii. Tak więc próba przedstawienia matematycznego opisu zjawisk towarzyszących procesowi rozpoznania radioelektronicznego powinna spełnić następujące warunki:

1/ odkryć istniejące ograniczenia w funkcjonowaniu systemu rozpoznania radioelektronicznego;

2/ zobrazować w sposób wymierny możliwości ominięcia lub zmniejszenia istniejących ograniczeń na drodze organizacyjnej. Ze względu na pewne specyficzne cechy rozpoznania dla różnych systemów radioelektronicznych przeciwnika celowe jest rozpatrywanie procesu rozpoznania radioelektronicznego dla wyróżnionych wcześniej grup urządzeń radioelektronicznych przeciwnika:

   1/ radiostacji KF,
   2/ radiostacji UKF wojsk lądowych,
   3/ radiostacji UKF naprowadzania lotnictwa,
   4/ stacji radioliniowych,
   5/ stacji radiolokacyjnych obserwacji okrężnej i stacji radionawigacyjnych,
   6/ stacji radiolokacyjnych artylerii polowej i przeciwlotniczej, obserwacji pola walki oraz stacji łączności satelitarnej.

Próba modelowego podejścia do problemu rozpoznania radioelektronicznego będzie ujmować działanie już rozwiniętych pododdziałów rozpoznawczych, co nie wyklucza możliwości uzyskania odpowiednich danych, pomocnych we wcześniejszym etapie, mianowicie w planowaniu odpowiedniego ugrupowania i użycia elementów rozpoznania radioelektronicznego.

1. Rozpoznanie radioelektroniczne w zakresie KF

Rozpoznanie radioelektroniczne w tym zakresie prowadzi batalion rozpoznania radioelektronicznego w całym pasie armii.

Proces rozpoznania radioelektronicznego w zakresie KF charakteryzuje się tym, że rozpoznawane pasmo fal zajęte jest w znikomym stopniu /kilka procent/ przez środki przeciwnika występujące w pasie armii. W związku ze stosowaniem najrozmaitszych sposobów utajniania korespondencji, niejednokrotnie trudno nawet określić, czy wykryta na stanowisku poszukiwania sieć radiowa obsługuje przeciwnika, czy wojska własne. Powstaje więc trudny problem: z kilku tysięcy sieci radiowych pracujących w tym zakresie wyodrębnić w możliwie najkrótszym czasie te właśnie, które wykorzystuje przeciwnik w pasie działania armii. Próby oparcia się o analizę przechwytywanych radiogramów prowadzą do pominięcia najważniejszych relacji radiowych, ponieważ one właśnie stosują najtrudniejsze do analizy sposoby przekazywania korespondencji. Poza tym wystawia to prowadzącego rozpoznanie na niebezpieczeństwo wprowadzenia w błąd przez środki dezinformacji radiowej przeciwnika.

Podstawową metodą selekcji relacji radiowych w tym paśmie może więc być tylko selekcja przestrzenna, oparta na wykorzystaniu namierników radiowych. Niezbędne minimum danych do prowadzenia takiej selekcji jest następujące:

- wykrycie relacji radiowej;
- namierzenie co najmniej 1-2 radiostacji ze składu sieci, w tym pożądane jest zlokalizowanie radiostacji głównej.

Organizowany obecnie system rozpoznania radioelektronicznego armii ma możliwości wykonania w ciągu godziny 20-30 namiarów na pracujące źródła KF,co w ciągu doby daje liczbę około 500 namierzonych źródeł,a więc praktycznie mniej niż około 200 sieci radiowych.

Jeśli przyjąć,że SD określonej dywizji przeciwnika obsługiwane jest przez 7 radiostacji KF pracujących w różnych sieciach radiowych, i że w całym paśmie może pracować 3000 sieci,to prawdopodobieństwo rozpoznania co najmniej jednej z wymienionych radiostacji wynosi około 80 %:

$$P = 1 - \left(1 - \frac{200}{3.000}\right)^7 = 0,89$$

Tak więc mimo dość optymistycznych założeń bardziej prawdopodobne jest,że po jednej dobie prowadzenia rozpoznania brak będzie jakichkolwiek danych do oceny,w jakim rejonie rozwinięte jest stanowisko dowodzenia określonego związku taktycznego przeciwnika.

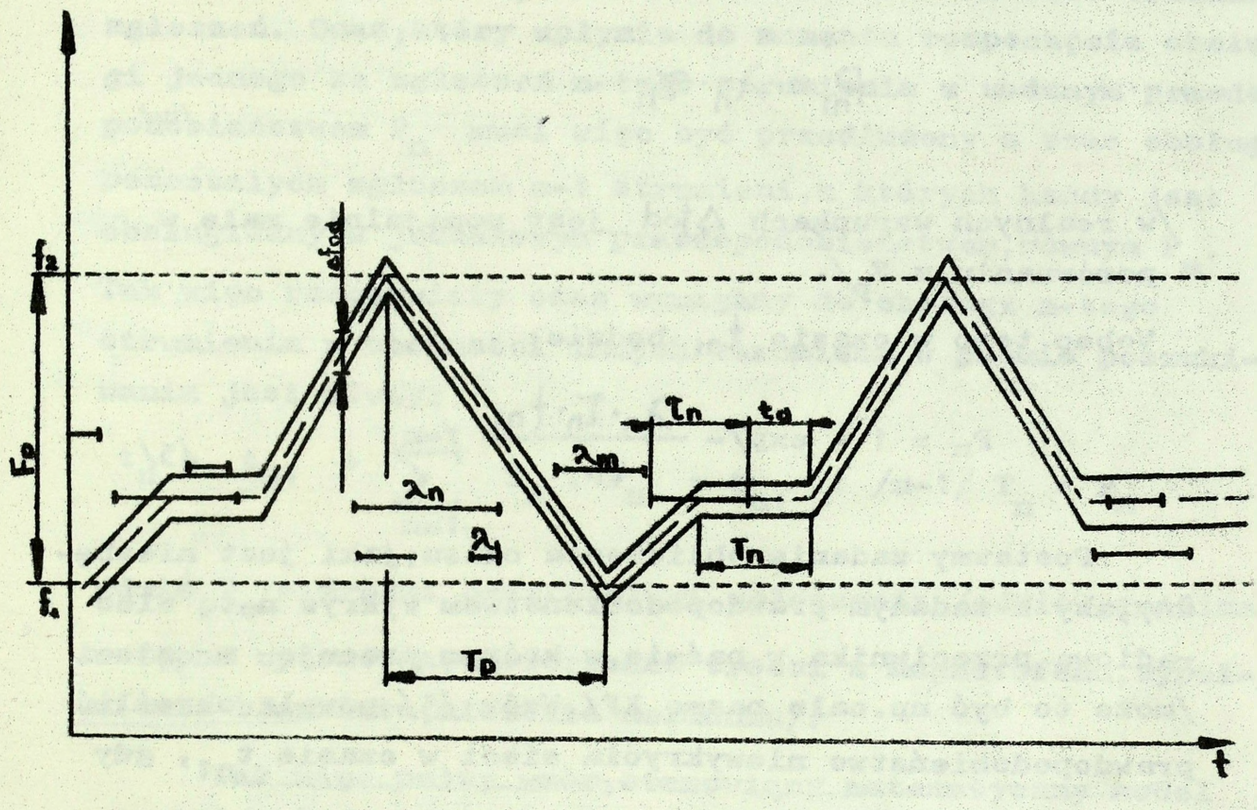
Dla szczegółowego rozpatrzenia problemu selekcji przestrzennej źródeł w zakresie fal krótkich konieczne jest szczegółowe zbadanie dwóch następujących problemów:

1/ poszukiwania źródeł w częstotliwości,umożliwiającego ich wykrywanie;

2/ namierzania źródeł,umożliwiającego dokonywanie wstępnej oceny ich wartości rozpoznawczej/przeprowadzenie selekcji przestrzennej/.

1.1. Poszukiwanie w częstotliwości źródeł promieniowania KF.

Proces poszukiwania i wykrywania emisji radiowych można zobrazować graficznie /rys.6/.



Rys.6. Zasada poszukiwania na stanowisku rozpoznawczym F_p - szerokość pasma poszukiwania, T_p - okres przestrajania odbiornika o szerokość pasma poszukiwania

fod - szerokość pasma przenoszenia odbiornika,

n - n-ty strumień sygnałów /praca n-tej sieci radiowej/,

T_n - czas obsługi /rozpoznawania/ jednego seansu emisji radiowej.

Przedstawiony graficzny obraz poszukiwania pozwala stworzyć dość prosty model matematycznego opisu zjawisk, jeśli wykorzystać w tym celu teorię obsługi masowej. Załóżmy, że w paśmie przydzielonym operatorowi do prowadzenia poszukiwania pracuje tylko jedna sieć radiowa/taka wyabstrahowana sytuacja przydaje się jedynie na początku rozważań/.

Traktujemy emisje radiowe tej sieci jako wchodzący strumień zgłoszeń systemu obsługi/stanowiska poszukiwania/ o intensywności λ_n i średnim czasie trwania τ_n /czasie oczekiwania na obsługę/ . W takiej sytuacji prawdopodobieństwo wykrycia jednego ze zgłoszeń w jednym okresie przestrajania T_p jest oczywiście równe:

$$P_{n1} = \lambda_n \cdot \tau_n \qquad /4/$$

/w realnych warunkach Δfod jest pomijalnie małe w porównaniu z F_p/.

Wobec tego w czasie t_{n1} będzie:

$$P_n = 1 - \exp/- \frac{\lambda_n \cdot \tau_n \cdot t_{n1}}{T_p} / \qquad /5/$$

Postawmy zadanie obliczenia czasu, jaki jest niezbędny, aby z zadanym prawdopodobieństwem wykryć n-tą sieć radiową przeciwnika w paśmie, w którym pracuje m sieci /może to być np. całe pasmo KF/. Wzór /5/ powala określić prawdopodobieństwo niewykrycia sieci w czasie t_{n1}, gdy jest to jedyna, pracująca w danym paśmie sieć radiowa:

$$P'_n = \exp / - \frac{\lambda_n \tau_n \cdot t_{n1}}{T_p} /$$

Obliczmy t_{n1} przy zadanym P_n . Niech

$$\frac{\lambda_n \cdot \tau_n}{T_p} = c, \quad \text{gdzie } c \text{ - stała.}$$

Wobec tego

$$P'_n = \exp /-c \cdot t_{n1} /$$

$$\ln P'_n = - c \cdot t_{n1}$$

$$t_{n1} = -\frac{\ln P'_n}{c} = -\frac{T_p \cdot \ln/ 1-P_n/}{\lambda_n \cdot \tau_n} \qquad /6/$$

W realnych warunkach zgłoszenie n-tego strumienia nie może być jednak obsłużone w czasie t_{n1} /6/, ponieważ w paśmie przestrajania F_p występują inne strumienie, na innych częstotliwościach. Załóżmy, że znamy średnią intensywność tych strumieni i średni czas trwania zgłoszeń. Czas, który upłynie do momentu rozpoczęcia obsługi jednego ze zgłoszeń n-tego strumienia z zadanym prawdopodobieństwem P_n musi więc być przedłużony o czas obsługi pozostałych zgłoszeń m-1 strumieni, z których każdy jest obsługiwany z jednakowym prawdopodobieństwem, równym P_n. Tak więc rzeczywisty czas wymagany do obsługi n-tego strumienia w obecności innych strumieni w paśmie poszukiwania jest równy:

$$t_n = t_{n1} + \sum_{n=1}^{m-1} T_n \cdot P_n = t_{n1} + /m-1/\ T_n \cdot P_n$$

gdzie T_n - średni czas obsługi zgłoszenia /odbiór, analiza wstępna operatora, odtworzenie treści z magnetofonu, wypełnienie blankietu, złożenie meldunku/.

Tak więc pełny wzór, stanowiący matematyczny model poszukiwania na stanowisku odbiorczym z ręcznym przestrajaniem odbiornika ma postać:

$$t_n = /m-1/ \cdot T_n \cdot P_n - \frac{T_p \cdot \ln /1-P_n/}{\lambda_n \cdot \tau_n}$$

Wprowadzając oznaczenie: $T_n=T$, $P_n=P$, $\lambda_n = \lambda$, $\tau_n=\tau$, $t_n = t$ i przyjmując, że w realnych warunkach $m \gg 1$, otrzymuje się:

$$t=m.T.P - \frac{T_p \cdot \ln /1-P/}{\lambda \cdot \tau} \qquad /7/$$

Wyprowadzony powyżej wzór może mieć istotne znaczenie dla przeprowadzenia ogólnej kalkulacji w zakresie użycia sił i środków rozpoznania radioelektronicznego, ponieważ pozwala obliczyć ile czasu potrzeba, aby wykryć z określonym prawdopodobieństwem sieci radiowe wyznaczone do rozpoznania. Poszczególne czynniki we wzorze /7/ oblicza się następująco:

m - ogólną ilość sieci pracujących w rozpoznawanym paśmie, znajdujących się w zasięgu urządzeń rozpoznawczych /wynik oszacowania na podstawie odpowiednich badań średniej intensywności pracy sieci/

$T_{/min/}$ - średni czas "obsługi" jednego seansu łączności nowo wykrytej sieci. $T = \frac{1}{2}\tau_n + t_d$, gdzie t_d - czas zużyty dodatkowo na analizę prowadzoną przez operatora po zakończeniu emisji i złożenie meldunku; t_d uwzględnia średnie wyszkolenie obsług i jest obliczany praktycznie.

P - zakładana z góry wartość prawdopodobieństwa, z jakim określone sieci radiowe powinny być wykryte.

$T_{p/min/}$ - okres przestrajania ręcznego odbiorników poszukiwania.

$T_p = \frac{F_p}{\gamma}$, gdzie F_p - szerokość pasma przydzielona operatorowi /Mhz/, γ - szybkość przestrajania odbiornika/ $\frac{Mhz}{min}$/. Wartość γ oblicza się praktycznie, uwzględnia ona wyszkolenie obsług.

$\lambda / \frac{1}{min} /$ - średnia częstość, z jaką w sieciach radiowych nawiązuje się łączność i wymienia informacje /wynik oszacowania na podstawie badań średniej intensywności pracy sieci radiowych/.

$\tau_{/min/}$ - średni czas trwania seansu łączności w sieciach radipwych/wynik oszacowania na podstawie badań średniej intensywności pracy sieci radiowych/.

1.2. Namierzanie źródeł promieniowania KF dla celów selekcji przestrzennej.

Skuteczną i szybką selekcję przestrzenną można prowadzić tylko wtedy, gdy dane ze stanowisk poszukiwania o wykryciu sieci radiowych będą trafiać na stanowiska namierzania. Istotnym zagadnieniem jest sprawa wyznaczenia przepustowości systemu namierzania dla potrzeb tak prowadzonej selekcji przestrzennej. Oczywiście dyskusja byłaby bezprzedmiotowa, gdyby batalion rozpoznania radioelektronicznego dysponował automatycznymi namiernikami, umożliwiającymi zamknięcie całego procesu namierzania pojedynczej radiostacji w czasie rzędu ułamka sekundy. Zbudowanie takich namierników umożliwia współczesny rozwój elektroniki i z ich wprowadzeniem należy liczyć się w przyszłości. Wtedy oczywiście sprawność selekcji przestrzennej określona będzie wyłącznie wzorem /7/.

Potraktujemy wydzielone do namierzania siły i środki jako jednokanałowy system obsługi z ograniczonym czasem przebywania w kolejce strumienia sygnałów napływających ze stanowisk poszukiwania. Na takie podejście pozwala zasada selekcji przestrzennej:

- po pierwsze warunkiem dostatecznym jej spełnienia jest namierzenie radiostacji głównej, ta zaś z reguły zgłasza się przy zakończeniu emisji nawet jeśli pracowała przez cały czas na odbiór;
- po drugie dla celów selekcji nie jest potrzebne dokładne, a więc i długotrwałe namierzanie.

Uzyskane w roku 1957 przez D. Barrera [x/] rozwiązanie podobnego problemu pozwala określić prawdopodobieństwo tego, że zgłoszenie, które przybyło do systemu, będzie w pełni obsłużone:

$$q\begin{cases} \dfrac{\nu\left(e^{(\lambda_p-\nu)\tau_n}-1\right)}{\lambda_p e^{(\lambda_p-\nu)\tau_n}-\nu} & \text{dla } \lambda_p \neq \nu \\ \dfrac{\lambda_p\cdot\tau_n}{1+\lambda_p\cdot\tau_n} & \text{dla } \lambda_p=\nu \end{cases} \qquad /8/$$

gdzie :

$\nu = \frac{1}{t_n}$ - odwrotność średniego czasu obsługi zgłoszenia /czasu zużytego na podanie komendy, dostrojenie namiernika, namierzenie/; $\nu \cong 35$/godz. /przepisy p.2/;

λ_p - intensywność strumienia sygnałów napływających ze stanowisk poszukiwania;

$\tau_n = \frac{1}{2}\tau$ - średni czas oczekiwania zgłoszenia na obsługę.

Wzory /7/ i /8/ opisujące zjawiska, które w sposób najistotniejszy ograniczają skuteczność rozpoznania radioelektronicznego KF, są wystarczające do prowadzenia rozważań nad możliwościami organizacyjnego usprawnienia procesu rozpoznawczego w tym zakresie fal radiowych.

2. Rozpoznanie radioelektroniczne w zakresie UKF wojsk lądowych.

Problemy rozpoznania radioelektronicznego w zakresie UKF wojsk lądowych różnią się dość istotnie od problemów w zakresie fal krótkich. Urządzenia rozpoznawcze mają bardzo ograniczony zasięg, określony malejącą wartością funkcji prawdopodobieństwa wykrycia źródła /rys.5/. Wynika z tego, że powinny one zawsze znajdować się jak najbliżej przedniego skraju. Przegrupowanie urządzeń wymaga jednak znacznego czasu zużywanego na ich zwinięcie, marsz, rozwinięcie, orientowanie, sporządzenie arkuszy poprawek dla namierników. Istnieje więc konieczność obliczenia optymalnego czasu, po jakim powinny one przegrupowywać się na kolejne rubieże rozwinięcia posterunków.

Bez odpowiedniej analizy trudno powiedzieć, na ile ważny jest problem selekcji źródeł promieniowania. Jeśli on istnieje, to jest zresztą innej natury niż w rozpoznaniu KF. Chodzi tutaj mianowicie o możliwie szybkie eliminowanie mało ważnych sieci radiowych rozwijanych na przednim skraju, obsługujących najniższe ogniwa dowodzenia.

---

x/ B.W.Gniedenko, I.N. Kowalenko. Wstęp do teorii obsługi masowej. PWN Warszawa, 1971r.

Modelowego opisu wymaga także mechanizm wykrywania i umiejscawiania źródeł promieniowania, ponieważ wykrycie i namierzenie źródła stanowi podstawowy warunek jego rozpoznania. Ilościowe możliwości wykrycia i namierzania źródeł stanowią więc górny pułap możliwości rozpoznawczych, rozumianych jako prawdopodobieństwo wykonania postawionego zadania. Potwierdzają to zresztą ćwiczenia dwustronne z własnymi wojskami: wykrycie sieci radiowej i analiza treści radiogramów bez wykonania namiarów stwarza istotne trudności w określeniu wartości rozpoznawczej wykrytych źródeł. Ponieważ trudno liczyć, aby operatorzy znali języki zachodnie również dobrze jak swój własny, zaś z pewnością należy oczekiwać, że przeciwnik będzie maskował treść korespondencji w stopniu nie mniejszym niż wojska własne w czasie ćwiczeń taktycznych, namierzanie może stanowić podstawę do rozpracowania zystemu łączności przeciwnika i roli nowo wykrywanych źródeł w tym systemie.

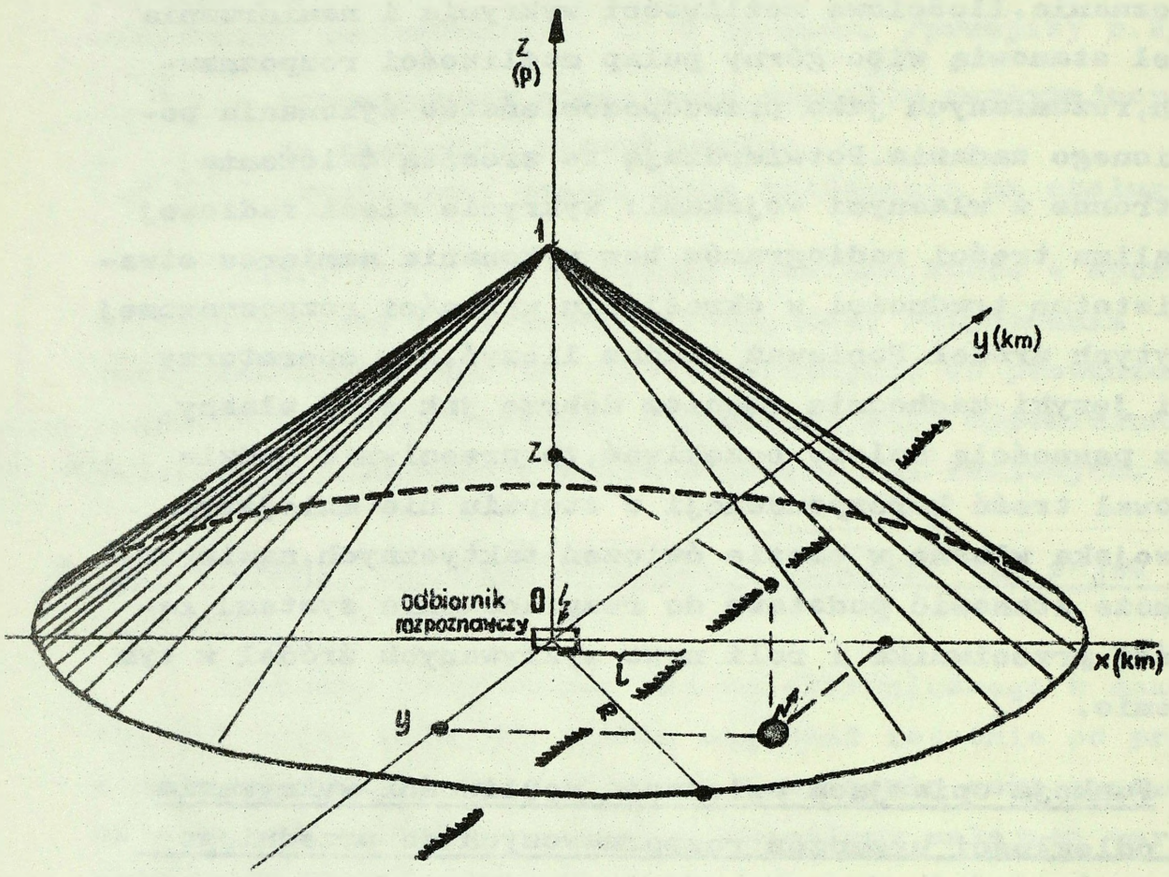
2.1. Funkcja opisująca zależność możliwości wykrywania od odległości urządzeń rozpoznawczych do przedniego skraju.

Funkcja prawdopodobieństwa wykrycia źródła zależna od odległości do urządzenia rozpoznawczego /rys.5, proste 2 i 3/ daje się łatwo opisać równaniem w układzie przestrzennym współrzędnych prostokątnych, przy założeniu, że centrum odbiorcze znajduje się w początku układu:

$$z = P/x,y/ = 1 - \sqrt{\frac{x^2 + y^2}{R}} \qquad /9/$$

gdzie: x,y - współrzędne źródła na płaszczyźnie

R - maksymalny zasięg aparatury rozpoznawczej.



Rys.7. Przestrzenna funkcja prawdopodobieństwa wykrycia źródła w zależności od odległości do urządzenia rozpoznawczego.

Wykorzystując dodatkowo wzory /2/, /3/, opisujące funkcję gęstości rozkładu powierzchniowego źródeł w ugrupowaniu bojowym przeciwnika, można oszacować, jaka jest ilość źródeł znajdujących się w zasięgu rozpoznania w zależności od odległości do przedniego skraju 1. Będzie to oczywiście objętość bryły opisanej iloczynem funkcji gęstości oraz /9/ :

$$n_{UKF} = \iint_S P/x,y/\ G/x,y/\ dS \qquad /10/$$

Ponieważ początek układu współrzędnych odsunięto od przedniego skraju, funkcja G/x,y/ ma następujący zapis dla źródeł małej mocy:

$$G_m\ /x,y/ = \begin{cases} G_{m1} = 5/km^2 & \text{dla } 1 \leqslant x \leqslant 1+3\ km, \\ G_{m2} = 0{,}9\ km^2 & \text{dla } 1+3km < X\ ; \end{cases}$$

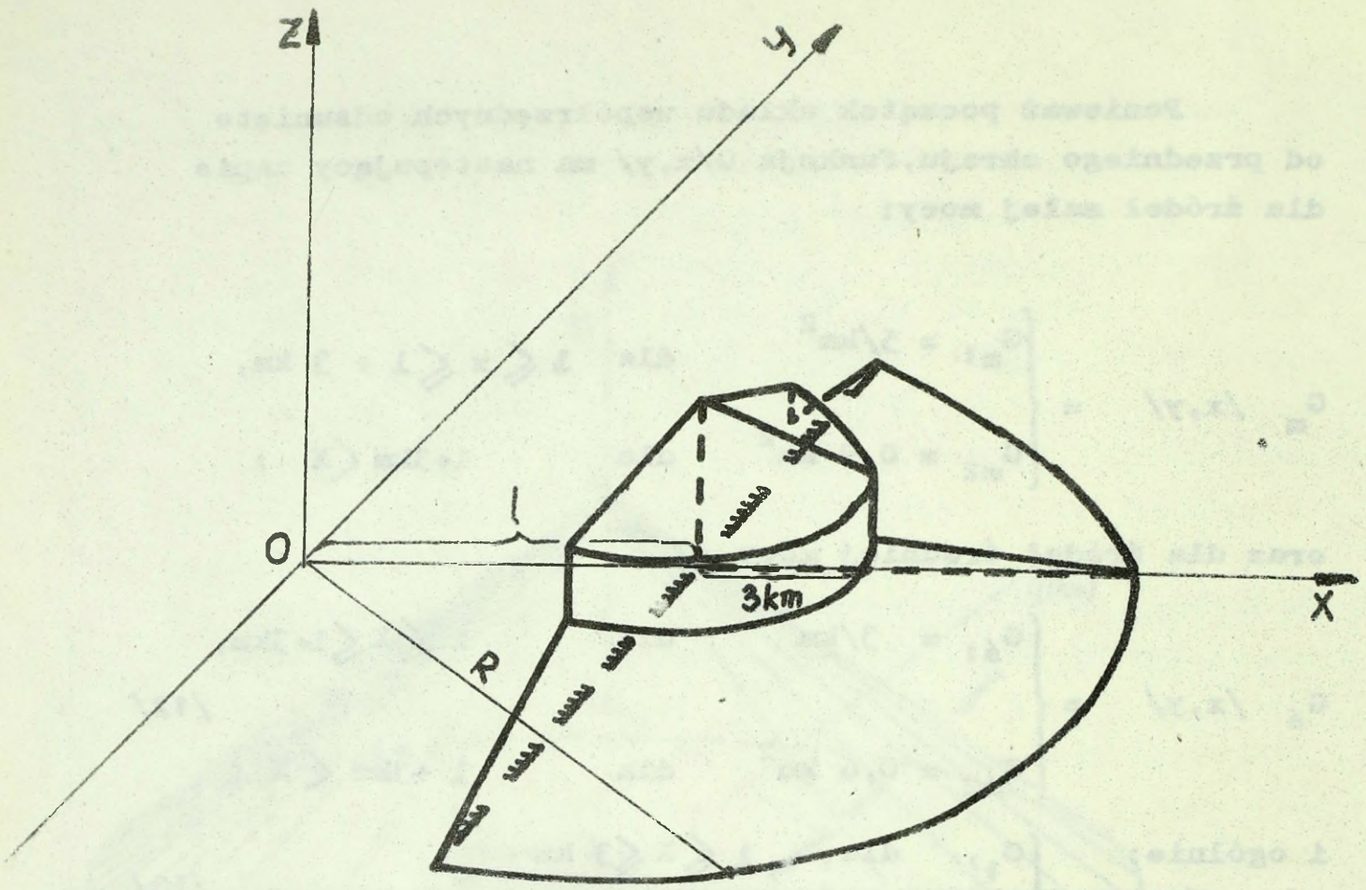
oraz dla źródeł średniej mocy :

$$G_ś\ /x,y/ = \begin{cases} G_{ś1} = 3/km^2 & \text{dla } 1 \leqslant X \leqslant 1+3km, \\ G_{ś2} = 0{,}6\ km^2 & \text{dla } 1+3km < X\ ; \end{cases} \qquad /12/$$

i ogólnie:

$$G/\ x,y/ = \begin{cases} G_1, & \text{dla } 1 \leqslant X \leqslant 3\ km \\ G_2, & \text{dla } 1+3\ km < X \end{cases} \qquad /13/$$

S w całce /10/ jest powierzchnią całkowania równą części koła o promieniu R /rys.8/.

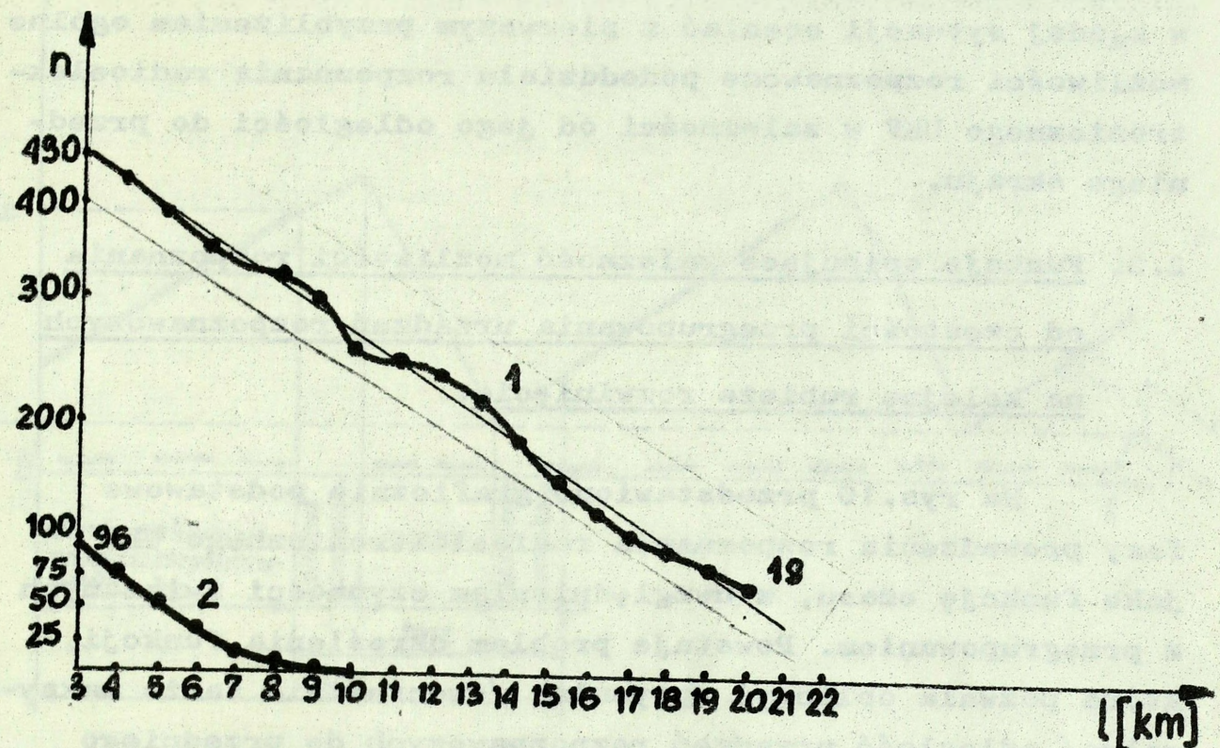


Rys.8. Bryła, w której objętość opisuje ilość źródeł UKF w zasięgu rozpoznania w zależności od odległości 1 odbiorników rozpoznawczych do przedniego skraju.

Sposób rozwiązania całki /10/ ze względu na czysto akademicki sposób podejścia przedstawiono w przypisach /p.3/. Postać rozwiązania jest następująca:

$$n_{UKF} = 2\left\{ /G_1 - G_2/\left[\frac{1}{3}\,/1+3/\sqrt{R^2-/1+3/^2} + \frac{R^2}{4}\arcsin\frac{1+3}{R} + \right.\right.$$
$$+ \frac{1}{6R}/1+3/^3 \ln/1+3/ - \frac{1}{6R}/1+3/^3 \ln/\sqrt{R^2-/1+3/^3} + R/ +$$
$$\left. + \frac{R^2}{12}\arcsin\frac{\sqrt{R^2-/1+3/^3}}{R}\right] - G_1\left[\frac{1}{3}\,1\sqrt{R^2-1^2} + \right.$$
$$+ \frac{R^2}{4}\arcsin\frac{1}{R} + \frac{1}{6R}\,1^2 \ln 1 - \frac{1}{6R}\,1^3 \ln/\sqrt{R^2-1^2} + R/ +$$
$$\left.\left. + \frac{R^2}{12}\arcsin\frac{\sqrt{R^2-1^2}}{R}\right] + G_2\,\frac{R^2}{4}\arcsin 1\right\} \qquad /14/$$

Wykres otrzymanej funkcji przedstawia rys.9, sporządzony na podstawie jej tabelarycznych wartości /przepisy p.4/.



Rys.9. Zależność liczby wykrywanych źródeł n od odległości centrum odbiorczego UKF do przedniego skraju: 1 - dla źródeł średniej mocy, 2- dla źródeł małej mocy.

Przedstawione na rys.9. krzywe mimo dość skomplikowanego opisu równaniem /14/ można z wystarczającą do szacunkowych rozważań dokładnością interpolować prostymi o równaniach:

- dla źródeł UKF średniej mocy / $1 \leqslant 25$ km/

$$n_{1UKF} = 500 - 20\,l \qquad /15/$$

- dla źródeł UKF małej mocy / $1 \leqslant 7{,}5$ km /

$$n_{2UKF} = 150 - 20\,l \qquad /16/$$

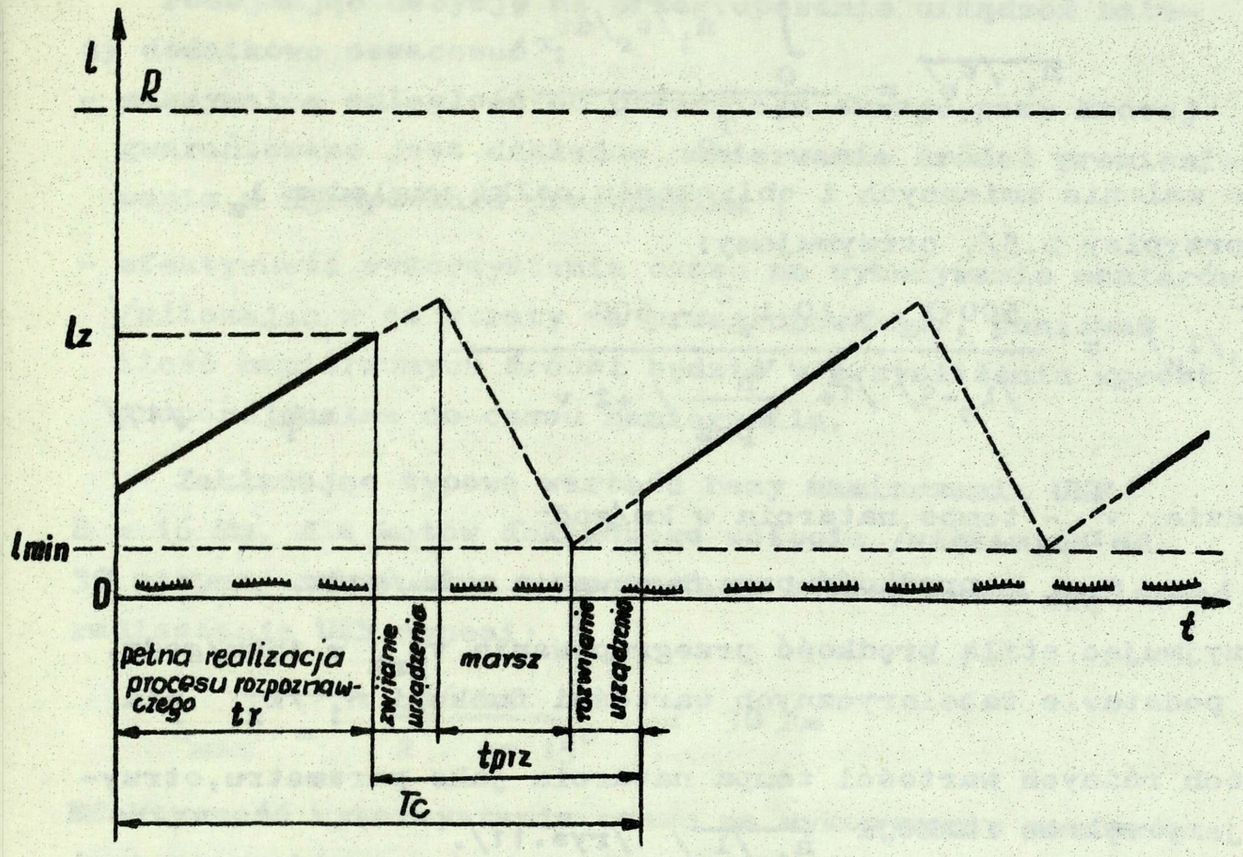
gdzie : $n_{1,2\ UKF}$ - ilość źródeł w zasięgu rozpoznania

l - odległość centrum odbiorczego do przedniego skraju wyrażona w kilometrach.

Równania powyższe, łatwe nawet do zapamiętania, pozwalają w każdej sytuacji oceniać z pierwszym przybliżeniem ogólne możliwości rozpoznawcze pododdziału rozpoznania radioelektronicznego UKF w zależności od jego odległości do przedniego skraju.

2.2. Funkcje opisujące zależność możliwości rozpoznania od częstości przegrupowania urządzeń rozpoznawczych na kolejne rubieże rozwinięcia.

Na rys.10 przedstawiono graficznie podstawowe fazy prowadzenia rozpoznania radioelektronicznego UKF jako funkcję czasu, z uwzględnieniem czynności związanych z przegrupowaniem. Powstaje problem określenia funkcji, która pozwala obliczyć optymalną /ewentualnie także maksymalną/ odległość urządzeń rozpoznawczych do przedniego skraju wynikłą w dynamicznej sytuacji pola walki, przy której należy podejmować decyzję na przegrupowanie. Jak zaznaczono wcześniej, w czasie przegrupowania namierniki radiowe nie mogą umiejscawiać źródeł promieniowania w ugrupowaniu bojowym przeciwnika.



Rys.10. Podstawowe fazy procesu rozpoznawczego w działaniach zaczepnych z uwzględnieniem zmiany odległości urządzeń do przedniego skraju. l_{min} - minimalna odległość do przedniego skraju,na której można rozwijać urządzenia bez groźby zniszczenia ich ogniem środków strzelających na wprost;
l_z - odległość,na której podejmowana jest decyzja do zwinięcia urządzeń.

Dla obliczenia optymalnej odległości do przedniego skraju,przy której należy podejmować decyzję na przegrupowanie wystarczy przyrównać do zera pierwszą pochodną względem t_r lub l ze średniej ilości źródeł znajdujących się w strefie zasięgu w czasie realizacji pełnego cyklu rozpoznawczego T_c. Dla potrzeb pełniejszej oceny tego problemu lepiej jednak znać obraz całej funkcji

---

$n/l_z/$. Ponieważ prowadzącemu rozpoznanie nie zależy na uzyskaniu ekstremum funkcji dla ogólnej ilości środków nieprzyjaciela,lecz tylko najważniejszych spośród nich - należy wyznaczyć funkcję $\overline{n_1/l_z/}$

Z rys.10. widać, że:

$$\overline{n_1/t_r} = \frac{\int_0^{t_r} n_1/t_r/dt_x}{T_c}$$

Po zmianie zmiennych i obliczeniu całki względem l_z /przypisy p.5/, otrzymujemy:

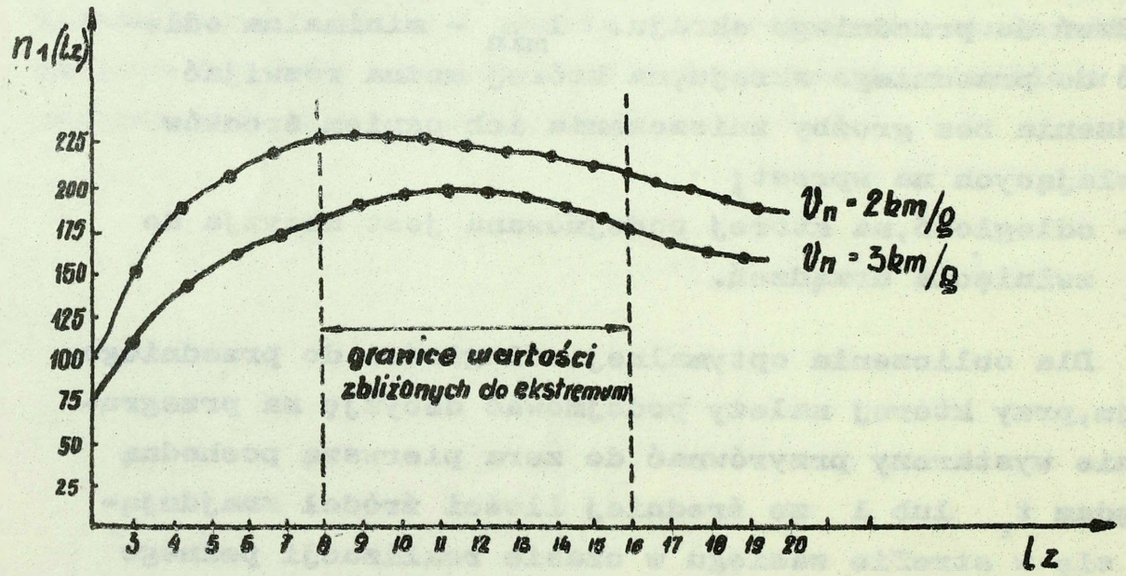
$$n_1/l_z/ = \frac{500\, l_z - 10\, l_z^2 - 600}{/l_z - 3/\ /1 + \frac{v_n}{v_{prz}}/ + 2\, v_n} \qquad /17/$$

gdzie: v_n - tempo natarcia w km/godz.

v_{prz} - prędkość przegrupowania w km/godz.

Przyjmując stałą prędkość przegrupowania v_{prz} = 15km/godz. na podstawie tabelarycznych wartości funkcji $\overline{n_1/t_z/}$ dla dwóch różnych wartości tempa natarcia jako parametru, otrzymujemy wykres funkcji $\overline{n_1/l_z/}$ /rys.11/.

Wartość funkcji w przedziale l_z = 3-20km przedstawiono w przypisach /p.6/.



Rys.11. Zależność średniej ilości źródeł UKF przeciwnika znajdujących się w strefie zasięgu od czasu prowadzenia rozpoznania z jednej rubieży rozwinięcia posterunków $t_r = f\ /l_z\ ,\ v_n\ /$.

Podejmując decyzję na przegrupowanie urządzeń należy dodatkowo oszacować :

- maksymalną odległość do przedniego skraju, przy której gwarantowane jest dokładne namierzanie źródeł promieniowania w ugrupowaniu przeciwnika ;
- efektywność wykorzystania czasu na wykonywanie namiarów /wliczając w to straty na przegrupowania/, ponieważ ilość namierzonych źródeł będzie w przybliżeniu wprost proporcjonalna do czasu namierzania.

Zakładając typową wartość bazy namierzania UKF B = 16 km, dla kątów dokładnego wcięcia /większych od 30 stopni/ maksymalna odległość na której można namierzać radiostacje UKF wynosi:

$$l_{max} = \frac{16\ km}{2 \cdot tg\ 15^{\circ}} = 30\ km$$

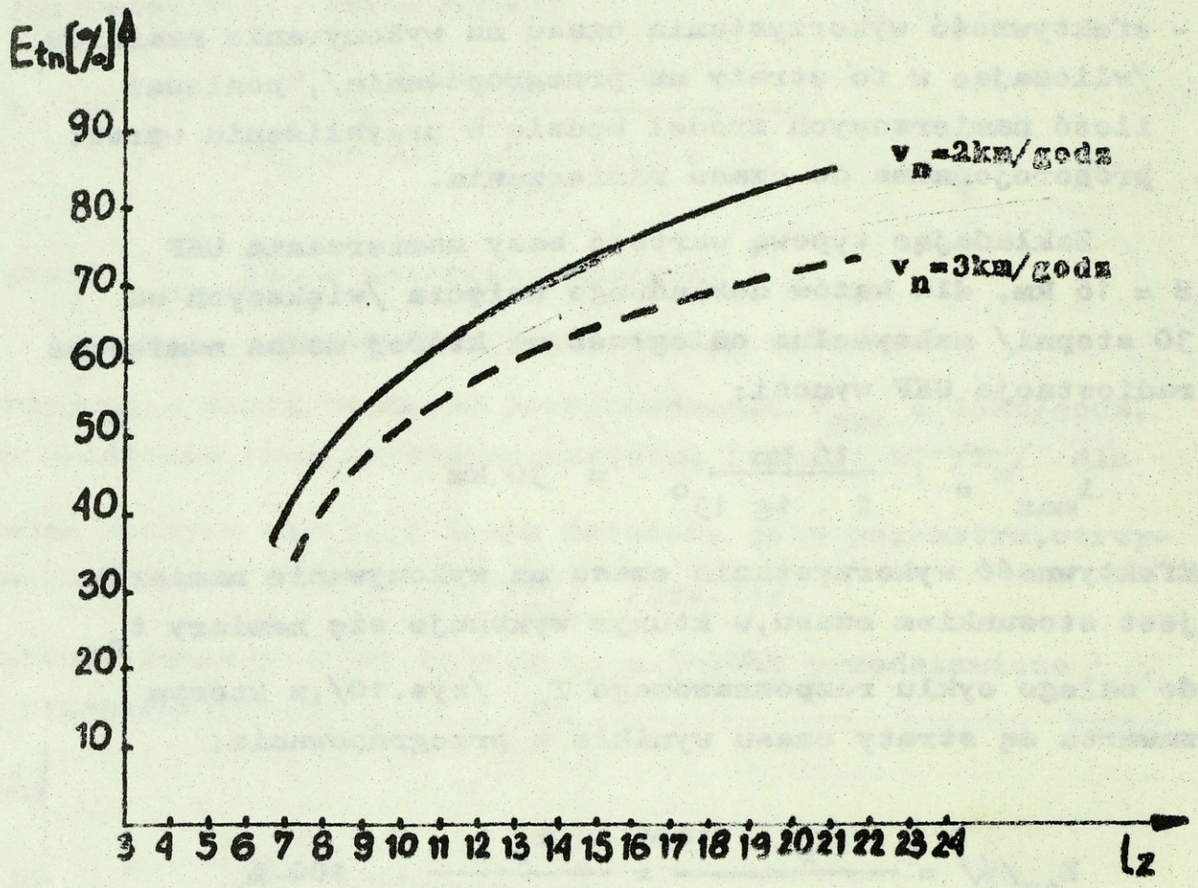
Efektywność wykorzystania czasu na wykonywanie namiarów jest stosunkiem czasu, w którym wykonuje się namiary t_r do całego cyklu rozpoznawczego T_c /rys.10/, w którym zawarte są straty czasu wynikłe z przegrupowania;

$$E_{tn}/\%/ = \frac{t_r \cdot 100\%}{T_c} = \frac{t_r}{t_r + t_{prz}} \cdot 100\ \%$$

Z obliczeń zawartych w /przypisach /p.7./ widać, że

$$E_{tn}\ /\%/ = \frac{l_z - 3}{/l_z - 3/\ /1 + \frac{v_n}{v_{prz}}\ / + 2v_n} \cdot 100\% \qquad /18/$$

Wartość funkcji E_{tn} /%/ w zależności od tempa działań zaczepnych przedstawiono na rys. 12.



Rys. 12. Efektywność wykorzystania czasu na wykonywanie namiarów w zależności od czasu prowadzenia rozpoznania z jednej rubieży rozwinięcia $t_r = f\ /l_z,\ v_n/$.

Ze wzrostem l_z wartość funkcji E_{tn} rośnie asymptotycznie do $E_{tn} = 100\ \%$.

2.3. Funkcje opisujące możliwości wykrywania i namierzania w zależności od przepustowości stanowisk rozpoznawczych.

W celu przybliżonego oszacowania możliwości kompanii rozpoznania radioelektronicznego w zakresie rozpoznania źródeł UKF zastosujemy jako kryterium prawdopodobieństwo wykrycia i namierzenia co najmniej jednej radiostacji na stanowisku dowodzenia przeciwnika. Organizacja działań mająca na celu maksymalizację tego prawdopodobieństwa, będzie w sposób jednoznaczny wpływać na polepszenie warunków do wykonania postawionych zadań rozpoznawczych.

Obsługi aparatowni radioodbiorczych UKF ze względu na wyposażenie w przystawki panoramicznego przeglądu częstotliwości mają znacznie zwiększone możliwości wykrywania emisji radiowych. Tak więc proces wykrywania i umiejscawiania źródeł będzie ograniczony przede wszystkim przepustowością zespołu namierzania oraz zasięgiem urządzeń rozpoznawczych.

Ponieważ wykrycie co najmniej jednej z k radiostacji przeciwnika należy traktować jako zdarzenie z grupy zdarzeń nie wykluczających się, otrzymujemy :

$$P_1 = 1 - /1-P_{zn}/^{k}$$

gdzie : P_1 - prawdopodobieństwo wykrycia co najmniej jednej z k radiostacji na określonym SD;

$P_{zn} = P_z \cdot P_n$ - prawdopodobieństwo, że pojedyncza radiostacja z grupy k znajduje się w zasięgu rozpoznania $/P_z/$ i że została namierzona $/P_n/$;

k - liczba radiostacji obsługujących SD.

Według wykresu 2. z rysunku 5. otrzymujemy :

$$P_z = 1 - \frac{1}{30} \overline{l_{SD}}$$

gdzie $\overline{l_{SD}}$ - średnia odległość urządzeń rozpoznawczych do SD przeciwnika w czasie prowadzenia rozpoznania.

Wartość P_n obliczymy dla czasu zużytego na efektywne namierzanie między kolejnymi przegrupowaniami urządzeń rozpoznawczych. Uwzględniając liniowy przebieg /15/ funkcji i zaniedbując małą wartość n_{2UKF} opisaną wzor./16/ oraz uwzględniając przepustowość zespołu namierzania q, otrzymujemy :

$$P_n = \frac{q \cdot t_r}{\overline{n_{1UKF}/t_r/}}$$

gdzie : $\overline{n_{1UKF}/t_r/}$ - średnia ilość źródeł w zasięgu rozpoznania w czasie t_r

/wartość t_r określona na rys.10/

q - przepustowość zespołu namierzania dla potrzeb lokalizacji nowo wykrytych źródeł.

Tak więc $$P_1 = 1 - \left[1 - /1 - \frac{1}{30} \overline{l_{SD}}/ \frac{q \cdot t_r}{\overline{n_{1UKF}/t_r/}} \right]^k \quad /19/$$

Oczywiście wzór przestaje obowiązywać, gdy ogólną przepustowość systemu zaczyna ograniczać przepustowość stanowisk wykrywania.

3. Rozpoznanie radioelektroniczne w zakresie UKF lotnictwa

Rozpoznanie radiostacji naprowadzania lotnictwa może być prowadzone przy wykorzystaniu stacji rozpoznania radioliniowego R-343. Zastosowanie w tym celu wymienionych stacji z góry określa możliwy model prowadzenia rozpoznania ze względu na kierunkowość ich anten odbiorczych.

Dla rozpoznania radiostacji UKF lotnictwa musi nastąpić koincydencja dwóch zdarzeń : wykrycia radiostacji w kierunku i wykrycia jej w częstotliwości. W celu ustalenia czasu niezbędnego do wykrycia radiostacji /z równoczesnym namierzeniem/ można wykorzystać wzór /7/ przy uwzględnieniu dodatkowej straty czasu na poszukiwanie w kierunku.

Srednia ilość radiostacji przeciwnika pracujących na dowolnym kierunku w sektorze α :

$$m_1 = \frac{\beta}{\alpha} \cdot m$$

gdzie:

m - ogólna ilość radiostacji w zasięgu wykrywania w sektorze rozpoznania ;

β - szerokość kątowa charakterystyki kierunkowej urządzenia R-343.

Wartość m_1 wstawiona do wzoru /7/ pozwala obliczyć tylko czas zużyty na prowadzenie rozpoznania na jednym, dowolnym kierunku w sektorze α. Całkowity czas t_n wzrośnie $\frac{\alpha}{\beta}$ razy :

$$t_n = \frac{\alpha}{\beta}\left(\frac{\beta}{\alpha} m \cdot T \cdot P - \frac{T_p \cdot \ln/1-P/}{\lambda \cdot \tau} \right)$$

stąd

$$\boxed{t_n = m.T.P - \frac{\alpha T_p \cdot \ln / 1-P/}{\beta \cdot \lambda \cdot \tau}} \qquad /20/$$

Czas T należy tu przyjąć nie mniejszy niż $\frac{1}{\lambda}$, ponieważ w jednym seansie pracy radiostacji nie można jej zlokalizować. Powtórne jej wykrycie na tym samym kierunku wskazuje dopiero, że nie jest to radiostacja pokładowa.

4. Rozpoznanie relacji łączności radioliniowej

Najbardziej charakterystyczne cechy rozpoznania relacji łączności radioliniowej są następujące:

1/ urządzenie rozpoznawcze musi być rozwinięte na kierunku promieniowania zawartego w wiązce antenowej nadajnika o szerokości kątowej ok.3-10 stopni;

2/ dla zapewnienia odbioru sygnału antena urządzenia rozpoznawczego powinna zostać dodatkowo skierowana na stację radioliniową przeciwnika.

Ponieważ opromieniowanie urządzenia odbiorczego przez dowolny nadajnik radiolinii znajdującej się w zasięgu wykrywania należy do grupy zdarzeń nie wykluczających się, wobec tego:

$$P_W = 1 - / 1-P_{rk1} \cdot P_{pn} /^{n/1/} \qquad /21/$$

gdzie:

P_W -prawdopodobieństwo wykrycia co najmniej jednej relacji radioliniowej w jednym okresie przeszukiwania przestrzeni;

n/1/ -ilość nadajników radioliniowych w strefie zasięgu.

P_{rk1} - prawdopodobieństwo rozwinięcia urządzenia rozpoznawczego na kierunku promieniowania jednej określonej radiolinii /z całej ich grupy znajdującej się w strefie zasięgu/;

P_{pn} - prawdopodobieństwo pracy nadajnika.

Załóżmy, że każde urządzenie może promieniować energię w dowolnym kierunku i że średnia szerokość kątowa charakterystyk kierunkowych anten nadawczych równa się w przybliżeniu 7 stopni / $\beta_1 = 7^o$/. Wykorzystując geometryczną definicję prawdopodobieństwa otrzymujemy:

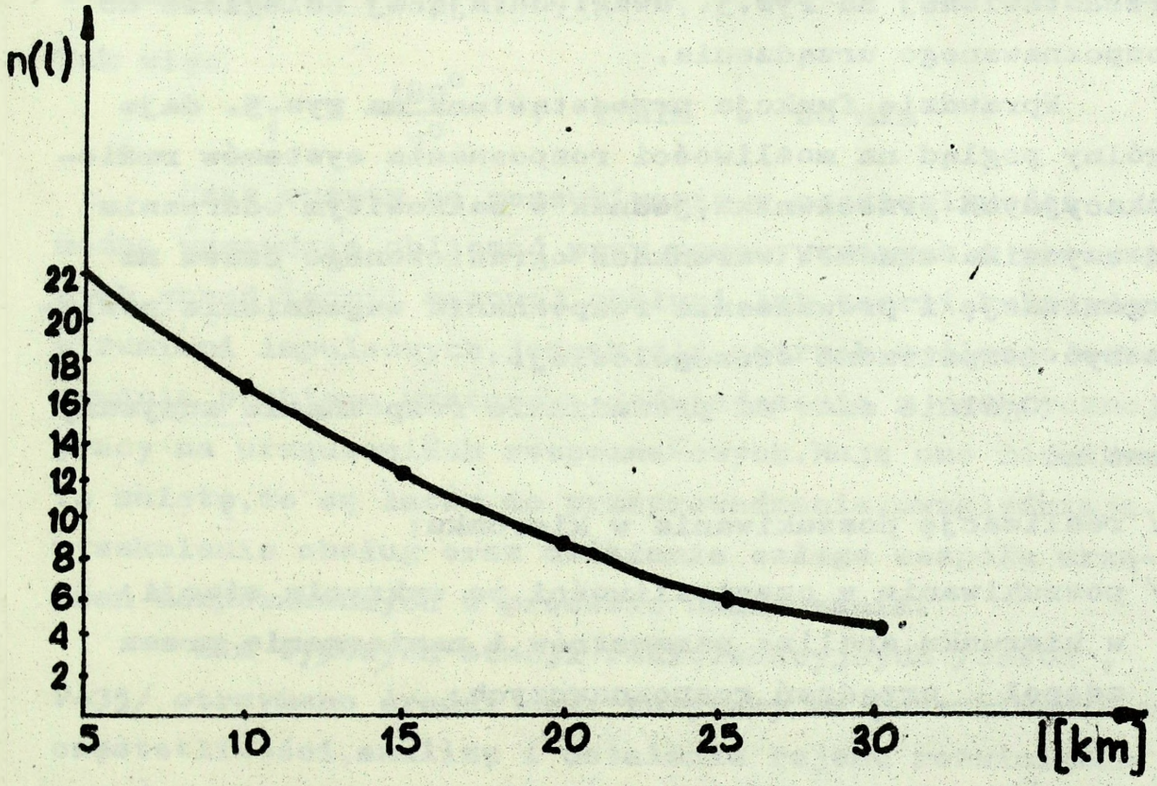
$$P_{rk1} = \frac{\beta_1}{360^o} \approx 0{,}02$$

Zgodnie z kalkulacją zawartą w rozdziale I p.1.4. należy przyjąć dodatkowo $P_{pn} = 0,7$.

Ilość nadajników w strefie zasięgu urządzeń rozpoznawczych opisana jest funkcją /10/, przy uwzględnieniu zależności /9/ oraz maksymalnego zasięgu R = 50 km /rys.5/, a także $G(x,y) = 0,04/km^2$ /rozdział I p.1.4/.
Opierając się na rozwiązaniu /14/, przy założeniu jednostajnej funkcji gęstości rozkładu powierzchniowego źródeł i uwzględniając, że urządzenie rozpoznawcze R-343 lub R-344 pokrywa w przybliżeniu pasmo, w którym pracuje połowa radiolinii otrzymujemy:

$$n(l) = G\left[\frac{R^2}{4}\arcsin 1 - \frac{1}{3}l\sqrt{R^2-l^2} - \frac{R^2}{4}\arcsin\frac{l}{R} + \right.$$
$$\left. - \frac{1}{6R}l^3 \ln l + \frac{1}{6R}l^3 \ln\left(\sqrt{R^2-l^2} + R\right) - \frac{R^2}{12}\arcsin\frac{R^2-l^2}{R}\right] \quad /22/$$

Wykres funkcji /22/ przedstawiono na rys.13 na podstawie jej tabelarycznych wartości /przypisy p.8/.



Rys.13. Ilość nadajników radioliniowych w strefie zasięgu urządzenia rozpoznawczego w zależności od jego odległości od przedniego skraju.

Prawdopodobieństwo wykrycia co najmniej jednej relacji radioliniowej przez kompanię rozpoznania radioliniowego w składzie 2 posterunków /pozurządzenia rozpoznawcze/ należy rozpatrywać jako prawdopodobieństwo zajścia jednego ze zdarzeń nie wykluczających się wzajemnie: $P_{wk} = 1 - /1-P_w/^4$

gdzie P_w określone jest zależnością /21/.

5. Rozpoznanie stacji radiolokacyjnych obserwacji okrężnej i stacji radionawigacyjnych TACAN.

Prawdopodobieństwo rozpoznania stacji radiolokacyjnych obserwacji okrężnej w detektorowym rodzaju pracy urządzeń rozpoznawczych równe jest prawdopodobieństwu wykrycia ich w kierunku. Przy odpowiednio wolnym przeszukiwaniu przestrzeni czyli tzw. poszukiwaniu pewnym[x]/ prawdopodobieństwo to sprowadza się do wartości przedstawionej na rys.5., uwzględniającej odległość do rozpoznawanego urządzenia.

Wprawdzie funkcja przedstawiona na rys.5. daje ogólny pogląd na możliwości rozpoznania systemów radiolokacyjnych przeciwnika, jednak w całkowitym oderwaniu od czynnika czasu. W warunkach ograniczonego czasu na organizację i prowadzenie rozpoznania zagadnienie powinno być rozpatrzone szczegółowiej.

Ogólnie czas na prowadzenie rozpoznania zużywany jest na:

1/ realizację poszukiwania w kierunku;

2/ poszukiwanie w częstotliwości po wykryciu stacji w kierunku, analizę parametrów i namierzenie przez zespół urządzeń rozpoznawczych;

---

x/ S.A. Wakin, L.N. Szustow. Zasady przeciwdziałania radioelektronicznego. Wyd. MON. Warszawa 1972r.

3/ przegrupowanie /w tym zwijanie,rozwijanie i przygotowanie urządzeń do pracy/.

Czas zużyty na poszukiwanie w sektorze ok.180° może być obliczony z następującej zależności:

$$t_1 = \frac{180^\circ}{\beta_o} \cdot T_{obr}$$

gdzie:

β_o - szerokość kątowa charakterystyki odbiorczej urządzenia rozpoznawczego /minimalna/;

T_{obr} - maksymalny przewidywany okres obrotu anten stacji radiolokacyjnych przeciwnika.

Dla urządzenia RPS-5M $\beta_o = 3^\circ$, typowa wartość T_{obr} /rozdział I. p.1.4/ wynosi wprawdzie 0,3 min.praktycznie jednak uwzględnia się pewną dodatkową rezerwę czasu przy poszukiwaniu pewnym i wobec tego można przyjąć T_{obr} = 1 min.

Tak więc

$$t_1 = \frac{180^\circ}{3^\circ} \cdot 1 \text{ min} = 60 \text{ min}$$

Czas zużyty na poszukiwanie w częstotliwości można wprawdzie obliczać przy pomocy znanych i precyzyjnych zasad teprii masowej obsługi lub teorii koincydencji strumieni impulsowych,jednak dla potrzeb ogólnego oszacowania problemu wystarczą doświadczenia z praktycznej pracy na urządzeniach rozpoznawczych.Mają one dodatkowo tę zaletę,że są łatwe do przeprowadzenia,uwzględniają wyszkolenie obsług oraz działanie całego zespołu urządzeń rozpoznawczych w procesie namierzania.

Dla typowych stacji radiolokacyjnych /JAWOR , P-35/ otrzymano średni czas zużywany na poszukiwanie w częstotliwości,analizę i ustalenie rejonu rozwinięcia pojedynczej stacji radiolokacyjnej na urządzeniu RPS:

$$t_2 \cong 20 \text{ min}$$

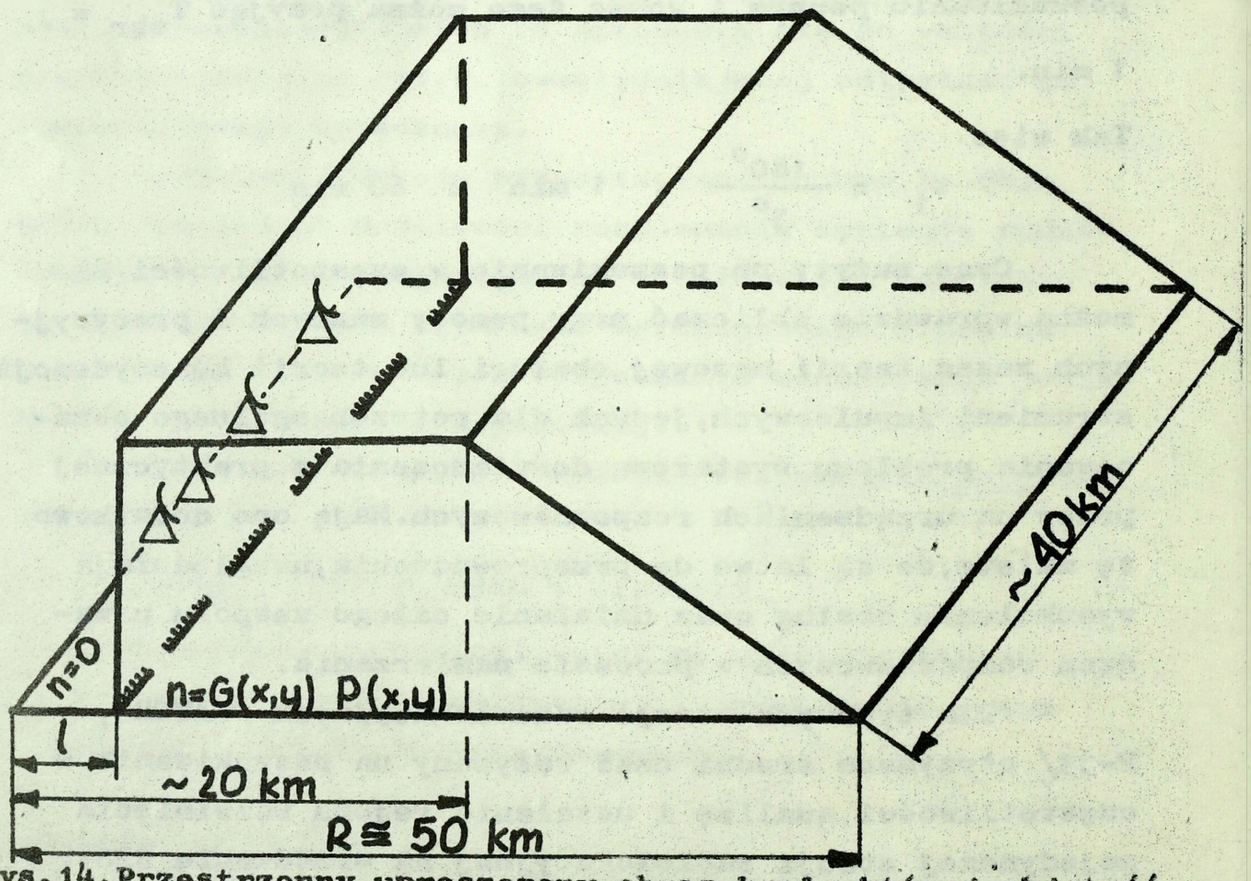
Czas ten jest w przybliżeniu równy czasowi zużytemu na wykrycie, wykonanie analizy i namiaru przez sąsiednie stacje RPS po otrzymaniu przez nie komendy do namierzania.

Ogólny czas niezbędny do rozpoznania urządzeń przeciwnika w strefie zasięgu bez uwzględnienia czasu na przegrupowanie jest więc równy:

$$t = t_1 + n \cdot t_2$$

gdzie n - ilość stacji radiolokacyjnych przeciwnika objętych zasięgiem urządzeń rozpoznawczych.

Wartość n jest iloczynem funkcji gęstości rozkładu powierzchniowego źródeł oraz objętości bryły geometrycznej uzyskanej przez interpolację funkcji 4.z rys.5 i odpowiednie przedstawienie jej w przestrzeni trójwymiarowej /rys.14.



Rys.14. Przestrzenny uproszczony obraz bryły, której objętość jest równa ilości stacji radiolokacyjnych przeciwnika objętych zasięgiem urządzeń jednego plutonu rozpoznania systemów radiolokacyjnych.

Ponieważ figura na rys.14 ma w przekroju kształt trapezu, jej objętość łatwo obliczyć:

$$n = \frac{1}{2}\left[/20-1/ + /R-1/ \right] \cdot G \cdot 40 = 40\,G\ /35-1/$$

Przyjmując G = 0,01 /rozdział I p.1.4./ otrzymamy:

$$n \cong 0{,}4\ /35-1/ \qquad /23/$$

dla $0 \leqslant 1 \leqslant 20$ km

Ponieważ w przyjętym modelu przedni skraj ciągle się oddala /przybliża/ ze średnią szybkością uwarunkowaną tempem prowadzonych działań, dla prostego oszacowania wartości n można przyjąć średnią wartość $\bar{1}$:

$$n \cong 0{,}4\ /35-\bar{1}/$$

Wyrażając czas rozpoznania t w godzinach otrzymamy:

$$\boxed{t_{godz.} = 1 + 0{,}13/35 - \bar{1}_{km}/} \qquad /24/$$

dla $1 \leqslant 20$ km

Ze względu na małą liczbę stacji TACAN nie przedstawiono odrębnego podejścia do ich rozpoznania.
Wzór /24/ nie uwzględnia jednak czasu zużywanego na śledzenie nowo wykrytych stacji oraz prowadzenie rozpoznania innych źródeł promieniowania pracujących w rozpoznawanym zakresie fal, takich jak stacje radiolokacyjne artylerii polowej, stacje śledzenia i opromieniowania celów artylerii przeciwlotniczej, obserwacji pola walki, stacje łączności satelitarnej i radioliniowej. Prowadząc jednak rozpoznanie w odpowiednio zawężonych pasmach, typowych dla stacji obserwacji okrężnej oraz zakładając niewielką początkowo ilość źródeł naznaczonych do śledzenia można w pierwszym przybliżeniu pominąć ten problem. Ponieważ zdecydowana większość stacji radiolokacyjnych wstępnego poszukiwania przeciwnika pracuje w decymetrowym zakresie fal, którego urządzenia NRS-1 nie mogą rozpoznawać, przedstawiono jedynie problem w zastosowaniu do urządzeń RPS.

6. Rozpoznanie stacji radiolokacyjnych artylerii polowej i przeciwlotniczej /śledzenia i oświetlania/, obserwacji pola walki oraz stacji łączności satelitarnej.

Ze względu na omówioną wcześniej specyfikę /rozdział I p.1.4/ prawdopodobieństwo opromieniowania w małych odstępach czasu co najmniej dwóch urządzeń rozpoznawczych przez jedną tego typu stację przeciwnika głównym listkiem charakterystyki kierunkowej jest bliskie zeru.
Praktycznie wyklucza to możliwość wykorzystania energii zawartej w głównej wiązce do namierzania tego typu źródeł przez urządzenia rozpoznania systemów radiolokacyjnych lub radioliniowych /tym samym możliwość wykorzystania krzywej 4 z rys.5/. Pewną sposobność daje jednak wykorzystanie promieniowania zawartego w bocznych listkach charakterystyk kierunkowych, co zapewnia prawdopodobieństwo wykrycia określone krzywą 3 /rys.5/. Z kolei przy zastosowaniu typowej bazy namierzania, wynoszącej kilkanaście kilometrów dla zapewnienia rozpoznania stacji obserwacji okrężnej, prawdopodobieństwo dokonania wcięcia z dwóch sąsiednich posterunków przy wykorzystaniu promieniowania listków bocznych jest również niskie i wobec tego próby modelowego ujęcia tego zagadnienia mijają się z celem.

Wykorzystanie listków bocznych stacji łączności satelitarnej do przechwytu korespondencji za pomocą urządzeń R-343 lub R-344 jest bardzo problematyczne ze względu na małą możliwość tych urządzeń i wynikające stąd trudności w zapewnieniu ciągłego ich przemieszczenia się blisko rubieży styczności wojsk.

ROZDZIAŁ III. ANALIZA ZASADNICZYCH PROBLEMÓW ORGANIZACJI ROZPOZNANIA RADIOELEKTRONICZNEGO W DZIAŁANIACH ZACZEPNYCH.

Należycie funkcjonujący system rozpoznania radioelektronicznego armii powinien zapewnić pełne i terminowe wykonywanie realistycznie postawionych zadań rozpoznawczych na szczeblach operacyjnym i taktycznym.
Zadania rozpoznawcze mogą być różne w zależności od celów operacji zaczepnej oraz decyzji dowódcy armii. Jest jednak oczywiste, że rozpoznanie radioelektroniczne ze względu na swoją istotę, a także ze względu na rolę i miejsce w rozpoznaniu wojskowym, posiada swój własny zakres działania. Uwzględnienie tego faktu pozwala najskuteczniej wykorzystać specyficzne właściwości rozpoznania radioelektronicznego, różniące je od innych rodzajów rozpoznania.

Organizacja systemu rozpoznania radioelektronicznego armii powinna zapewnić p o d s t a w ę do realizacji zadań w sposób pełny i terminowy. Znaczy to, że przy zespolonym wysiłku użytych sił i środków rozpoznania radioelektronicznego wykonanie zadań będzie całkowicie realne i pozbawione elementów przypadkowości.

Przez stworzenie podstawy do pełnej realizacji zadań rozpoznawczych należy rozumieć przedsięwzięcia organizacyjne, które zapewniają z odpowiednio wysokim prawdopodobieństwem wykrycie, lokalizację i śledzenie źródeł promieniowania obsługujących obiekty nakazane do rozpoznania. Sprawa należytej organizacji procesu rozpoznawczego wewnątrz pododdziałów i elementów rozpoznawczych wykracza poza ramy niniejszego opracowania, jednak zakłada się, że pododdziały te będą zdolne do należytej interpretacji danych wynikających z wykrycia, lokalizacji i śledzenia źródeł oraz analizy emisji we wszystkich pasmach przydzielonych do rozpoznania.

Przedstawione w poprzednim rozdziale elementy matematycznego modelowania procesu rozpoznania radioelektronicznego oraz inne znane powszechnie zależności towarzyszące temu procesowi x/ pozwalają na:

1/ ocenę możliwości systemu rozpoznania radioelektronicznego armii;
2/ znalezienie rozwiązań mających na celu minimalizację czasu wykonania zadań rozpoznawczych;
3/ znalezienie rozwiązań służących maksymalizacji prawdopodobieństwa wykrycia, lokalizacji i śledzenia obiektów nakazanych do rozpoznania;
4/ weryfikację zasad taktyki pododdziałów rozpoznania radioelektronicznego.

Wyprowadzone wzory pozwalają dość precyzyjnie badać szereg parametrów procesu rozpoznawczego oraz ich wpływ na skuteczność podjętych działań;
są zarazem proste do interpretacji w sferze posunięć organizacyjnych.

---

x/ Omawiane obszernie w wydawnictwach Zarządu II Sztabu Generalnego, znajdujących się w wykazie bibliografii.

1. Rozpoznanie radioelektroniczne w zakresie KF

1.1. Ogólne problemy wykonywania zadań rozpoznawczych w ograniczonym czasie.

Ze względu na wykazaną w rozdziale I p.1.konieczność prowadzenia przestrzennej selekcji źródeł promieniowania podczas realizacji procesu poszukiwania, należy szczegółowiej rozpatrzyć ten problem w aspekcie możliwości zastosowania przedstawionej metody.

Załóżmy, że do prowadzenia poszukiwania wydzielono $\frac{1}{5}$ posiadanych stanowisk w aparatowniach radioodbiorczych:

- 2 stanowiska odbioru fonicznego;
- 2 stanowiska odbioru dalekopisowego;
- 2 stanowiska odbioru telegrafii z kluczowaniem ręcznym.

Niech z ogólnej ilości 3.000 sieci radiowych znajdujących się w zasięgu rozpoznania około 1.000 sieci stosuje jeden z wymienionych rodzajów nadawań. Każda grupa stanowisk ma cały zakres częstotliwości podzielony na dwa podzakresy:

1/ 1,5 do 9MHz /F_{p1} = 7,5 MHz/,

2/ 9 do 25 MHz /F_{p2} = 16 MHz/

Każdy z podzakresów obsługuje jeden operator, który jest w stanie przestrajać odbiornik z szybkością γ = 100kHz/min w pierwszym podzakresie i $\gamma \cong$ 200kHz/min w drugim podzakresie[x/].

---

x/ Wartości te w przybliżeniu pokrywają się z danymi zawartymi w wydawnictwie Zasady organizacji i prowadzenia rozpoznania radioelektronicznego/batalion, pułk rozpoznania radioelektronicznego/ Sztab Generalny WP Zarząd II. Warszawa 1977r.

Stąd otrzymujemy $T_p \cong 80$ min $= 1,3$ godz.

W przybliżeniu można oszacować, że w każdym z podzakresów pracować będzie $m = 500$ sieci radiowych danego rodzaju /fonicznych, dalekopisowych lub telegraficznych z kluczowaniem ręcznym/. Ponadto jak wynika z rozdziału I $\lambda = 4$/godz., $\tau = 0,08$ godz. Średni czas obsługi zgłoszenia:

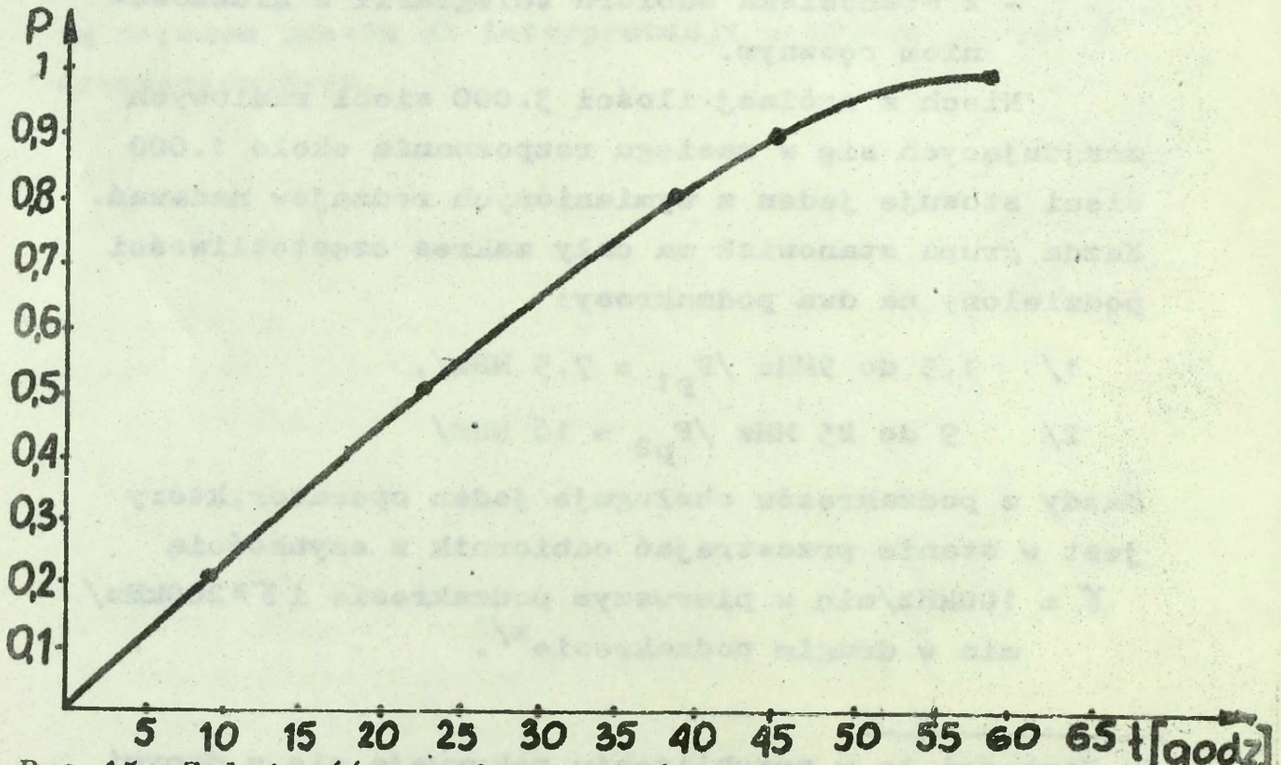
$$T = \frac{1}{2}\tau_n + t_d = 0,08 \text{ godz.}x/$$

Wykorzystując wzór /7/ otrzymujemy czas niezbędny do wykrycia z określonym prawdopodobieństwem dowolnej sieci radiowej o standardwych parametrach:

$$t = m \cdot T \cdot p - \frac{T_p \cdot \ln /1-P/}{\lambda \cdot \tau} =$$

$$= 500 \cdot 0,08 \cdot P - \frac{1,3 \cdot \ln /1-P/}{4 \cdot 0,08} = 40P - 4 \ln /1-P/$$

Wykres tej funkcji przedstawiono na rys.15.



Rys.15. Zależność prawdopodobieństwa wykrycia sieci radiowej od czasu prowadzenia poszukiwania przez 6 stanowisk rozpoznawczych.

x/ Według badań prowadzonych w I półroczu 1979r.w 11brrel dla potrzeb Zarządu II Sztabu Generalnego WP.

Z wykresu widać, że w czasie pierwszej doby prowadzenia rozpoznania 6 stanowisk rozpoznawczych będzie wykrywać sieci radiowe z sumaryczną intensywnością $\lambda_p \cong 70$/godz.

Istotny przy tym jest liniowy przebieg funkcji w zakresie

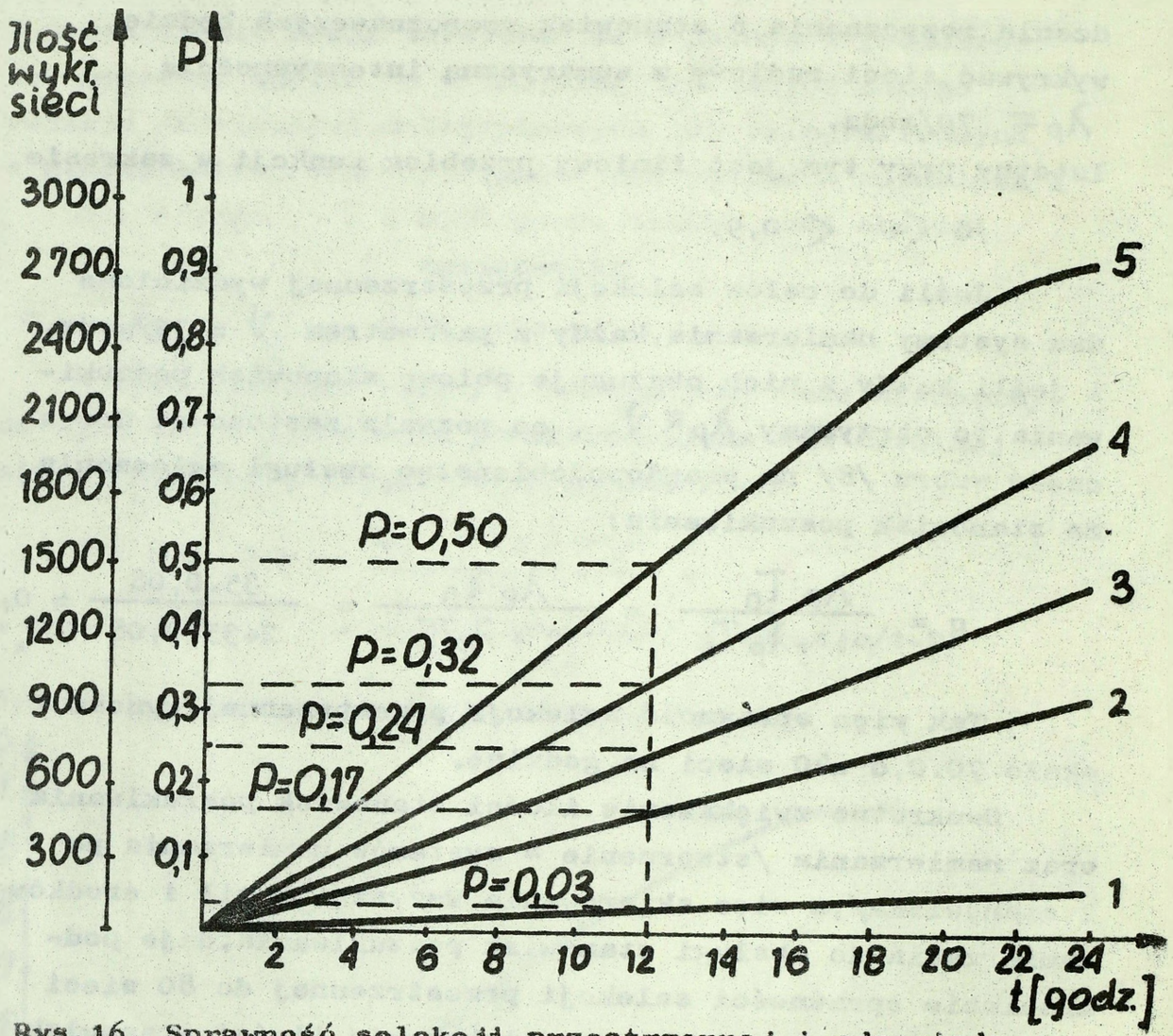
$$0 < p < 0{,}9.$$

Jeśli do celów selekcji przestrzennej wydzielono dwa systemy namierzania, każdy z parametrem $\nu = 35$/godz. i jeśli każdy z nich obsługuje połowę stanowisk poszukiwania, to otrzymamy $\lambda_p \cong \nu$, co pozwala zastosować drugą część wzoru /8/ na prawdopodobieństwo obsługi zgłoszenia ze stanowisk poszukiwania:

$$q = \frac{\lambda_p \cdot \tau_n}{1 + \lambda_p \cdot \tau_n} = \frac{\lambda_p \cdot \tau_n}{2 + \lambda_p \cdot \tau} = \frac{35.0{,}08}{2+35.0{,}08} = 0{,}6$$

Tak więc sprawność selekcji przestrzennej wynosi około 70.0,6 =40 sieci na godzinę.

Dwukrotne zwiększenie ilości stanowisk poszukiwania oraz namierzania /stworzenie 4 systemów namierzania po 2 stanowiska/, a więc skierowanie wszystkich sił i środków namierzania do obsługi stanowisk poszukiwania, daje podniesienie sprawności selekcji przestrzennej do 80 sieci na godzinę /40.2/. Dwukrotne zwiększenie ilości stanowisk poszukiwania przy nie zmienionej ilości stanowisk namierzania daje zwiększenie sprawności selekcji do 60 na godzinę, o czym można się przekonać, wykorzystując pierwszą część wzoru /7/. Dodatkowe zwiększenie /do 24/ ilości stanowisk poszukiwania, czego nie można wykluczyć w pierwszych godzinach prowadzenia rozpoznania, gdy brak jest jakichkolwiek danych o częstotliwościach pracy sieci radiowych przeciwnika, daje sprawność selekcji około 120 sieci na godzinę. Otrzymane wyniki przedstawiono na rys.16.



Rys.16. Sprawność selekcji przestrzennej i odpowiadające jej prawdopodobieństwo wykrycia pojedynczej sieci radiowej : 1 - przy działającym jednym systemie namierzania zabezpieczającym obsługę stanowisk przechwytu i śledzenia; 2-sześć stanowisk poszukiwania,cztery stanowiska namierzania /selekcji/; 3-dwanaście stanowisk poszukiwania, cztery stanowiska selekcji; 4-dwanaście stanowisk namierzania,osiem stanowisk selekcji; 5-dwadzieścia cztery stanowiska poszukiwania,osiem stanowisk selekcji przestrzennej.

Dla funkcji z rys.16 można przedstawić prawdopodobieństwo wykrycia co najmniej jednej radiostacji obsługującej stanowisko dowodzenia korpusu lub dywizji i pracującej jako radiostacja główna sieci.Można założyć że główne SD korpusu będzie obsługiwane przez 8 radiostacji,zaś SD dywizji przez 6 radiostacji,pracujących jako główne [x/]. Po 12 godzinach prowadzenia rozpoznania otrzymuje się prawdopodobieństwo wykrycia,które zawarto w tabeli:

Tabela 1.

Nr krzywej rys.16	P-stwo wykr. co najmniej 1 rdst.na SD dywizji	P-stwo wykr. co najmniej 1 rdst.na SD korpusu
	$P_1=1-/1-P/^6$	$P_1=1-/1-P/^8$
1	0,17	0,22
2	0,66	0,77
3	0,81	0,89
4	0,90	0,95
5	0,98	1 /0,996/

Interpretacja otrzymanych wyników jest następująca:

1/ stosując dotychczasowe metody prowadzenia rozpoznania można oczekiwać pozytywnych rezultatów po kilku dniach działania.Potwierdzają to zresztą prowadzone ćwiczenia z zastosowaniem pozoracji źródeł promieniowania: jeżeli kompanii rozpoznania radiowego KF nie zostanie odpowiednio określone wąskie pasmo do prowadzenia rozpoznania,wykrywanie źródeł jest przysłowiowym poszukiwaniem igły w stogu siana.
Należy przy tym zaznaczyć,że problem ten występuje

---

x/ Zarubieżnoje Wojennoje Obozrjenije nr nr 6/1976, 6/1977.

jaskrawo wyłącznie na szczeblu armii, która rozporządza stosunkowo nieznaczną ilością sił i środków do prowadzenia rozpoznania w tym zakresie fal radiowych;

2/ zastosowanie rozwiązania, polegającego na stopniowym przechodzeniu od wariantz 5. do 2./rys. 17/, np. co trzy godziny od momentu przystąpienia do rozpoznania, daje najlepsze wyniki w ograniczonym czasie. Po upływie pół doby wykrytych zostaje około jednej trzeciej sieci radiowych w korpusie armijnym, a prawdopodobieństwo wykrycia stanowisk dowodzenia każdego związku taktycznego jest bliskie 90 %. Równocześnie w miarę zamieniania stanowisk poszukiwania na stanowiska przechwytu i śledzenia powstają sprzyjające warunki do szczegółowego rozpracowania każdej z kilkunastu wykrytych sieci;

3/ przeznaczenie połowy stanowisk namierzania do celów selekcji przestrzennej nie musi spowodować zmniejszenia dokładności lokalizacji źródeł promieniowania.

4/ szybkość rozpoznania można podnieść przez wykorzystanie dodatkowych namierników batalionu zakłóceń taktycznych oraz organizację wymiany informacji między sąsiedn. brrel

Prowadzenie selekcji przestrzennej przy zachowaniu założonych parametrów λ_p, τ_n, V wymaga bardzo sprawnego obiegu informacji w relacjach stanowisko poszukiwania - zespół namierzania.

Przedstawione wartości tych parametrów mogą być zachowane przy zastosowaniu telefonicznej /przewodowej i radioliniowej/ łączności każdego stanowiska poszukiwania ze stanowiskami namierzania.

1.2. Wpływ środków utajniania korespondencji radiowej przeciwnika na warunki i sposób prowadzenia rozpoznania.

Ze względu na wprowadzenie w ostatnich latach w siłach zbrojnych NATO nowoczesnych radiostacji pozwalających w sposób automatyczny utajniać przekazywaną korespondencję oraz przystawek utajniających typu TSEC/KY-8, TSEC/KW-7 i TSEC/KL-7, mogących współpracować ze starszymi typami radiostacji, wszystkie wiadomości przekazywane

przez techniczne środki łączności krótkofalowej przeciwnika mogą być utajnione x/. Pozwala to wyciągnąć następujące wnioski:

1. Szanse ustalenia przynależności wykrytej sieci radiowej przeciwnika na podstawie przechwytu treści korespondencji radiowej są znikome.

2. Podstawę do analizy sytuacji mogą stanowić jedynie dane, pozwalające rozpracować cały system łączności KF przeciwnika w pasie działania armii. Dane takie muszą zawierać informacje o rozmieszczeniu wszystkich podstawowych węzłów łączności, ilości radiostacji wchodzących w skład każdego węzła oraz o wzajemnym powiązaniu relacji radiowych, ze szczególnym uwzględnieniem miejsc znajdowania się radiostacji głównych sieci. Dane tego typu, przeanalizowane i opracowane przy wykorzystaniu znajomości organizacji wojsk, zasad prowadzenia działań bojowych oraz zasad organizacji łączności przeciwnika, pozwalają w sposób zadowalający wykonać zadania rozpoznawcze.

3. Należy wypracować nowe zasady kierowania namierzaniem, ponieważ przede wszystkim operator na stanowisku namierzania może obecnie określić moment zmiany korespondenta, radiostację główną oraz ilość korespondentów w sieci. Stanowiska namierzania przejmują wobec tego znaczną część zadań od stanowisk przechwytu i śledzenia. Dobrym rozwiązaniem może być organizacja telefonicznej łączności radioliniowej między stanowiskami namierzania, a przy zastosowaniu radiostacji R-118 tylko praca z punktów wynośnych, przy odpowiednim wyszkoleniu operatorów i ustaleniu nowych zasad pracy. Zagadnienie to, jako wchodzące w zakres szkolenia i organizacji rozpoznania na szczeblu batalionu i kompanii nie będzie w opracowaniu szerzej traktowane.

---

x/ Zarubieżnoje Wojennoje Obozrienije nr 6/1976

4. Należy ze znaczną rezerwą podchodzić do danych rozpoznawczych uzyskanych z rozmów nieutajnionych, ponieważ przeciwnik przywiązuje dużą wagę do maskowania i mylenia operacyjnego, a zestawienie kilku relacji wyróżniających się łatwością rozpoznania i przekazywanie nietrudnej do przetłumaczenia korespondencji jest jednym z prostszych sposobów wprowadzenia w błąd strony przeciwnej.

2. Rozpoznanie radioelektroniczne w zakresie UKF wojsk lądowych

Jednym z najistotniejszych zadań komórek sztabowych zajmujących się planowaniem działań rozpoznania radioelektronicznego UKF jest zapewnienie kompaniom rozpoznania radioelektronicznego obiektywnych warunków do wykonania zadań rozpoznawczych w ograniczonym czasie. Należy przy tym uwzględnić, że część danych rozpoznawczych może być zdobywana na podstawie przechwytu jawnej lub częściowo kodowanej korespondencji. Trzeba jednak mieć na względzie, że ważniejsze radiostacje UKF/ poczynając od relacji batalion-brygada/ będą wykorzystywane z użyciem przystawek technicznego utajniania korespondencji, a w pozostałych przeciwnik będzie powszechnie stosował tablice kodowe.

2.1. Wybrane problemy taktyki pododdziałów rozpoznania radioelektronicznego UKF

Z przedstawionych w rozdziale II p.2 elementów matematycznego modelu prowadzenia rozpoznania radioelektronicznego widać, że w dynamice walki w zasięgu urządzeń rozpoznania radioelektronicznego znajduje się stosunkowo nieznaczna ilość radiostacji UKF przeciwnika. Jednak dzięki temu, że węzły łączności obsługiwane są przez kilka środków UKF, można osiągnąć dość duże prawdopodobieństwo wykrycia tych węzłów, umiejętnie organizując proces rozpoznawczy.

Zastosowanie wzorów /17,/18/ i wykorzystanie obrazu funkcji określającej średnią ilość źródeł UKF przeciwnika w zasięgu rozpoznania /rys.11/ pozwala wyciągnąć następujące wnioski:

1. Dla typowych wartości tempa działań zaczepnych nie występuje wyraźnie zarysowana optymalna odległość urządzeń rozpoznawczych do przedniego skraju, przy której należy podejmować decyzję na przegrupowanie; odległość ta zawiera się w przedziale wartości funkcji $\overline{n_1 / l_z /}$ zbliżonych do optimum i wynosi l_z = 8 - 16 km.

   Uwzględniając efektywność wykorzystania czasu na wykonywanie namiarów E_{tn}/18/ należy wobec tego przyjąć, że decyzję na przegrupowanie urządzeń rozpoznawczych należy podejmować, gdy odległość do przedniego skraju wynosi $l_z \cong$ 16 km. Jak wykazano w rozdziale II p.2.2 maksymalna odległość dokładnego namierzania l_{max} = 30 km pozwala na takie podejście.

2. Przy zmniejszaniu tempa natarcia wartość optymalna występuje wyraźniej i odległość l_z również się zmniejsza. W takiej sytuacji należy dążyć do wcześniejszego przegrupowania kompanii rozpoznania radioelektronicznego w kierunku przedniego skraju.

3. Ze wzrostem tempa natarcia maleje skuteczność rozpoznania radioelektronicznego, zmniejsza się bowiem średnia liczba źródeł w zasięgu rozpoznania /17/ oraz maleje efektywność wykorzystania czasu na wykonywanie namiarów /18/.

Równoczesne przegrupowanie wszystkich sił i środków rozpoznania radioelektronicznego UKF jednej kompanii powoduje utratę ciągłości namierzania na czas około 3 godzin w jednym cyklu obejmującym rozpoznanie i przegrupowanie. W czasie jednej doby prowadzenia działań daje to straty czasu około 6 godzin przy założeniu, że głębokość zadania dnia dywizji nie przekracza 40 km. Nie należy jednak zapominać o trzech istotnych czynnikach:

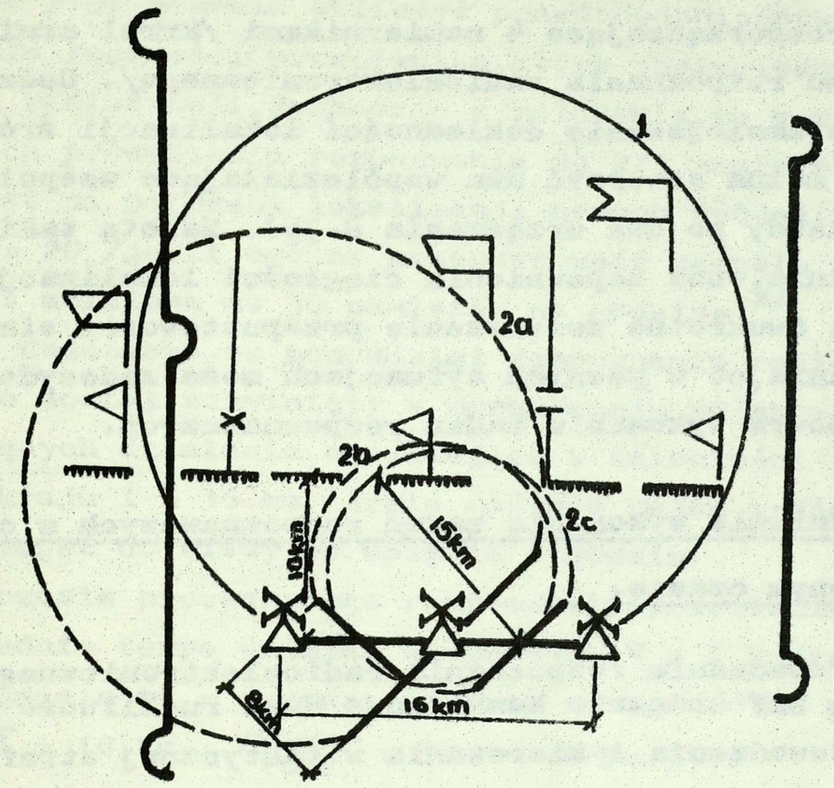
1. Na kierunku głównego uderzenia armii można dodatkowo użyć kompanię rozpoznania radioelektronicznego z armijnego brrel- co pozwala całkowicie wyeliminować przerwy w namierzaniu źródeł przeciwnika.

2. Mimo przerw w namierzaniu, w czasie przegrupowania prowadzony jest przechwyt korespondencji radiowej, co stwarza możliwości pogłębiania w tym czasie oceny nieprzyjaciela.

3. Dane z rozpoznania radioelektronicznego dotyczące roz-mieszczenia węzłów łączności przeciwnika odznaczają się stosunkowo niedużą dokładnością, toteż wymagają udokładnienia działaniem innych organów rozpoznawczych. Umożliwiając jednak wstępne nacelowanie działalności tych organów, podnoszą znakomicie efektywność całego systemu rozpoznania ogólnowojskowego. Umiejętne połączenie wysiłku innych elementów rozpoznawczych na udokładnienie danych z rozpoznania radioelektronicznego, zwłaszcza w okresach przerw w namierzaniu, może w znacznym stopniu zniwelować straty informacji rozpoznawczej wynikłe z konieczności przegrupowania posterunków namierzania radiowego.

Oczywiście łatwo nasuwa się wniosek, że dla zachowania ciągłości całego procesu rozpoznania radioelektronicznego, można podjąć próbę kolejnego przegrupowania każdego z trzech pojedyńczych posterunków, tak aby namierzanie było prowadzone ciągle co najmniej z dwóch urządzeń. Ponieważ pogląd ten jest dość atrakcyjny i posiada licznych zwolenników, powinien być rozpatrzony nieco głębiej.

Na rys. 18. przedstawiono średni zasięg dokładnych namiarów między kolejnymi przegrupowaniami urządzeń dla tempa natarcia wynoszącego 2 km/godz. Jest to zresztą górna wartość tempa natarcia, przy której udaje się utrzymać ciągłość łączności przy kolejnej zmianie posterunków.



Rys.17. Strefy dokładnego namierzania: 1 - przy równoczesnym przegrupowaniu 3 posterunków, 2 a,b,c - przy kolejnym przegrupowaniu posterunków /w każdej ze stref a,b,c zapewnione jest namierzanie przez jedną trzecią ogólnego czasu rozpoznania/,

Z rys.17 widać, że rozpatrywana metoda kolejnego przegrupowania urządzeń zapewnia w miarę skuteczne namierzanie jedynie przez 1/3 ogólnego czasu prowadzenia rozpoznania /krzywa 2a/. Uwzględniając dodatkowo, że pelengacja 3 namiernikami jest o 24% dokładniejsza[x/], należy stanowczo stwierdzić, że korzyści z zastosowania metody ciągłego namierzania w kompanii rozporządzającej 3 namiernikami, są czysto iluzoryczne.

- - - - - - - - - - - - - - - - - - - -

x/ Namierzanie radiowe. Podręcznik.Szt.Gen. 383/66.

Metoda ta może być stosowana jedynie przez pododdziały, rozporządzające 4 namiernikami /krrel armijnego batalionu rozpoznania radioelektronicznego/. Godząc się wtedy na zmniejszenie dokładności lokalizacji źródeł o ok. 30% można stworzyć dwa współdziałające zespoły namierzania, każdy po dwa urządzenia R-363. Zaletą takiego rozwiązania, obok zapewnienia ciągłości lokalizacji źródeł, jest dwukrotne zwiększenie przepustowości stanowisk namierzania, co w pewnych sytuacjach może zadecydować o terminowym wykonaniu zadań rozpoznawczych.

2.2. Zagadnienie wykonania zadań rozpoznawczych w ograniczonym czasie.

Prowadzenie rozpoznania radioelektronicznego w zakresie UKF znacznie komplikuje duża ruchliwość elementów dowodzenia i kierowania w taktycznej strefie przeciwnika. Z ogólnej ilości około 100 obiektów dywizji, które powinny zostać rozpoznane, w ciągu 2 godzin przemieszcza się[x]:

- 20 obiektów dwa razy
- 40 obiektów jeden raz
- 40 obiektów nie przemieszcza się.

Decyduje to jednocześnie, że w trakcie prowadzonego rozpoznania wysiłek zespołów namierzania musi być w znacznej mierze skierowany na ustalenie coraz to nowych rejonów rozwinięcia nakazanych do rozpoznania obiektów. Nie może jednak ulegać wątpliwości, że do chwili wykrycia większości obiektów wysiłek ten powinien być głównie skierowany na zabezpieczenie poszukiwania nowych źródeł promieniowania.

Sprzyjające ku temu warunki stwarza odpowiednio wczesne w stosunku do rozwinięcia wojsk rozwinięcie kompanii rozpoznania radioelektronicznego w przewidywanych pasach działania własnych związków taktycznych.

---

x/ Według oceny przeprowadzonej w radzieckiej akademii im. Frunzego /płk dypl. Marian Reinberger - materiały z kursu kadry rozpoznawczej WP w roku 1979r./

Wzór /19/ pozwala obliczyć prawdopodobieństwo wykrycia węzła łączności przeciwnika, który obsługiwany jest przez k radiostacji. Wychodząc z założenia, że w pierwszych godzinach prowadzenia rozpoznania do 2/3 namiarów wykonywana jest na potrzeby lokalizacji nowych źródeł, otrzymujemy q = 20 /jeśli ogólna przepustowość zespołu namierzania jest zbliżona do 30 namiarów na godzinę [x]/. Załóżmy dodatkowo, że pododdział rozpoznania radioelektronicznego został rozwinięty w ugrupowaniu wojsk własnych prowadzących działania opóźniające w odległości od przedniego skraju l = 16 km. Armia zajmuje rejon wyjściowy i może wejść do bitwy po upływie 6 godzin.

W czasie prowadzonego rozpoznania przeciwnik utrzymuje średnie tempo działań zaczepnych V_n = 2 km/godz. Wobec tego w czasie t_r = 6 godz. średnia odległość od przedniego skraju $\bar{l}$ = 10 km, $\overline{n_{1UKF}} = 500 - 20 \cdot l = 300$.

Potraktujemy rozpoznanie stanowiska dowodzenia brygady jako jedno z bardziej typowych zadań dla kompanii rozpoznania radioelektronicznego. Na SD brygady k = 11, średnia odległość tych radiostacji do urządzeń rozpoznawczych $\bar{l}_{SD}$ = 15 km i wobec tego otrzymujemy:

$$P_1 = 1 - \left[1 - /1 - \frac{1}{30} \bar{l}_{SD} / \frac{q \cdot t_r}{\overline{n_{1UKF}} / t_r /} \right]^k =$$

$$= 1 - \left[1 - /1 - \frac{1}{30} \cdot 15 / \frac{20 \cdot 6}{300} \right]^{11} = 0,92$$

Tak więc prawdopodobieństwo wykrycia węzła łączności brygady jest równe ok. 92 %. Mimo znacznego obciążenia zespołu namierzania lokalizacją nowych radiostacji, możliwe jest wykonywanie do 10 namiarów w ciągu godziny dla potrzeb śledzenia za przemieszczeniem się wykrytych wcześniej stanowisk dowodzenia.

---

x/ Zasady organizacji i prowadzenia rozpoznania radioelektronicznego /batalion-pułk rozpoznania radioelektronicznego/. Podręcznik. Sztab Generalny, Zarząd II Warszawa, 1977r.

Na podstawie podanego przykładowego rozwiązania można stwierdzić, że kompania rozpoznania radioelektronicznego jest w stanie samodzielnie rozpoznać ważniejsze węzły łączności z prawdopodobieństwem około 90% po 6 godzinach od chwili przystąpienia do prowadzenia rozpoznania. Zadania te mogą być wykonane niezależnie od stopnia utajnienia korespondencji w sieciach radiowych przeciwnika.

Ze wzoru /19/ wynika równocześnie, że czas ten może być skrócony, lub odpowiednio może być powiększone prawdopodobieństwo wykonania zadania przy zwiększeniu przepustowości zespołu namierzania. Np. w założonych wyżej warunkach użycie dwóch kompanii rozpoznania radioelektronicznego na tym samym kierunku /jedna z ZT, druga z armijnego brrel/ daje prawdopodobieństwo:

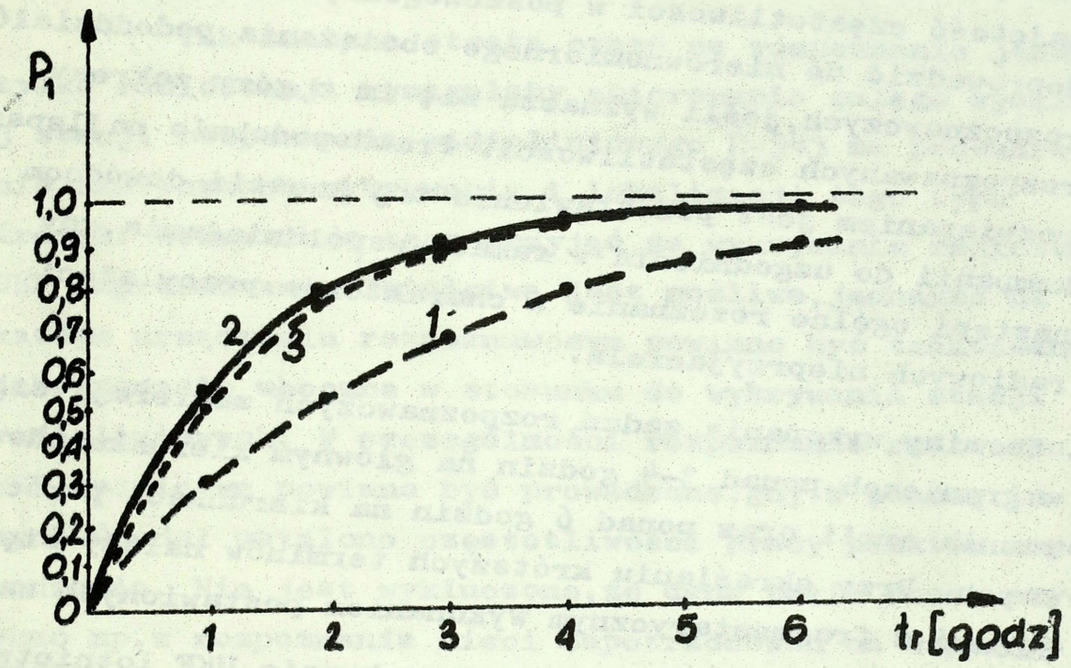
$$P_1 = 1 - \left[1 - /1 - \frac{1}{30} \cdot 15/ \frac{20 \cdot 6}{150} \right]^{11} \cong 0{,}996 \cong 1$$

/przy podziale całego pasma na dwa zakresy rozpoznania/

oraz : $P_1 = 0{,}92 + 0{,}92 - 0{,}92^2 = 0{,}994 \cong 1$

/przy prowadzeniu rozpoznania przez każdą kompanię w całym paśmie 30-76 MHz/.

Posługując się powyższą metodyką oceny możliwości rozpoznawczych można uzyskać wykres funkcji $P_1/t_r/$. Wykres taki, opisujący możliwości wykrycia węzła łączności pierwszorzutowej brygady przeciwnika w zależności od czasu prowadzenia rozpoznania przedstawiono na rys. 19. Obliczenia przedstawiono w przypisach /p. 10/.



Rys.18. Możliwości wykrycia węzła łączności pierwszorzutowej brygady przeciwnika w zależności od czasu prowadzenia rozpoznania 1 - jedna krrel; 2-dwie krrel przy dokonanym podziale pasm rozpoznania, 3-dwie krrel, współdziałanie bez podziału pasm rozpoznania.

Uzyskane wykresy pozwalają wyciągnąć następujące wnioski:

1. Użycie dwóch kompanii na tym samym kierunku skraca dwukrotnie czas wykonania zadań rozpoznawczych. Oczywiście osiągnąć to można tylko poprzez organizację współdziałania między tymi pododdziałami, aby każda grupa analizy mogła korzystać z danych rozpoznawczych obu kompanii.
2. Podział pasm rozpoznania między współdziałające kompanie mija się praktycznie z celem, ponieważ nie przynosi istotnej poprawy efektów rozpoznawczych.

Sprawa ta jest o tyle dyskusyjna, że przy odpowiednim podziale pasm operatorzy poszukiwania obsługujący przystawki panoramicznego przeglądu częstotliwości nie są zmuszeni do przełączania podzakresów, co w krótszym czasie ułatwia im zorientowanie się w charakterystyce pracy sieci radiowych przeciwnika. Z drugiej jednak strony przed przystąpieniem do rozpoznania lub na początku jego prowadzenia trudno jest oszacować faktyczną zajętość częstotliwości w poszczególnych pasmach, co może doprowadzić do nierównomiernego obciążenia pododdziałów rozpoznawczych, jeśli wyznacza się im z góry zakresy rozpoznawanych częstotliwości. Prawdopodobnie najlepszym rozwiązaniem jest pozostawienie tej kwestii dowódcom kompanii do uzgodnienia w ramach współdziałania, gdy nastąpi ogólne rozeznanie w charakterze pracy sieci radiowych nieprzyjaciela.

3. Terminy wykonania zadań rozpoznawczych zawierają się w granicach ponad 3-4 godzin na głównym kierunku uderzenia armii oraz ponad 6 godzin na kierunkach pomocniczych. Przy określaniu krótszych terminów należy się liczyć z fragmentarycznym wykonaniem postawionych zadań.

3. Rozpoznanie radioelektroniczne w zakresie UKF lotnictwa.

Podstawowym problemem do rozstrzygnięcia w zakresie rozpoznania sieci radiowych UKF lotnictwa jest sprawa opłacalności prowadzenia tego typu rozpoznania, ponieważ siły i środki, które można użyć w tym celu przeznaczone są de facto do rozpoznania łączności radioliniowej.

Wzór /20/ pozwala oszacować czas, niezbędny do wykrycia jednej z radiostacji naziemnych przeciwnika z określonym prawdopodobieństwem. Jeśli założyć, że wystarczy rozpoznanie jednej z 10 radiostacji naziemnych znajdujących się w strefie zasięgu, wtedy P = 0,1.

Uwzględniając dodatkowo: $m = 100$, $T_p = 0{,}2$ godz., $\lambda = 3$/godz., $\tau = 0{,}02$ godz., $T = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{3}$, $\beta = 15^{\circ}$, $\alpha = 150^{\circ}$ otrzymujemy:

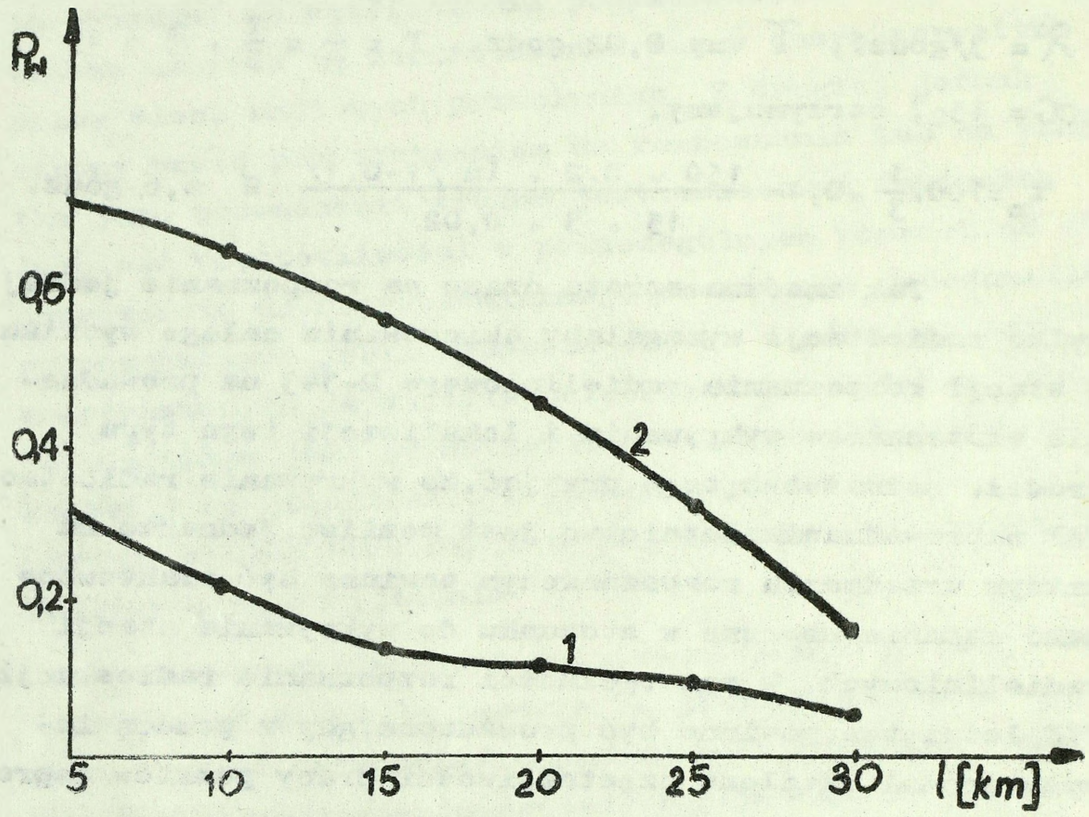
$$t_n = 100 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0{,}1 - \frac{150 \cdot 0.2 \cdot \ln /1-0{,}1/}{15 \cdot 3 \cdot 0{,}02} \cong 6{,}6 \text{ godz.}$$

Tak znaczna strata czasu na rozpoznanie jednej tylko radiostacji wymagałaby skierowania całego wysiłku 3 stacji rozpoznania radioliniowego R-343 na prowadzenie skutecznego wykrywania i lokalizacji tego typu źródeł. Możnawobec tego przyjąć, że wykrywanie radiostacji UKF naprowadzania lotnictwa jest możliwe, jednakże na każdym urządzeniu rozpoznawczym powinno być traktowane jako zadanie uboczne w stosunku do wykrywania stacji radioliniowych. W szczególności rozpoznanie radiostacji UKF lotnictwa powinno być prowadzone, gdy z pomocą innych źródeł ustalono częstotliwości pracy punktów naprowadzania. Nie jest wykluczone, że dane takie można uzyskać np. z rozpoznania sieci zapotrzebowań na wsparcie lotnicze /KF/.

4. Rozpoznanie stacji łączności radioliniowej.

Wzory /21/ i /22/ umożliwiają oszacowanie możliwości rozpoznawczych pojedynczych urządzeń rozpoznania łączności radioliniowej oraz możliwości całego pododdziału w sile kompanii.

Wykorzystując wykres z rys. 13 uzyskany na podstawie dyskretnych wartości $n/l/$ łatwo obliczyć prawdopodobieństwo wykrycia co najmniej jednej radiolinii przeciwnika w zależności od odległości urządzeń rozpoznawczych do przedniego skraju /rys. 19/.



Rys. 19. Prawdopodobieństwo wykrycia co najmniej jednej relacji radioliniowej przez pojedyncze urządzenie rozpoznawcze /krzywa 1/ oraz przez kompanię rozpoznania radioliniowego /krzywa 2/ w zależności od odległości urządzeń do przedniego skraju /1/.

Z uzyskanych danych widać wyraźnie, że poszukiwanie relacji radioliniowych bez otrzymania wstępnych danych o rozmieszczeniu węzłów łączności przeciwnika i możliwych kierunkach promieniowania energii elektromagnetycznej jest mało efektywne.

Zagadnienie to występuje szczególnie jaskrawo, jeśli uwzględnić niską mobilność urządzeń rozpoznawczych oraz dość wysoką manewrowość sprzętu radioliniowego przeciwnika, wykorzystywaną szczególnie w czasie prowadzenia działań w dużym tempie.

W tej sytuacji nasuwają się pewne wnioski do organizacji rozpoznania systemów radioliniowych przeciwnika :

1. Niezbędnym warunkiem do zapewnienia skuteczności rozpoznania radioliniowego jest możliwe precyzyjne oszacowanie kierunków promieniowania energii elektromagnetycznej przez radiolinie przeciwnika na podstawie danych o rozmieszczeniu jego węzłów łączności,uzyskiwanych z rozpoznania KF i UKF a także /w miarę możliwości/ z innych źródeł rozpoznawczych.

2. Rozpoznanie relacji radioliniowych może być prowadzone najskuteczniej w warunkach pewnej stabilizacji działań bojowych,co najczęściej będzie się zdarzać w godzinach nocnych.

3. Możliwości kompanii rozpoznania radioliniowego pozwalają jedynie na fragmentaryczne rozpoznanie relacji radioliniowych,toteż nie może ona otrzymywać zadań nakazujących ogólne rozpoznanie systemu łączności radioliniowej przeciwnika,ponieważ wykluczyłoby to możliwość prowadzenia długotrwałego przechwytu korespondencji radiowej w nieutajnionych kanałach łączności.

4. W warunkach powszechnego stosowania przez nieprzyjaciela technicznych środków utajniania korespondencji oraz tabel kodowych dane zdobywane przez kompanię rozpoznania radioliniowego będą przedstawiać znikomą wartość rozpoznawczą.Możliwość rozwiązania tego problemu nie istnieje w sferze organizacyjnej,lecz technicznej.

Poprzez zwiększenie czułości urządzeń można prowadzić przechwyt i namierzanie wielu nadajników z każdego miejsca,co pozwoli przystąpić do skutecznego rozpoznania całego systemu łączności radioliniowej na głębokość taktyczną,wykorzystując promieniowanie zawarte w listkach bocznych charakterystyk kierunkowych radiolinii.Możliwość ta została podkreślona,ponieważ w Śląskim Okręgu Wojskowym podjęto prace z tego zakresu.

5. Rozpoznanie stacji radiolokacyjnych obserwacji okrężnej oraz stacji radionawigacyjnych.

Wykorzystując wzory /23/ i /24/ można oszacować ogólne możliwości pododdziałów wyposażonych w stacje rozpoznania systemów radiolokacyjnych typu RPS-5 /RPS-6/. Przyjmując średnią odległość tych urządzeń do przedniego skraju τ = 10 km otrzymujemy ilość stacji radiolokacyjnych objętych zasięgiem urządzeń rozpoznawczych:

$$n = 0{,}4\ /35-10/ = 10$$

Czas zużyty na rozpoznanie takiej ilości stacji radiolokacyjnych wyniesie:

$$t = 1 + 0{,}13\ /35-10/ \cong 5 \text{ godz.}$$

Ponieważ w obszarze ok. 1600 km^2 objętym rozpoznaniem przez jeden pluton RPS należy oczekiwać G . 1600 = 16 stacji radiolokacyjnych obserwacji okrężnej, wobec tego można oszacować, że system wczesnego ostrzegania przeciwnika o zagrożeniu powietrznym zostanie rozpoznany w ok.60 % na głębokość 40 kilometrów po 5 godzinach prowadzenia rozpoznania.

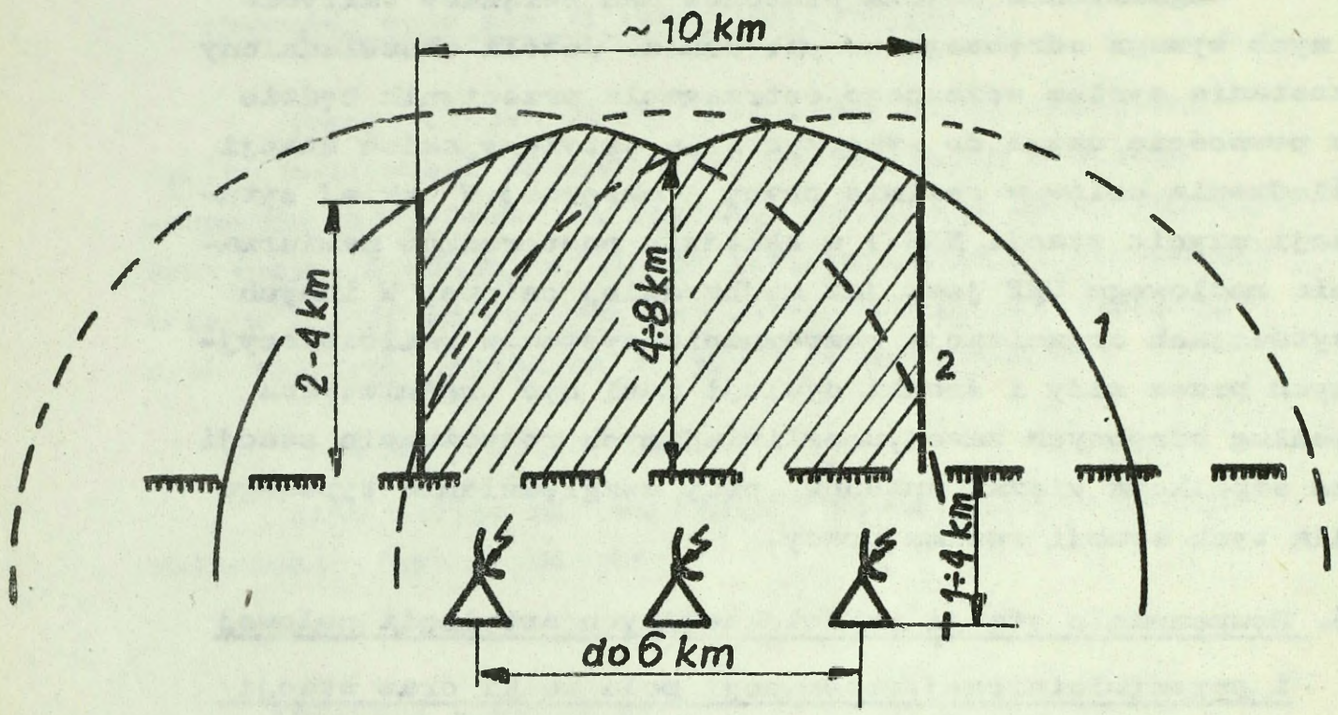
Możliwości takie istnieją tylko na kierunku użycia plutonu rozpoznania systemów radiolokacyjnych armijnego brrel. Biorąc pod uwagę, że bardzo nieliczne są stacje radiolokacyjne obserwacji okrężnej przeciwnika pracujące w zakresie objętym rozpoznaniem urządzeń NRS-1, pododdziały dywizyjne mogą tylko fragmentarycznie rozpoznawać system wczesnego ostrzegania.

Ze względu na sposób prowadzenia rozpoznania przez pluton RPS, niezbędną wielkość bazy namierzania, wyposażenie w środki łączności oraz sprawność kierowania i przegrupowania, najbardziej celowe jest użycie urządzeń RPS w składzie posterunków namierzania radiowego UKF kompanii rozpoznania radioelektronicznego.

Zagadnienie użycia plutonów NRS związków taktycznych wymaga odrębnego rozpatrzenia. Jeżeli obezwładniony zostanie system wczesnego ostrzegania,przeciwnik będzie z pewnością dążył do wykorzystania artyleryjskich stacji śledzenia celów w reżimie pracy okrężnej.W takiej sytuacji użycie stacji NRS-1 w składzie posterunków namierzania radiowego UKF jest jak najbardziej celowe. W innych sytuacjach organizacja rozpoznania systemów radiolokacyjnych przez siły i środki dywizji musi być organizowana według odrębnych zasad,umożliwiających rozpoznanie stacji ze szpilkową wiązką antenową,przy uwzględnieniu typowego dla tych stacji reżimu pracy.

6. Rozpoznanie stacji radiolokacyjnych artylerii polowej i przeciwlotniczej,obserwacji pola walki oraz stacji łączności satelitarnej.

Uwzględniając techniczne problemy rozpoznania tego typu urządzeń,charakteryzujących się przede wszystkim szpilkową /cygarową/ wiązką promieniowania,zgodnie z kalkulacjami zawartymi w rozdziale II, do ich rozpoznania należy użyć stacji NRS-1,które dzięki dużej mobilności mogą przemieszczać się blisko rubieży styczności wojsk.Użycie w tym celu stacji rozpoznania systemów radioliniowych byłoby sensowane jedynie pod warunkiem zwiększenia ich czułości i poprawy mobilności.Na rys.20.wykreślono strefy maksymalnego zasięgu urządzeń NRS-1 i odpowiadające im strefy rozmieszczenia urządzeń radioelektronicznych,które mogą być namierzone dzięki promieniowania listków bocznych charakterystyki antenowej.



Rys.20. Możliwości wykrywania i namierzania źródeł ze szpilkową charakterystyką kierunkową:
1 - stacje obserwacji pola walki, 2-stacje artylerii polowej i przeciwlotniczej, stacje łączności satelitarnej.

Taki sposób użycia urządzeń MRS-1 jest szczególnie opłacalny dla wykrywania i umiejscowiania stacji radiolokacyjnych artylerii polowej typu Green Archer, na kierunkach organizowanego przez własne wojska ogniowego przygotowania natarcia. Sprawa ta jest o tyle istotna, że w siłach zbrojnych NATO jest dość rozpowszechniona koncepcja użycia artylerii tzw. "counter fire", oparta w znacznej mierze na wykorzystaniu danych ze stacji radiolokacyjnych artylerii polowej. Przy stosunkowo znacznej wrażliwości własnej artylerii na dobrze skorygowany ogień opancerzonych haubic przeciwnika, zniszczenie w pierwszej kolejności stacji radiolokacyjnych jego artylerii polowej może być jednym z istotniejszych warunków osiągnięcia celów ogniowego przygotowania natarcia i wsparcia ataku.

Biorąc pod uwagę, że artyleria armijna rozporządza dodatkowo trzema plutonami rozpoznania systemów radiolokacyjnych /NRS-1/, na kierunku głównego uderzenia armii można prowadzić rozpoznanie stacji artylerii polowej w pasie 20-30 km stosując odstępy między posterunkami do 3 km. Ponieważ stacje Green Archer rozmieszcza się w odległości 2-4 km od przedniego skraju, należy dążyć do maksymalnego zbliżenia stacji NRS-1 do rubieży styczności wojsk przed rozpoczęciem ogniowego przygotowania natarcia, aby dostatecznie zwiększyć prawdopodobieństwo wykonania zadań rozpoznawczych. Dla dodatkowego zwiększenia możliwości rozpoznawczych na kierunku głównego uderzenia celowe jest także organizowanie współdziałania plutonów rozpoznania systemów radiolokacyjnych, ponieważ część wykrywanych źródeł może być namierzana tylko przez skrajne posterunki sąsiadujących plutonów NRS.

IV. WNIOSKI DOTYCZĄCE UŻYCIA SIŁ I ŚRODKÓW ROZPOZNANIA RADIOELEKTRONICZNEGO PRZED WPROWADZENIEM SIŁ GŁÓWNYCH ARMII DO BITWY.

W ogólnych kalkulacjach dotyczących użycia sił i środków rozpoznania radioelektronicznego należy z całą pewnością uwzględniać fakt, że dane z tego rodzaju rozpoznania są na mało dokładne aby mogły być podstawą do planowania uderzeń ogniowych na rozmieszczone w głębi obiekty przeciwnika. Dane takie wymagają potwierdzenia przez inne rodzaje rozpoznania oraz odpowiedniego udokładnienia współrzędnych. Rozpoznaniem radioelektronicznym można określać położenie obiektów z dokładnością rzędu kilkuset metrów na głębokość taktyczną oraz 2-4 km w głębi operacyjnej. Jednak wykorzystanie zdobytych tą drogą danych do odpowiedniego nacelowania działań innych rodzajów rozpoznania umożliwia szybką lokalizację obiektu, niezbędne udokładnienie danych oraz potwierdzenie wiarogodności źródła.

Doświadczenia z szeregu ćwiczeń prowadzonych w Śląskim Okręgu Wojskowym jednocześnie wskazują, że dla ogólnego podniesienia efektywności rozpoznania na szczeblach taktycznych i operacyjnych należy:

1. Przegrupować pododdziały rozpoznania radioelektronicznego do rejonów wyjściowych w czole sił głównych pierwszorzutowych związków taktycznych.
2. Rozwinąć pododdziały rozpoznania radioelektronicznego z marszu bez długotrwałego odtwarzania zdolności bojowej, nawet po przegrupowaniu na dużą odległość.

Przyjęcie takiej koncepcji jest możliwe z następujących względów:

1. Operatorzy rozpoznania radioelektronicznego, na których głównie spoczywał będzie ciężar wykonania zadań rozpoznawczych, mogą mieć z reguły zagwarantowane minimum wypoczynku w czasie przegrupowania.

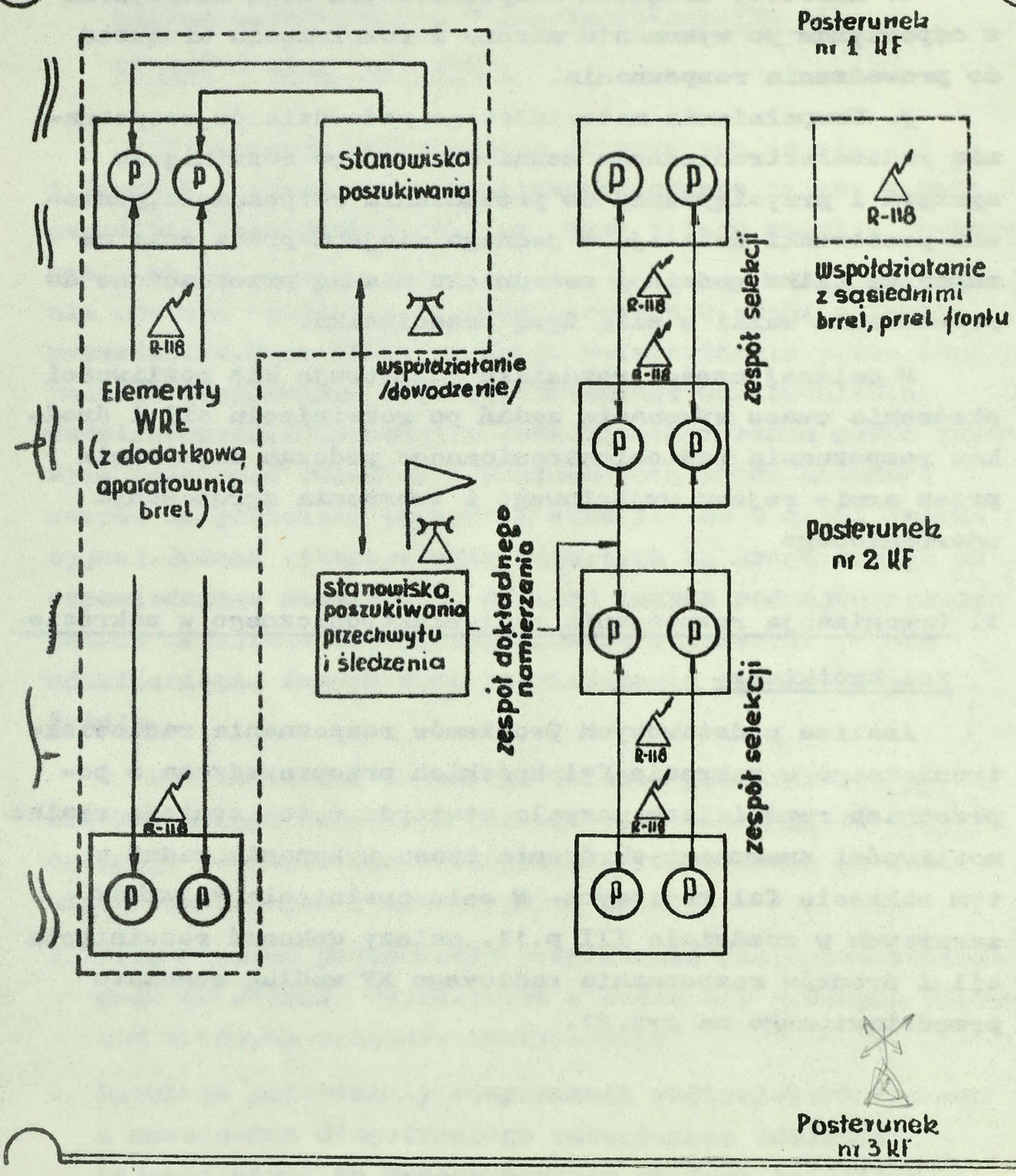
2. Kierowcy urządzeń rozpoznawczych mogą skorzystać z odpoczynku po wykonaniu marszu i rozwinięciu urządzeń do prowadzenia rozpoznania.

3. Uzupełnienia materiałowego pododdziałów rozpoznania radioelektronicznego można dokonać po rozwinięciu sprzętu i przystąpieniu do prowadzenia rozpoznania, ponieważ posterunki działają z jednego miejsca przez czas co najmniej kilku godzin i zasadniczo nie są przeznaczone do prowadzenia walki z siłą żywą przeciwnika.

W dalszej części rozdziału rozpatruje się możliwości skrócenia czasu wykonania zadań po rozwinięciu sił i środków rozpoznania radioelektronicznego podczas zajmowania przez armię rejonu wyjściowego i tworzenia zgrupowania uderzeniowego

1. Organizacja rozpoznania radioelektronicznego w zakresie fal krótkich.

Analiza podstawowych problemów rozpoznania radioelektronicznego w zakresie fal krótkich przeprowadzona w poprzednich rozdziałach pozwala stwierdzić, że istnieją realne możliwości znacznego skrócenia czasu wykonania zadań w tym zakresie fal radiowych. W celu spełnienia warunków zawartych w rozdziale III p.11. należy dokonać rozwinięcia sił i środków rozpoznania radiowego KF według schematu przedstawionego na rys.21.



Rys.21. Rozwinięcie sił i środków rozpoznania radiowego KF przed wejściem sił głównych armii do bitwy.

Siły i środki batalionu zakłóceń taktycznych wydzielone są do pracy w systemie rozpoznania radioelektronicznego armii do czasu rozpoczęcia zakłóceń relacji łączności KF nieprzyjaciela.

Autor nie uwzględnia wogóle zachowania i działania przeciwnika

Dzięki temu możliwe jest stworzenie 4 sieci namiedzania /po dwa stanowiska/ przeznaczonych dla celów selekcji przestrzennej. Posługując się wykresem z rys.16 i obliczeniami czwartymi w tabeli 1 można stwierdzić,że po 6 godzinach prowadzenia rozpoznania wykrywa się z prawdopodobieństwem ok.80 % stanowiska dowodzenia związków taktycznych przeciwnika oraz z ok.90% prawdopodobieństwem stanowisko dowodzenia korpusu armijnego.

Organizacja łączności przedstawiona na rys.21.odbiega dość istotnie od dotychczas stosowanych schematów, chociaż ilość środków wykorzystywanych do przekazywania komend dla namierników z armijnego brrel /4 radiostacje R-118/ nie uległa zmianie. W proponowanym rozwiązaniu nie tworzy się sieci radiowej namierzania złożonej z 4 radiostacji,gdyż radiostacje R-118 połączone w sieć mogą zapewnić pracę tylko w jednym kanale,a zatem takie rozwiązanie uniemożliwia równoczesne podawanie komend na oba stanowiska namierzania w każdym namierniku.

Radiostacje R-118 muszą więc pracować na kierunkach radiowych z kluczowaniem częstotliwości,co umożliwia stworzenie dwóch kanałów na każdym kierunku.Wydzielone do rozpoznania siły i środki walki radioelektronicznej /2 namierniki R-359, 1 aparatownia ARO-K3,środki łączności w liczbie 2 radiostacji R-118 i 1 radiolinii R-405/ powinny zostać wzmocnione jedną aparatownią radioodbiorczą z batalionu rozpoznania radioelektronicznego,ponieważ stawianie komend z jednej aparatowni na dwa zespoły selekcji przestrzennej powoduje zbyt słabe wykorzystanie możliwości namierników R-359 /rozważania zawarte w rozdziale III/.

Istotne jest rozstrzygnięcie problemu podległości wydzielonych sił i środków walki radioelektronicznej w okresie prowadzenia przez nie rozpoznania radioelektronicznego.

Za podporządkowaniem ich dowódcy batalionu rozpoznania radioelektronicznego przemawiają następujące względy:

- konieczność przegrupowania do rejonu wyjściowego w czole pierwszorzutowych związków taktycznych, praktycznie w kolumnie marszowej batalionu rozpoznania radioelektronicznego; pozostałe siły batalionu zakłóceń taktycznych mogą się przegrupować po innej drodze marszu, i w znacznej odległości, co komplikuje sprawę dowodzenia wydzielonymi siłami przez dowódcę bzt;

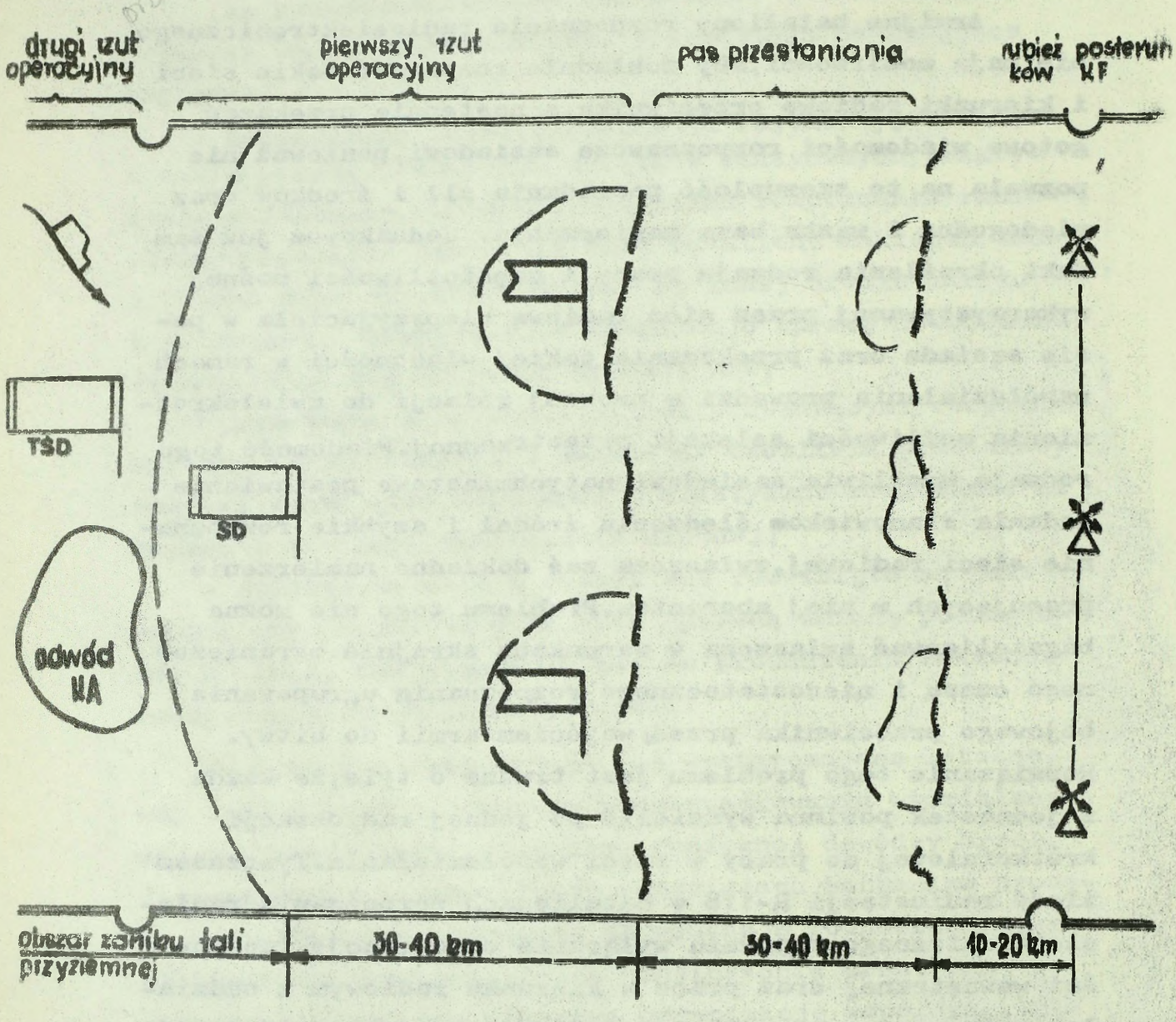
- jednolite kierowanie siłami prowadzącymi rozpoznanie radioelektroniczne w paśmie KF umożliwia prawidłowy podział zadań rozpoznawczych i elastyczne reagowanie na zmiany w sytuacji radioelektronicznej;

- wydzielone siły i środki WRE rozwinięte są jako osobne posterunki, co umożliwia sprawną zmianę podległości z chwilą przystąpienia bzt do prowadzenia zakłóceń relacji radiowych nieprzyjaciela.

Względy powyższe wydają się wystarczająco istotne, aby zadecydować o czasowym podporządkowaniu wydzielonych sił i środków walki radioelektronicznej dowódcy brrel. Przedstawiony w poprzednich rozdziałach mechanizm procesu rozpoznawczego w paśmie KF pokazuje równocześnie, że istnieją znaczne możliwości podniesienia efektywności rozpoznania poprzez właściwą organizację współdziałania między batalionami rozpoznania radioelektronicznego sąsiednich armii oraz frontowym pułkiem rozpoznania radioelektronicznego. W czasie dokonywania selekcji przestrzennej źródeł tylko nieznaczna ich część przyjmowana jest jako radiostacje podlegające rozpoznaniu, natomiast o znacznej ich części można orzec, że znajdują się w pasie sąsiada z lewa i z prawa/na głębokość kilkudziesięciu kilometrów od przedniego skraju/ oraz sąsiada z tyłu, czyli frontowego prrel /źródła przeciwnika znajdujące się ponad 100 km od przedniego skraju/.

Armijne bataliony rozpoznania radioelektronicznego nie mają możliwości,aby dokładnie rozpoznać takie sieci i kierunki radiowe przeciwnika,a następnie przekazać gotowe wiadomości rozpoznawcze sąsiadowi,ponieważ nie pozwala na to szczupłość posiadania sił i środków oraz niedogodna i wąska baza namierzania. Jednakowoż już sam fakt określenia rodzaju pracy i częstotliwości nośnej wykorzystywanej przez sieć radiową nieprzyjaciela w pasie sąsiada oraz przekazanie takiej wiadomości w ramach współdziałania prowadzi w prostej relacji do zwielokrotnienia możliwości selekcji przestrzennej.Wiadomość tego rodzaju umożliwia sąsiadowi natychmiastowe postawienie zadania stanowiskom śledzenia źródeł i szybkie rozpoznanie sieci radiowej,zwłaszcza zaś dokładne namierzenie pracujących w niej abonentów.Problemu tego nie można bagatelizować zwłaszcza w warunkach skrajnie ograniczonego czasu i niedostatecznego rozpoznania ugrupowania bojowego przeciwnika przed wejściem armii do bitwy. Rozwiązanie tego problemu jest trudne o tyle,że każda z jednostek powinna wydzielić po jednej radiostacji krótkofalowej do pracy w sieci współdziałania.Tymczasem ilość radiostacji R-118 w batalionach rozpoznania radioelektronicznego zapewnia wyłącznie organizację łączności wewnętrznej oraz pracę w kierunku radiowym z oddziałem rozpoznawczym armii.Sprawę tę można rozwiązać doraźnie,przydzielając batalionowi rozpoznania radioelektronicznego radiostację z pułku łączności armii,jednak prawdziwie skutecznym posunięciem byłoby zwiększenie ilości etatowych środków łączności batalionu o jedną radiostację.

Jeśli przed wejściem sił głównych armii do bitwy przewiduje się pokonanie pasa przesłaniania przeciwnika, istnieją dość niekorzystne warunki do prowadzenia rozpoznania zasadniczych sieci radiowych KF nieprzyjaciela, zwłaszcza obsługujących bliższe odwody operacyjne rys.22.



Rys.22. Zasięg rozpoznania KF w warunkach istnienia pasa przesłaniania w ugrupowaniu bojowym przeciwnika.

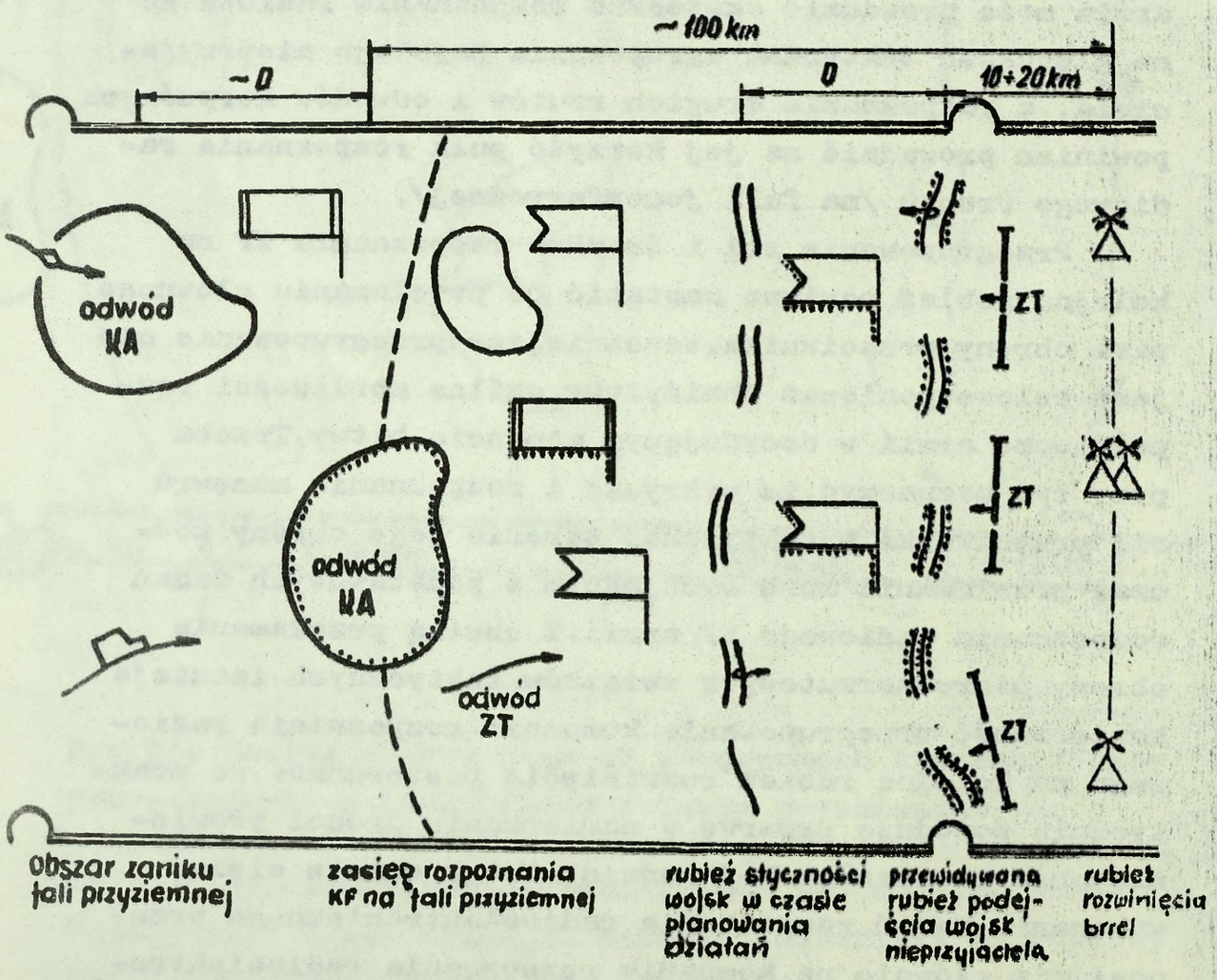
Istnienie pasa przesłaniania powoduje, że zasadnicze siły przeciwnika są bardziej odsunięte od rubieży rozwinięcia posterunków KF, a drugi rzut korpusu będzie się znajdował w tzw. martwej strefie odbioru fal radiowych.

Próba częściowej poprawy sytuacji poprzez maksymalne zbliżenie urządzeń rozpoznawczych do przedniego skraju pasa przesłaniania będzie najczęściej dość ryzykowna jeśli w konkretnej sytuacji należy się liczyć z możliwością wykonania uderzenia uprzedzającego przez nieprzyjaciela. Dość mała mobilność namierników radiowych KF /zwijanie sprzętu trwa 2-3 godziny/ mogłaby w takiej sytuacji nie pozwolić na ich wystarczająco wczesne wycofanie z zagrożonych kierunków.

Z przedstawionej sytuacji można wyciągnąć wniosek, że jeśli przewiduje się pokonanie pasa przesłaniania, armia może prowadzić skuteczne rozpoznanie radiowe KF na głębokość taktyczną ugrupowania bojowego nieprzyjaciela, a rozpoznanie drugich rzutów i odwodów korpuśnych powinien prowadzić na jej korzyść pułk rozpoznania radiowego frontu /na fali jonosferycznej/.

Przegrupowanie sił i środków rozpoznania KF na kolejną rubież powinno nastąpić po przełamaniu głównego pasa obrony przeciwnika. Wcześniejsze przegrupowanie nie jest celowe, ponieważ obniżyłoby ogólne możliwości rozpoznawcze armii w decydującym momencie bitwy. Trzeba przy tym zaznaczyć, że wykrycie i rozpoznanie manewru sił przeciwnika w taktycznej strefie jego obrony podczas przełamania może być jednym z podstawowych zadań rozpoznania radiowego KF armii. Z chwilą przełamania obrony pierwszorzutowych związków taktycznych istnieje konieczność przegrupowania kompanii rozpoznania radiowego na kolejną rubież rozwinięcia posterunków, co praktycznie powoduje przerwę w namierzaniu źródeł promieniowania na czas ok. 7-9 godzin. W tym czasie ciężar wykonania zadań rozpoznania radioelektronicznego przenosi się głównie na kompanie rozpoznania radioelektronicznego UKF /na głębokość taktyczną/, natomiast pułk rozpoznania radiowego frontu wykrywa i śledzi odwody korpusu do czasu rozwinięcia kompanii rozpoznania radiowego KF armii na kolejnej rubieży.

Jeśli przejście do operacji następuje w warunkach prowadzenia działań obronnych i obronno-opóźniających przez wojska własne na kierunku wprowadzenia armii do bitwy, zmieniają się także warunki prowadzenia rozpoznania radiowego KF /rys.23/.Ogólnie są one korzystniejsze,niż w poprzednio rozważanej sytuacji. Jeżeli kompania rozpoznania radiowego zostanie odpowiednio wcześnie rozwinięta /z wyprzedzeniem co najmniej 6 godzin przed rozwinięciem pierwszego rzutu operacyjnego/,istnieją dostateczne podstawy by rozpoznać ugrupowanie korpusu armijnego.



Rys.23.Zasięg rozpoznania radiowego KF w warunkach prowadzenia działań obronnych i obronno-opóźniających przez wojska własne w pasie działania armii wchodzącej do bitwy /D-przewidywana głębokość podejścia przeciwnika przed wprowadzeniem do bitwy świeżych sił armii/.

Ponadto w czasie przełamywania obrony nieprzyjaciela i następnie podczas odpierania jego kontrataków kompania rozpoznania radiowego może działać bez konieczności przegrupowania aż do czasu zrealizowania zadań pierwszego dnia operacji przez pierwszorzutowe związki taktyczne. Ze względu na to,że drugi rzut korpusu będzie się z reguły znajdował na granicy zasięgu fali przyziemnej,konieczne jest postawienie dodatkowych zadań pułkowi rozpoznania radiowego frontu,w celu zwiększenia prawdopodobieństwa jego wykrycia i ustalenia czasu oraz dróg podejścia do wykonania kontrataku.

Zbliżenie posterunków na odległość 10-20km od przewidywanej rubieży styczności wojsk jest możliwe nie tylko dlatego,że ogólny przebieg przedniego skraju może być prognozowany na podstawie obserwacji działań obronnych wojsk własnych;dowódca armii może wydzielonymi siłami we współdziałaniu z sąsiadem z przodu odpowiednio wpływać na przebieg przedniego skraju,w celu utrzymania rubieży dogodnych dla wprowadzenia związków taktycznych pierwszego rzutu,zgodnie z planem operacji zaczepnej.

Jeśli wejście armii do bitwy następuje w warunkach prowadzenia działań zaczepnych przez pierwszy rzut operacyjny wojsk własnych,należy się liczyć z ogólnie trudną sytuacją przeciwnika w zakresie funkcjonowania jego systemów łączności. Bezpośrednią tego przyczyną będą straty poniesione w długotrwałych działaniach bojowych.W takiej sytuacji wzrośnie niewątpliwie rola środków łączności KF w stosunku do innych środków,ponieważ można z ich pomocą organizować zasadnicze relacje łączności w sposób najprostszy bez konieczności stosowania stacji retransmisyjnych,precyzyjnego ustawiania anten kierunkowych,a praca w ruchu jest przy użyciu środków KF prawie równie skuteczna, jak na postoju. Relatywny wzrost ważności relacji KF będzie musiał iść w parze z obniżeniem możliwości przestrzegania zasad tajnego dowodzenia,zwłaszcza w miarę wprowadzania przez

nieprzyjaciela świeżo mobilizowanych sił,dysponujących przestarzałymi środkami łączności i w dodatku obsługiwanymi przez słabiej wyszkolone załogi.

Batalion rozpoznania radioelektronicznego rozwijając system rozpoznania KF w ugrupowaniu wojsk prowadzących od wielu dni działania bojowe,ma ponadto możliwość pełnego wykorzystania danych zdobytych w trakcie prowadzenia rozpoznania od początku działań,pod warunkiem nawiązania współdziałania z batalionem /batalionami/ armii pierwszego rzutu w przewidywanym pasie działania wojsk wchodzących do bitwy z drugiego rzutu frontu.W takiej sytuacji istnieją zresztą sprzyjające warunki do odpowiednio wczesnego /z wyprzedzeniem około 1 doby/ rozwinięcia kompanii rozpoznania radiowego KF, w celu zgrania zespołu w nowej,skomplikowanej sytuacji radioelektronicznej i stopniowego przejmowania zadań w nakazanym pasie rozpoznania. Odległość rozwijanych urządzeń do rubieży styczności wojsk powinna być ogólnie zgodna z normami ustalonymi dla działań zaczepnych i w zależności od warunków terenowych powinna wynosić ok.10-20km. Jeżeli kompania rozpoznania radiowego zostanie rozwinięta odpowiednio wcześnie,może zajść konieczność jej przegrupowania jeszcze przed wprowadzeniem do bitwy głównych sił armii.Sytuacja taka powstanie,jeśli w czasie prowadzonego rozpoznania /np.w ciągu 1 doby poprzedzającej wprowadzenie świeżych sił/ wojska przeciwnika zostaną odrzucone o dalszych kilkadziesiąt kilometrów.

Praktyka prowadzonych ćwiczeń wykazuje,że w takiej sytuacji,typowej dla działań zaczepnych,korzystne jest przegrupowanie kompanii rozpoznania radiowego,gdy przedni skraj nieprzyjacielskiej obrony będzie oddalony ok. 40-50 km.od rubieży rozwinięcia posterunków KF.
Przy tak znacznym oddaleniu kompania będzie mieć istotne trudności w śledzeniu odwodów korpuśnych,ponieważ obsługujące je radiostacje będą się znajdowały w martwej strefie zasięgu.

Sytuacja taka powtarzać się będzie okresowo przed każdą kolejną zmianą posterunków. Toteż zadanie rozpoznania i śledzenia bliższych odwodów operacyjnych powinno być dublowane przez frontowy pułk rozpoznania radiowego.

2. Organizacja rozpoznania radioelektronicznego w zakresie fal ultrakrótkich.

Z rozważań zawartych w rozdziale III wynika, że rozwinięcie kompanii rozpoznania radioelektronicznego powinno nastąpić z co najmniej 4-6 godzinnym wyprzedzeniem w stosunku do czasu wprowadzenia wojsk armii do bitwy. Dotyczy to zarówno kompanii dywizyjnych, jak i kompanii z batalionu rozpoznania radioelektronicznego armii.

W celu odpowiednio wczesnego wykonania zadań rozpoznawczych celowe jest organizowanie współdziałania między kompaniami działającymi w bezpośrednim sąsiedztwie, zwłaszcza zaś między kompanią armijnego brrel a kompaniami związków taktycznych wchodzących do walki na kierunku głównego uderzenia. Uzasadnione jest to faktem, że strefy zasięgu tych pododdziałów pokrywają się w największym stopniu /jeśli kompania z armijnego brrel zostaje użyta na kierunku głównego uderzenia, co jest zresztą najbardziej racjonalnym rozwiązaniem/.

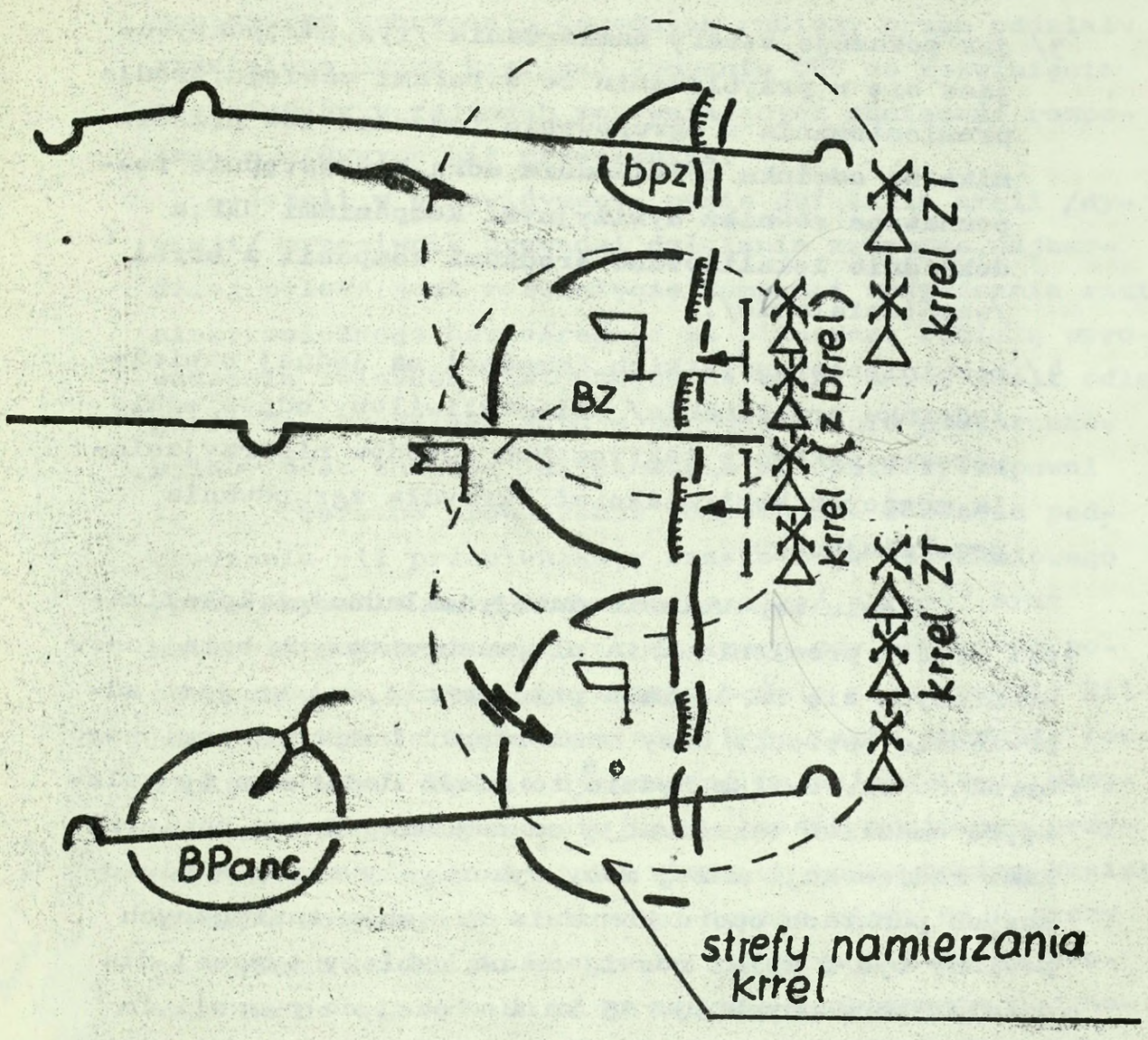
Wymiana informacji o wykrytych sieciach radiowych przeciwnika powinna odbywać się na bieżąco, nie zaś w dłuższych odstępach, ponieważ tylko taki sposób obiegu informacji może wyeliminować niepotrzebną stratę czasu na rozpoznawanie tej samej sieci radiowej przez dwie lub nawet trzy kompanie rozpoznania radioelektronicznego. Tak więc jedynym sposobem właściwej prganizacji współdziałania może być łączność radiowa. Jak wykazuje praktyka prowadzonych ćwiczeń, zadowalające efekty daje organizacja łączności radiowej opartej na wykorzystaniu radiostacji UKF ze wzmacniaczem mocy nadajnika.

Ponieważ w etatowe należności kompanii rozpoznania radioelektronicznego nie wkalkulowuje się sił i środków do zabezpieczenia współdziałania,problem ten może być rozstrzygnięty doraźnie przez dowódców batalionów rozpoznawczych /np.poprzez skierowanie jednej radiostacji UKF z grupy sprzętu szkolnego/.
W dalszej perspektywie konieczne jest jednak zwiększenie ilości radiostacji UKF w każdej kompanii rozpoznania radioelektronicznego.

Jak wykazano wcześniej,podział rozpoznawanego pasma fal radiowych na pododdziały rozpoznania radioelektronicznego może być celowy jedynie wtedy, gdy dwa pododdziały prowadzą rozpoznanie z tej samej rubieży.Jeśli aparatownie radioodbiorcze UKF armijnego brrel odsunięte są dość znacznie od aparatowni batalionu rozpoznawczego dywizji /około 10 km i więcej/,podziału pasma nie powinno się dokonywać,ponieważ prowadziłoby to do obniżenia skuteczności rozpoznania.

Istotnym zagadnieniem jest należyta organizacja rozpoznania radiowego UKF na kierunku głównego uderzenia armii,zwłaszcza zaś na odcinku przełamania.
Jeżeli przełamania zawczasu przygotowanej obrony nieprzyjaciela będą dokonywały dwie dywizje na jednym odcinku i jeśli do rozpoznania na tym kierunku zostanie skierowana krrel UKF z armijnego brrel,to siły przeciwnika na tym odcinku mogą być rozpoznawane aż trzema kompaniami UKF.

Najbardziej celowe jest rozwinięcie na odcinku przełamania kompanii rozpoznania radioelektronicznego z armijnego brrel, natomiast kompanii dywizyjnych w pasach działania związków taktycznych /rys.24/.Decydują o tym następujące względy:



Rys.24. Rozwinięcie sił i środków rozpoznania radioelektronicznego UKF podczas przełamywania taktycznej strefy obrony nieprzyjaciela.

1/ kompania z armijnego brrel dysponuje czterema namiernikami /dywizyjne trzema/,co zapewnia jej możliwość najdokładniejszej lokalizacji źródeł promieniowania UKF na odcinku przełamania;

2/ za organizację przełamania zawczasu przygotowanej obrony będzie odpowiedzialna armia,wobec tego skierowanie sił i środków tego szczebla do rozpoznania punktów oporu w taktycznej strefie obrony przeciwnika nie stoi w sprzecznpści z zainteresowaniami tego szczebla dowodzenia;

3/ jak pokazują strefy namierzania /rys.24/,pokrywające się w przybliżeniu ze strefami zasięgu,źródła promieniowania w ugrupowaniu pododdziałów przeciwnika na odcinku przełamania mogą być wstępnie rozpoznawane również dywizyjnymi kompaniami UKF,a dokładnie lokalizowane środkami kompanii z brrel /współdziałanie/;

4/ rozwinięcie wszystkich kompanii na jednej rubieży /odcinku przełamania/ uniemożliwiłoby odpowiednio wczesne wykrycie taktycznych odwodów nieprzyjaciela,mogących kontratakować skrzydła zgrupowania przełamującego.

W celu zapewnienia dużej dokładności lokalizacji źródeł promieniowania pierwszorzutowych batalionów broniących się na odcinku przełamania,celowe jest odpowiednie zwężenie bazy namierzania kompanii armijnego brrel do ok.10-12km.Będzie to miało dodatkowo tę zaletę,że umożliwi lokalizację co najmniej dwoma namiernikami radiostacji małej mocy,wykorzystywanych w plutonowych punktach oporu.Kompanie związków taktycznych powinny być z kolei rozwijane na rubieży typowej dla działań zaczepnych,tj. 15 km i więcej,co pozwoli im uzyskać dogodną bazę do lokalizacji dywizyjnych i brygadowych odwodów nieprzyjaciela.Dodatkowo dla zwiększenia dokładności lokalizacji źródeł promieniowania, na korzyść pododdziałów rozpoznawczych mogą pracować namierniki radiowe UKF z batalionu zakłóceń taktycznych. Istnieje możliwość takiego ich rozwinięcia,aby z chwilą rozpoczęcia zakłóceń relanji radiowych przeciwnika nie musiały przegrupowywać się na nową rubież rozwinięcia.Jeżeli operacja armijna rozpoczyna się od pokonania pasa przesłaniania,kompanie rozpoznania radioelektronicznego mogą być użyte jedynie do rozpoznania sił nieprzyjaciela broniących tego pasa.

Decyduje o tym zasięg urządzeń rozpoznawczych. Dopiero po uchwyceniu dogodnych rubieży przez oddziały wydzielone można kierować kompanie UKF do rozwinięcia posterunków w rejonach zapewniających skuteczne rozpoznanie głównych sił przeciwnika.

Jeżeli w przewidywanym pasie działania armii /dywizji/ przeciwnik prowadzi działania zaczepne, najbardziej celowe jest rozwinięcie kompanii rozpoznania radioelektronicznego bezpośrednio za planowaną rubieżą wprowadzenia związków taktycznych do walki, nawet jeśli odległość do przedniego skraju po rozwinięciu posterunków byłaby dość znaczna /kilkanaście kilometrów/. Zapewni to nieprzerwane prowadzenie rozpoznania w czasie podchodzenia sił przeciwnika, w czasie boju spotkaniowego /przełamywania zorganizowanej przezeń obrony/ oraz natarcia wojsk własnych aż do czasu, gdy odległość posterunków do przedniego skraju będzie znów wynosić kilkanaście /około 15/ kilometrów. Przy takim sposobie rozwinięcia krrel będzie dysponować najpełniejszymi danymi w decydującym momencie, tj. w czasie ogniowego przygotowania natarcia i ataku własnych wojsk, bowiem zasięg środków rozpoznania radiowego będzie wtedy największy ze względu na bliskość przedniego skraju. Z kolei prowadzone do tego czasu nieprzerwane rozpoznanie podchodzącego przeciwnika zapewni zdobycie, odpowiednie uporządkowanie i przekazanie informacji zainteresowanym sztabom.

Jeśli przed wprowadzeniem armii do bitwy wojska pierwszego rzutu frontu prowadzą działania zaczepne i zadanie dla wprowadzanej armii zostało odpowiednio wcześnie postawione, będą istniały możliwości, aby rozwinąć kompanie rozpoznania radioelektronicznego z większym nawet wyprzedzeniem, niż to jest konieczne dla dostatecznego wykonania przez nie zadań rozpoznawczych. Można przyjąć, że w takich warunkach celowe jest rozwinięcie tych pododdziałów z wyprzedzeniem około pół doby w stosunku do czasu wprowadzenia głównych sił.

Odpowiednio duży okres przewidziany na wykonanie zadań rozpoznawczych powinien być wtedy wykorzystany na zgranie plutonów przechwytu i namierzania oraz grupy analizy informacji. Będzie to miało szczególne znaczenie, jeśli pododdziały nie prowadziły do tego czasu rozpoznania w walce. Rozwijanie kompanii na czas dłuższy niż pół doby przed bitwą nie wydaje się celowe, ponieważ z upływem czasu rośnie ryzyko poniesienia znaczniejszych strat przez te pododdziały.

3. Organizacja działań kompanii rozpoznania radioliniowego.

Wcześniej wykazano, że kompania rozpoznania radioliniowego jest w stanie rozpoznawać jedynie fragmentarycznie system łączności radioliniowej przeciwnika, rozwinięty w zasięgu jej urządzeń. Toteż jest oczywiste, że wysiłek jej nie może być dodatkowo rozproszony w całym pasie armii, lecz powinien zostać skupiony na kierunku głównego uderzenia. Jeśli z innych źródeł rozpoznania zdobyto dane o rozmieszczeniu węzłów łączności, na których pracują stacje radioliniowe /dywizja, brygada/ należy rozwinąć urządzenia rozpoznawcze na kierunku wyznaczonym przez prostą przecinającą nadrzędny i podległy węzeł łączności nieprzyjaciela /z mapy/. Dane tego typu będą zdobywane rozpoznaniem radiowym KF i UKF.

Ponieważ kompania dysponuje dwoma rodzajami urządzeń /R-343, R-344/, mającymi możliwość rozpoznawać zazębiające się zakresy częstotliwości, powinny one działać parami, jako osobne posterunki, na kierunkach przewidywanego rozprzestrzeniania się fal radiowych. W sumie kompania może rozwinąć dwa takie posterunki oraz jedno urządzenie R-343 działające samodzielnie. Ze względu na dużą rolę punktów naprowadzania nieprzyjacielskiego lotnictwa wsparcia taktycznego, celowe jest wykorzystanie stanowisk rozpoznawczych urządzenia R-343 działającego samodzielnie do wykrywania radiostacji naprowadzania, pracujących w zakresie 225-400MHz.

Dla przybliżonego określenia rejonu rozmieszczenia radiostacji w tym paśmie możliwe jest ich namierzenie, poprzez dokonanie wcięcia ze wszystkich trzech posterunków na maksimum sygnału. W celu zapewnienia dostatecznie sprawnego rozpoznania radiostacji naprowadzania lotnictwa, samodzielny posterunek R-343 powinien pracować jako urządzenie poszukiwania, wykorzystujące dwa stanowiska rozpoznawcze do poszukiwania w częstotliwości i kierunku. Na każdym z pozostałych urządzeń R-343 istnieje możliwość przeznaczenia jednego stanowiska do wykonania komend namierzania wykrytych radiostacji. W celu zapewnienia łączności w tak działającym zespole, urządzenie prowadzące poszukiwanie powinno być rozwinięte jako posterunek środkowy. Wtedy przy pomocy środków łączności UKF istnieje możliwość utrzymywania łączności przy rozwinięciu urządzeń na bazie namierzania rzędu 20 i więcej kilometrów. Ze względu na małą dokładność lokalizacji źródeł przez urządzenia R-343, namierzanie może być celowe jedynie wtedy, gdy do naprowadzania lotnictwa przeciwnik stosuje sformalizowane radiogramy, nie utajniając w całości korespondencji. W takiej sytuacji z treści radiogramów można określić ilość samolotów oraz rodzaj atakowanego przez nie obiektu, zaś wykorzystując orientacyjne dane o położeniu wykrytego punktu naprowadzania, można oszacować planowany rejon działania lotnictwa wsparcia i na czas uprzedzić system opl, w celu przygotowania go do odparcia ataku.

Szczególnie celowe jest użycie urządzeń R-343 do rozpoznania punktów naprowadzania lotnictwa w pasie przesłaniania. W tej strefie działań bojowych nasycenie wojsk przeciwnika nie jest znaczne, toteż rozwinięta jest tam także nieznaczna ilość relacji radioliniowych. Tymczasem punkty naprowadzania będą prowadziły intensywną wymianę radiową, ponieważ przeciwnik przywiązuje dużą wagę do zapewnienia silnego wsparcia lotniczego siłom rozwiniętym w pasie przesłaniania.

Potwierdzają to zresztą systematycznie ćwiczenia sił zbrojnych NATO pod kryptonimem WINTEX.O proporcji rozłożenia wysiłku na rozpoznanie relacji radioliniowych oraz relacji naprowadzania,powinna decydować każdorazowo wartość informacyjna jednych i drugich źródeł. Ogólnie można stwierdzić,że wysiłek załóg R-343 powinien być skierowany na rozpoznanie relacji nie stosujących technicznych środków utajniania korespondencji.

Jak wykazano wcześniej,kompania rozpoznania radioliniowego potrzebuje znacznego czasu dla zdobycia danych rozpoznawczych, toteż potrzebne jest możliwie wczesne rozwinięcie jej środków.Jeśli pozwalają na to warunki, celowe jest rozwinięcie posterunków rozpoznania radioliniowego z wyprzedzeniem około pół doby lub większym w stosunku do czasu wyznaczonego na wykonanie zadań rozpoznawczych.

4. Organizacja działań pododdziałów rozpoznania systemów radiolokacyjnych.

Z rozważań poprzedniego rozdziału wynika,że do rozpoznania radiolokacyjnych stacji wczesnego wykrywania celów powietrznych,wykorzystujących najczęściej tzw. cosecansową charakterystykę promieniowania,należy użyć plutonu rozpoznania systemów radiolokacyjnych armijnego brrel,wyposażonego w urządzenia RPS-5M.Z kolei dla rozpoznania urządzeń wykorzystujących szpilkową charakterystykę promieniowania /w tym stacji satelitarnych pracujących z modulacją kodowo-impulsową/,należy wykorzystywać urządzenia NRS-1 znajdujące się na wyposażeniu dywizji oraz artylerii armijnej.

W celu zapewnienia sprawnego dowodzenia plutonem RPS-5M,jego siły i środki powinny być z reguły rozwijane w składzie posterunków rozpoznania radiowego UKF armijnego brrel.

Wyjątek może stanowić sytuacja, gdy posterunki UKF rozwinięte są na szczególnie wąskiej bazie /rzędu 10 km/, w celu dokładnego rozpoznania odcinka przełamania /np. rejonów obrony batalionów pierwszego rzutu, z dokładnością do plutonowych punktów oporu/. W takiej sytuacji jeden lub dwa posterunki RPS muszą być rozmieszczone poza rejonami rozwinięcia namierników radiowych, w celu stworzenia dogodnej bazy do namierzania stacji obserwacji okrężnej.

Rozwinięcie urządzeń NRS na posterunkach wzajemnie od siebie odległych o około 3 km pozwala każdej dywizji prowadzić skuteczne rozpoznanie stacji artylerii polowej i przeciwlotniczej, obserwacji pola walki i stacji łączności satelitarnej na głębokość 4-8 km w pasie ok. 10 km /rozdział III/. Z kolei wykorzystanie na kierunku głównego uderzenia armii 15 stacji NRS /po 3 z dwóch sąsiednich dywizji oraz 9 z armijnej brygady artylerii/ pozwala prowadzić rozpoznanie stacji ze szpilkową charakterystyką kierunkową w pasie 40-50 km, na tę samą głębokość 4-8 km.

Jakkolwiek poprzednio wykazano, że między plutonami NRS rozwiniętymi na kierunku głównego uderzenia armii, celowe jest organizowanie łączności współdziałania, wydzielanie w tym celu specjalnych radiostacji nie wydaje się bezwzględnie konieczne. Po prostu ze względu na niezbyt znaczne obciążenie sieci dowodzenia /namierzania/ każdego plutonu, możliwe jest chwilowe przestrojenie radiostacji bocznego posterunku NRS na częstotliwość pracy sąsiada i szybkie /w ciągu 1-2 min./ przekazanie informacji lub prośby o wykonanie namiaru na wykrytą stację radiolokacyjną.

Jeżeli przeciwnik rozbudował pas przesłaniania przed główną rubieżą obrony, zasadnicze znaczenie ma możliwie wczesne rozwinięcie stacji RPS, ponieważ należy oczekiwać dość znacznego nasycenia pasa przesłaniania stacjami obserwacji okrężnej do wczesnego wykrywania celów powietrznych na niskich pułapach.

Gdyby nieprzyjaciel poprzestał na rozmieszczeniu tego typu stacji w ugrupowaniu swoich głównych sił, miałby możliwość wykrycia samolotów i śmigłowców podchodzących na małych wysokościach dopiero, gdy znalazłyby się w rejonie pasa przesłaniania. Wprawdzie wprowadzany obecnie system wczesnego ostrzegania AWACS zapewnia nieprzyjacielowi zwiększenie możliwości wykrywania ze znacznych odległości, jednak jego działanie musi być uzupełnione rozwinięciem dodatkowych stacji naziemnych, możliwie blisko przedniego skraju obrony. Tak więc wykrycie tego typu stacje w pasie przesłaniania wymaga odpowiednio wczesnego rozwinięcia /z wyprzedzeniem do 6 godzin/ plutonu RPS na kierunku głównego uderzenia armii. Skuteczne wykorzystanie stacji NRS będzie możliwe dopiero z chwilą uchwycenia dogodnych rubieży przed rozbudowaną pozycją obrony sił głównych przeciwnika. Rozwinięcie stacji NRS umożliwi wtedy w szczególności wykrycie i lokalizację stacji radiolokacyjnych artylerii polowej, co może mieć szczególne znaczenie dla zapewnienia powodzenia ogniowego przygotowania natarcia.

Jeśli armia przechodzi do operacji zaczepnej w innych warunkach, gdy nie przewiduje się pokonania rozbudowanego pasa przesłaniania, pluton RPS należy wykorzystywać według tych samych zasad, co kompanię rozpoznania radioelektronicznego UKF armijnego brrel, najczęściej zresztą w składzie jej posterunków. Odległości rozmieszczenia posterunków NRS w stosunku do przebiegu rubieży styczności wojsk oraz czas ich rozwinięcia będą również podobne, jednak około 2-3 godzin przed rozpoczęciem ogniowego przygotowania natarcia należy dokonać korekty w ich rozmieszczeniu, w celu zapewnienia odpowiednich warunków do odbioru promieniowania zawartego w listkach bocznych charakterystyk kierunkowych stacji radiolokacyjnych artylerii polowej przeciwnika.

ROZDZIAŁ V. WNIOSKI DOTYCZĄCE DALSZEGO DOSKONALENIA SPRZĘTU ROZPOZNANIA RADIOELEKTRONICZNEGO.

Przedstawione w poprzednim rozdziale wnioski dają się zastosować doraźnie w czasie organizacji rozpoznania radioelektronicznego, pozwalając polepszyć niektóre parametry procesu rozpoznawczego. Poprawa tych parametrów na drodze organizacyjnej i szkoleniowej jest jednak ograniczona, zresztą niektóre z nich /np. maksymalny zasięg urządzeń/ nie mogą być zmienione bez dokonania usprawnień technologicznych sprzętu rozpoznawczego. Ponieważ obecny okres można uważać za etap wypracowania koncepcji rozpoznania radioelektronicznego na lata dziewięćdziesiąte /w tym czasie zakończy się resurs eksploatacyjny współczesnego sprzętu/, z pewnością warto sprecyzować ogólne wymagania dla sprzętu wprowadzonego w przyszłości.

Oczywiście nie można sobie pozwolić na określanie wymagań dotyczących dość wymiernej przyszłości w oderwaniu od możliwości techniki elektronicznej. Stan techniki z jednej strony warunkuje rozwój sprzętu rozpoznawczego, z drugiej zaś strony wpływa bezpośrednio na rozwój sprzętu obsługującego systemy radioelektroniczne przeciwnika. Ujmując całą sprawę w kategoriach obsługi masowej można stwierdzić, że rozwój elektroniki będzie wpływał zarówno na parametry systemów obsługi /rozpoznania/, jak i na parametry strumienia zgłoszeń /emisji radioelektronicznych podlegających rozpoznaniu/.

Ogólne podejście do zagadnienia pozwala określić zasadnicze niedoskonałości systemu rozpoznania radioelektronicznego, funkcjonującego w oparciu o urządzenia wykonane z reguły w technice radioelektronicznej początku lat sześćdziesiątych:

1/ o g r a n i c z o n a p r z e p u s t o w o ś ć s y s t e m u , powodująca wydłużenie cyklu rozpoznawczego, a w warunkach ograniczonego czasu niepełne wykonanie zadań rozpoznawczych;

2/ o g r a n i c z o n a c z u ł o ś ć u r z ą d z e ń , powodująca:

- ograniczenie maksymalnego zasięgu w zakresie UKF do ok. 30 km /10 km dla źródeł małej mocy/;
- szybki zanik fali przyziemnej poniżej progu czułości urządzeń w zakresie KF;
- ograniczenie maksymalnego zasięgu rozpoznania stacji radiolokacyjnych obserwacji okrężnej do strefy horyzontu radiowego;
- fragmentaryczne rozpoznanie stacji radiolokacyjnych ze szpilkową charakterystyką kierunkową;
- fragmentaryczne rozpoznanie relacji radioliniowych;
- trudności w rozpoznaniu naziemnych urządzeń łączności satelitarnej;

3/ m a ł a d o k ł a d n o ś ć l o k a l i z a c j i ź r ó d e ł , powodująca dodatkowe straty czasu na udokładnienie danych przez inne rodzaje rozpoznania, w pewnych sytuacjach zaś czystą stratę informacji, ze względu na brak możliwości jej wykorzystania;

4/ n i e p e ł n e p o k r y c i e z a k r e s ó w c z ę s t o t l i w o ś c i ,wykorzystywanych przez nieprzyjaciela,zwłaszcza zaś brak możliwości rozpoznania fal w paśmie promieniowania generatorów laserowych;

5/ o g r a n i c z o n e m o ż l i w o ś c i a n a l i z y s y g n a ł ó w o s k o m p l i k o w a n e j s t r u k t u r z e w e w n ę t r z n e j spowodowane wprowadzaniem przez stronę przeciwną nowych generacji sprzętu telekomunikacji wojskowej /modulacja wewnętrzna sygnałów radiolokacyjnych,modulacja PCM i inne/.

Dalsze rozważania nie mają na celu opracowania konkretnych założeń projektowych sprzętu /wymaga to osobnego i obszernego potraktowania/,lecz jedynie zasygnalizowanie istotnych potrzeb w zakresie doskonalenia sprzętu rozpoznania radioelektronicznego.

1. Zwiększenie przepustowości systemu rozpoznania radioelektronicznego.

Zwiększenie efektywności rozpoznania radioelektronicznego poprzez zwiększenie przepustowości systemów ma szczególnie duże możliwości realizacji dzięki współczesnym osiągnięciom automatyzacji i miniaturyzacji sprzętu.

Automatyzacja pozwala wydatnie skrócić czas wykonywania poszczególnych czynności rozpoznawczych, zaś miniaturyzacja sprzętu stwarza możliwości zwiększenia mobilności urządzeń, skrócenia czasu zużywanego na kolejne przegrupowania, zwiększa więc także ogólną przepustowość systemu, rozpatrywaną jako funkcja dłuższych odstępów czasu, np. kolejnych dni operacji.

Niezależnie od zakresu rozpoznawanych fal radiowych oraz specyfiki rozpoznawanych urządzeń, nowy sprzęt powinien umożliwiać automatyczną realizację następujących funkcji:

- wykrywanie źródeł;
- lokalizację źródeł;
- klasyfikację sygnałów i źródeł
- wykrywanie wewnętrznych powiązań w systemach radioelektronicznych przeciwnika;
- śledzenie pracy źródeł;
- zobrazowanie uzyskanych informacji;
- zapis emisji wymagających analizy specjalistów rozpoznania radioelektronicznego /przede wszystkim z nieutajnionych relacji łączności radiowej;
- współpracę z urządzeniami automatycznej transmisji danych.

Automatyczne wykrywanie źródeł jest jednym z prostszych problemów technicznych i właściwie jest obecnie stosowane w tzw. odbiornikach panoramicznych, jednak uzyskiwane tą drogą dane są zobrazowane w postaci analogowej, do bezpośredniego wykorzystania przez operatora

urządzenia /np.w aparatowni ARO-KU4/. Oczywiście operator urządzenia nie może wykorzystać wszystkich zalet tego sposobu poszukiwania. Np. wspomniany odbiornik UP-3MA w aparatowni ARO-KU4 dokonuje rejestracji na wskaźniku wszystkich emisji o mocy przekraczającej próg czułości urządzenia w paśmie o szerokości 10MHz w ciągu około jednej sekundy, natomiast operator potrzebuje kilkunastu do kilkudziesięciu sekund na samo dostrojenie się, wstępne określenie charakteru wymiany radiowej i pomiar częstotliwości jednej tylko ze zobrazowanych emisji. Należy więc zrezygnować z operatora urządzenia prowadzącego poszukiwanie emisji, natomiast sygnały przestrajanego odbiornika radiowego poddać konwersji analogowo-cyfrowej. Obecny stan rozwoju elektroniki pozwala zrealizować urządzenie wykrywania przekazujące cyfrowe wartości częstotliwości nośnych całego zbioru emisji odpowiedniej mocy w każdym zakresie fal radiowych w czasie rzędu do kilku sekund. Tak więc proces wykrywania źródeł nie będzie w przyszłości limitował ogólnej przepustowości systemu.

Wartość częstotliwości nośnej każdej nowo wykrytej emisji powinna zostać przekazana do urządzeń dokonujących lokalizacji źródeł. Problem automatyzacji namierzania jest jednym z najtrudniejszych zagadnień, jeśli uwzględnić, że urządzenia namierzające, rozmieszczone w znacznych odległościach, muszą pracować synchronicznie i dokonywać precyzyjnego pomiaru parametrów sygnałów skażonych najczęściej różnego rodzaju zakłóceniami.

Cykl przekazania komendy do namierzania, dostrojenia urządzeń, zwrotnego przekazania wyników namiarów oraz obliczenia współrzędnych źródła daje się zamknąć w czasie nie przekraczającym jednej sekundy. Jeżeli jednak uwzględnić obecność zakłóceń w paśmie zajmowanym przez rozpoznawany sygnał, należy założyć odpowiednio długi czas samego pomiaru parametrów w celu dokonania ich estymacji w oparciu o znaczną ilość wartości dyskretnych.

Biorąc powyższe pod uwagę można założyć, że dla automatycznego namierzania pojedynczej emisji radiowej niezbędny jest czas rzędu 1-2 sekund.

Tak więc możliwa jest realizacja urządzeń zapewniających wykonywanie do 2 tysięcy namiarów w ciągu 1 godziny. Jeśli do celów namierzania wykorzystuje się fale rozproszone w jonosferze, czas estymacji będzie znacznie dłuższy ze względu na okresowe, głębokie zaniki sygnałów. Na szczeblu armii zjawisko to jednak można pominąć.

Na podstawie danych o lokalizacji źródła urządzenie rozpoznawcze powinno dokonać jego wstępnej klasyfikacji. Klasyfikacja taka powinna polegać na określeniu, czy wykryte źródło znajduje się w ugrupowaniu wojsk przeciwnika. Jest to zagadnienie dość proste do automatycznej realizacji, jeśli do pamięci komputera wprowadzać na bieżąco dane o przebiegu przedniego skraju i współrzędne pasa rozpoznania.

Dalsza klasyfikacja obejmuje w tej sytuacji tylko źródła przeciwnika wyznaczone do rozpoznania i polega przede wszystkim na określeniu typu urządzenia na podstawie zmierzonych parametrów emisji.

Klasyfikacja taka może być zresztą dokonywana równolegle z namierzaniem i tylko w niektórych wypadkach trwać będzie dłużej niż sam proces namierzania /np. jeśli do celów klasyfikacji bada się kształt charakterystyk kierunkowych stacji radiolokacyjnych obserwacji okrężnej/.

W rozpoznaniu radiowym KF i UKF szczególnie istotne jest wykrycie wewnętrznych powiązań w rozpoznawanych systemach przeciwnika, nade wszystko zaś ustalenie podległości wykrywanych źródeł i węzłów łączności. Najprostszą metodą może tu być wykorzystanie osiągalnych szybkości namierzania radiowego. Każda z sieci radiowych wykrytych w nakazanym pasie rozpoznania może być mianowicie namierzana kilkakrotnie nawet w ciągu jednego sensu łączności. Pozwoli to po pewnym czasie zlokalizować wszystkie lub większość radiostacji sieci, z drugiej zaś strony ustalić radiostację główną z pomocą prostego urządzenia decyzyjnego, ponieważ radiostacja ta wyróżnia się najczęstszą pracą. Metoda taka umożliwia równocześnie śledzenie źródeł i bieżące ustalanie nowych rejonów, do których zostały przegrupowane. W celu zwiększenia skuteczności śledzenia źródeł będzie prawdopodobnie w wielu wypadkach możliwe określanie indywidualnych cech rozpoznawczych sprzętu radioelektronicznego przeciwnika, pomimo istniejących w tym zakresie trudności obiektywnych

/rozbudowa urządzeń rozpoznawczych, zależność parametrów emisji od czasu pracy nadajnika i otaczającego terenu, wpływ szumów zewnętrznych na dokładność pomiaru parametrów itp./

Olbrzymia masa informacji zdobywanej dzięki zastosowaniu automatycznego sposobu rozpoznania musi być również automatycznie porządkowana, aby mogła być zobrazowana w najprostszej formie. Użytkownika urządzeń będzie oczywiście interesował obraz /ocena/ sytuacji radioelektronicznej w terenie, przedstawiany podobnie jak się to robi obecnie ręcznie na mapach. Tak więc synteza aktualnych informacji powinna być przedstawiona na monitorze ekranowym, którego każdy punkt pola odpowiadałby jednoznacznie określonym współrzędnym w terenie zajętym przez nieprzyjaciela. Na żądanie użytkownika komputer powinien dodatkowo dostarczać szczegółowych danych o wskazanych źródłach, ich grupach i obiektach w postaci wydruku. Najogólniej dane z monitora sytuacji radioelektronicznej powinny służyć ocenie ugrupowania bojowego przeciwnika i określaniu opłacalnych do niszczenia obiektów, zaś dodatkowy wydruk informacji - uzyskiwaniu precyzyjniejszych danych do niszczenia i stosowania przedsięwzięć walki radioelektronicznej.

W związku z postępującą automatyzacją procesów dowodzenia wojskami należy sądzić, że wraz z wprowadzeniem nowej generacji techniki w rozpoznaniu radioelektronicznym powstaną sprzyjające warunki do odpowiednio szybkiej transmisji danych z pododdziałów rozpoznania radioelektronicznego do zainteresowanych sztabów ogólnowojskowych.

2. Zwiększenie czułości urządzeń rozpoznawczych.

Współczesne możliwości elektroniki pozwalają dość wydatnie,a w niektórych zakresach fal radiowych nawet radykalnie podnieść czułość urządzeń rozpoznawczych. Podniesienie czułości poprzez zastosowanie nowocześniejszych konstrukcji wstępnych stopni wzmocnienia odbiornika jest celowe m.in. dla zwiększenia zasięgu rozpoznania. Potrzebny jest jednak zawsze rozsądny kompromis między kosztami,a uzyskiwanym w efekcie wzrostem możliwości rozpoznawczych.O ile uzyskane tą drogą efekty mogą mieć mniejsze znaczenie w rozpoznaniu relacji radiowych KF i UKF, to sytuacja zmienia się radykalnie jeśli idzie o rozpoznanie relacji radioliniowych,stacji radiolokacyjnych ze szpilkową charakterystyką kierunkową oraz naziemnych środków łączności satelitarnej.Przy obecnej czułości urządzeń rozpoznawczych należy dążyć do ich rozwinięcia w głównej wiązce promieniowania nadajnika,co uniemożliwia dokonanie wcięcia /wąskie wiązki/, zresztą tylko niewielka część tych nadajników posiada główny listek charakterystyki promieniowania skierowany wzdłuż powierzchni ziemi na ugrupowanie strony prowadzącej rozpoznanie.

Jeśliby jednak czułość urządzeń rozpoznawczych zakresu mikrofalowego została podniesiona do tego stopnia,że możliwy byłby odbiór sygnałów na kierunkach promieniowania listków bocznych z odległości ok.30-50km, sytuacja uległaby zasadniczej zmianie.

Możliwe stałoby się wykrywanie i namierzanie większości nadajników mikrofalowych rozmieszczonych w ugrupowaniu pierwszorzutowych związków taktycznych nieprzyjaciela, a zatem nieosiągalne obecnie kompleksowe rozpoznanie jego systemów łączności radioliniowej, naprowadzania rakiet przeciwlotniczych oraz systemów łączności satelitarnej / z chwilą ich wprowadzenia na szczeblach taktycznych/. Natomiast konstrukcja najnowocześniejszych nawet urządzeń rozpoznawczych z pominięciem wagi przedstawionego tu zagadnienia mija się właściwie z celem, ponieważ poniesione koszty nie byłyby w żadnym razie współmierne z uzyskanymi efektami.

Technologia budowy układów wzmacniaczy zapewniających wymaganą czułość jest dobrze opanowana i stosowana np. dla potrzeb łączności troposferycznej. Zresztą uwzględniając niski koszt układu podnoszącego odpowiednio czułości całego urządzenia rozpoznawczego, warto byłoby podjąć decyzję budowy takich wzmacniaczy przeznaczonych do współpracy z kilkunastoma stacjami rozpoznania radioliniowego R-343 i R-344, jeśliby miały one pozostać na wyposażeniu naszych pododdziałów do końca obecnej dekady.

3. Zwiększenie dokładności lokalizacji źródeł promieniowania.

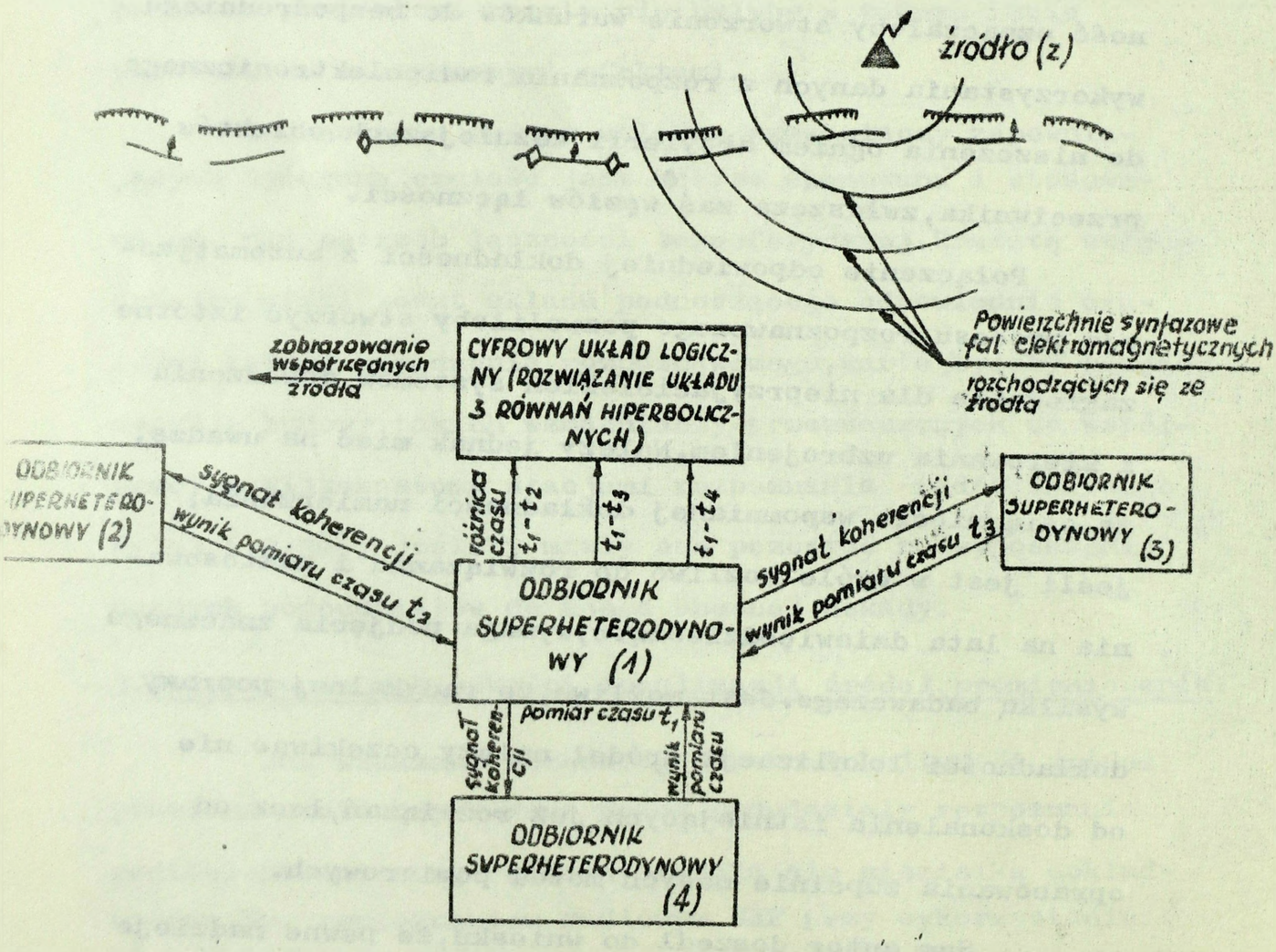
Jak wskazano wcześniej dane o lokalizacji źródeł promieniowania uzyskiwane przez pododdziały rozpoznania radioelektronicznego charakteryzują się niewielką dokładnością. Np. rozpoznaniem radiowym UKF przy wykorzystaniu 4 namierników R-363 można lokalizować źródła z dokładnością około 0,3-1,5 km, w zależności od ich odległości do przedniego skraju.

Wprowadzona na wyposażenie Bundeswehry nowa generacja sprzętu rozpoznania radioelektronicznego pozwala wykonywać namiary z dokładnością 0,5 stopnia, co zapewnia dokładność lokalizacji źródeł około 100-400m na odległościach do 20 km. Stosowane w rozpoznaniu radioelektronicznym wzory pozwalają obliczyć, że skonstruowanie namiernika dającego błędy namierzania około 0,1-0,2 stopnia pozwoliłoby uzyskiwać dokładność lokalizacji źródeł w granicach 50-100m, w zależności od ich odległości. Technologiczne pokonanie takiej "bariery" dokładność oznaczałoby stworzenie warunków do bezpośredniego wykorzystania danych z rozpoznania radioelektronicznego do niszczenia ogniem artylerii ważniejszych obiektów przeciwnika, zwłaszcza zaś węzłów łączności.

Połączenie odpowiedniej dokładności z automatyzacją procesu rozpoznawczego pozwoliłoby stworzyć istotne zagrożenie dla nieprzyjacielskich systemów dowodzenia i kierowania uzbrojeniem. Należy jednak mieć na uwadze, że osiągnięcie wspomnianej dokładności namierzania, jeśli jest w ogóle możliwe do rozwiązania i zastosowania na lata dziewięćdziesiąte, wymaga podjęcia znacznego wysiłku badawczego. Jest możliwe, że radykalnej poprawy dokładności lokalizacji źródeł należy oczekiwać nie od doskonalenia istniejących już rozwiązań, lecz od opracowania zupełnie nowych metod pomiarowych.

Sam autor doszedł do wniosku, że pewne nadzieje można wiązać z odejściem od dotychczasowych metod wykorzystania zależności amplitudowych i fazowych w namiernikach radiowych w celu obliczenia azymutu na źródło sygnału.

Przedstawioną poniżej najogólniejszą koncepcję lokalizacji można byłoby nazwać hiperboliczną metodą lokalizacji źródeł na częstotliwości pośredniej odbiornika. Lokalizacja źródeł polega tutaj na pomiarze różnicy czasu dojścia powierzchni synfazowej fali elektromagnetycznej do 4 różnych punktów w terenie. Pewne nadzieje można wiązać z faktem, że pomiar czasu jest najdokładniejszym pomiarem, jaki **współcześnie** spotykamy w nauce i technice. Zasadę lokalizacji źródeł tą metodą przedstawiono na rys. **25.**



Rys. 25. Zasada określania współrzędnych źródła metodą hiperboliczną na częstotliwości pośredniej odbiornika /koncepcja autora/.

W rozpatrywanym rozwiązaniu stosuje się 4 zwykłe odbiorniki radiowe, rozmieszczone w odległościach 3-4km /UKF/ lub kilkunastu kilometrów /KF/ od siebie. Sygnał koherencji wykorzystywany jest albo do fazowania generatora lokalnego, albo zamiast sygnału generatora doprowadzony jest do stopnia przemiany. Dla zgrubnego pomiaru należy zastosować pomiar na częstotliwości pośredniej ok. 30kHz w zakresie UKF i ok. 5-10kHz w zakresie KF. W celu udokładnienia pomiaru można wykorzystać znacznie wyższe częstotliwości pośrednie, ponieważ częstotliwość sygnału koherencji można odpowiednio przekształcać z zachowaniem zależności fazowych. Pomiar zgrubny na podanych częstotliwościach jest niezbędny dla zapewnienia jednoznaczności namiarów. Przedstawiona metoda lokalizacji źródeł jest pewną adaptacją /a właściwe odwróceniem/ metody namiaru stosowanej w radionawigacyjnych systemach hiperbolicznych. W systemach radionawigacyjnych zamiast odbiorników /1/,/2/,/3/,/4/ ustawione są nadajniki, natomiast w miejscu źródeł rozpoznania znajdują się obiekty określające swoją pozycję poprzez pomiar różnic w czasie przyjścia sygnałów z poszczególnych nadajników. W radionawigacyjnych systemach hiperbolicznych możliwe jest określenie pozycji obiektu z dokładnością do k i l k u d z i e s i ę c i u m e t r ó w na odległościach ponad t y s i ą c k i l o m e t r ó w. Błąd określenia pozycji /ten sam wzór daje się zastosować w rozpoznaniu/ wynosi:

$$r \cong \frac{r_{odl}}{2 \sin\left(\frac{\alpha_1}{2} + \frac{\alpha_2}{2}\right)} \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \frac{\alpha_1}{2}} + \frac{1}{\sin^2 \frac{\alpha_2}{2}}} \quad /*/$$

gdzie:

r_{odl} - błąd określenia różnicy odległości /różnicy czasów dotarcia powierzchni synfazowej fali elektromagnetycznej do odbiorników/;

α_1, α_2 - kąty, pod jakimi ze źródła Z widoczne są urządzenia bazowe.

---

*/ Praca zbiorowa. Radioelektronika. Tom 3, WKŁ, Warszawa 1973r.

Podstawowy problem techniczny wymagający rozwiązania w rozpatrzonej metodzie to sprawa zapewnienia dużej dokładności w koherentnej pracy odbiorników rozmieszczonych w punktach bazowych.

Zagadnienie to można zresztą o m i n ą ć przy rozpoznaniu urządzeń stosujących dyskretne metody modulacji /telegrafia ,radiolokacja/,ponieważ odpowiednie różnice czasów można mierzyć w stosunku do czoła dowolnie wybranego impulsu modulującego. Dla urządzeń radiolokacyjnych,radioliniowych i łączności satelitarnej będzie to możliwe przy odpowiednim zwiększeniu czułości odbiorników rozpoznawczych,co jest zresztą i tak konieczne z innych względów /p.2./.

Pomyślne rozwiązanie przedstawionych problemów umożliwiłoby:

- zwalczanie na podstawie danych z rozpoznania radioelektronicznego obiektów w ugrupowaniu przeciwnika ogniem artylerii lufowej i rakietowej na głębokość do ok.60 km;
- automatyzację namierzania /metoda w swej istocie jest właściwe automatyczna/;
- prowadzenie namierzania nawet w ruchu,ponieważ urządzenia rozpoznawcze pracowałyby na antenach nie wymagających orientacji względem kierunku północy.

Nie można wiązać nadziei z zastosowaniem powyższej metody na szczeblu frontu,ponieważ błąd określenia różnicy odległości r_{odl} byłby niedopuszczalnie duży przy wykorzystaniu fal rozproszonych w jonosferze lub troposferze.

4. Przystosowanie urządzeń rozpoznawczych do odbioru nowych postaci sygnałów elektromagnetycznych.

Wprowadzanie nowych postaci sygnałów elektromagnetycznej w technice wojskowej wojskowej objawia się dwojako:

- poprzez wprowadzanie nowych metod modulacji częstotliwości nośnej;
- poprzez przechodzenie urządzeń na pracę w nowych zakresach częstotliwości, szczególnie dzięki odkryciu zjawiska akcji laserowej.

Nowe metody modulacji a także kodowanie sygnałów wymagają oczywiście posiadania sprzętu,który umożliwiłby ich rozpoznanie.Pozostaje tu jednak rozstrzygnąć,czy należy dążyć do osiągnięcia takiej doskonałości urządzeń rozpoznawczych,aby mogły one "łamać szyfr" przeciwnika i umożliwiać dostęp do przekazywanej przezeń informacji,czy należy raczej zadowolić się podstawowymi danymi o parametrach modulacji i kodowania, aby można było prowadzić klasyfikację typów urządzeń. Wydaje się,że pierwsze rozwiązanie nie ma poważnych szans realizacji na szczeblu dywizji i armii z następujących względów:

- nawet najszybsze komputery potrzebują długiego czasu dla "złamania" stosowanych obecnie szyfrów;
- w działaniach bojowych przeciwnik będzie często zmieniał szyfry,co będzie powodować całkowitą dezaktualizację osiągniętych ewentualnie sukcesów w określeniu sposobu szyfrowania;

- koszt wprowadzenia na wyposażenie pododdziałów rozpoznania radioelektronicznego dywizji i armii maszyn cyfrowych umożliwiających realizację takiego zadania byłby prawdopodobnie w bieżącym jeszcze stuleciu nieproporcjonalnie wysoki do oczekiwanych efektów.

W sytuacji, gdy najbardziej celowe i perspektywiczne wydaje się rozwiązanie problemu bezpośredniego zdobywania danych na rzecz ognia, poważne zaawansowanie prac nad budową urządzeń deszyfrujących musiałoby pociągnąć za sobą szkodliwe rozproszenie wysiłku w najbliższej przyszłości.

Wszystko to nie oznacza jednak, że pododdziały rozpoznania radioelektronicznego armii i dywizji miałyby zostać pozbawione możliwości dotarcia do ważnej bądź co bądź treści przekazywanej korespondencji w utajnionych relacjach łączności przeciwnika. Realizacja takiego zadania możliwa jest przecież poprzez z d o b y w a n i e pojedynczych egzemplarzy nieuszkodzonego sprzętu łączności przeciwnika.

Pododdziały rozpoznania radioelektronicznego powinny więc posiadać specjalistów, zajmujących się uruchamianiem tego sprzętu, a w działalności rozpoznawczej należy nadać odpowiednią rangę zdobywaniu sprzętu i dokumentów łączności. W projektowaniu następnej generacji sprzętu rozpoznawczego należy więc zapewnić taką analizę struktury sygnałów, aby wystarczyło to do określenia typu urządzenia.

Rozwój elektroniki kwantowej,umożliwiający wykorzystanie laserów do celów telekomunikacji wojskowej,kierowania uzbrojeniem i obserwacji pola walki stawia nowe,trudne zadanie skutecznego ich rozpoznania.Zwłaszcza użycie laserów w systemach kierowania uzbrojeniem zwielokratnia możliwości ogniowe wojsk /środki przeciwpancerne,pociski artyleryjskie naprowadzane w końcowej części trajektorii,kierowane bomby lotnicze,dalmierze armat czołgowych/.

Szczególne cechy spójnego promieniowania laserowego wymagają zastosowania nowych metod w rozpoznaniu radioelektronicznym.Dość prostym zagadnieniem wydaje się konstrukcja urządzeń rozpoznawczych,mających zadanie o s t r z e g a n i a o użyciu przez nieprzyjaciela w określonym rejonie laserowych urządzeń kierowania uzbrojeniem.

Urządzenia te mogłyby zostać także bez trudu zaopatrzone w układy analizy podstawowych parametrów promieniowania. W sprzyjających sytuacjach pozwoliłoby to na zastosowanie pewnych przedsięwzięć maskujących, np.wytworzenie ośrodka aerozolowego,dymów lub wykorzystanie pobliskich ukryć.Zasadnicze części takiego urządzenia stanowiłyby:szerokokątny układ optyczny, fotoelement i wzmacniacz elektroniczny. Do ostrzegania można wykorzystać zasadę rozproszenia promieni laserowych,zastosowaną w urządzeniach kierowania uzbrojeniem:

jeśli na drodze promienia znajdzie się przeszkoda /teren,czołg,człowiek itp/, to światło lasera ulegnie rozproszeniu. Część rozproszonego promieniowania trafia do odbiornika urządzenia kierowania uzbrojeniem,natomiast pozostała część,rozchodząc się w wielu kierunkach,spowoduje również opromieniowanie urządzenia ostrzegającego i odpowiednie jego zadziałanie.

Wykorzystanie takiego rozwiązania nie może jednak zapewnić informacji o rozmieszczeniu źródła promieniowania,co wydaje się podstawowym warunkiem do spełnienia w dobrze działającym urządzeniu rozpoznania radioelektronicznego. W celu lokalizacji źródła nie należy badać promieniowania rozproszonego na przeszkodzie,ponieważ co najwyżej pozwoli to zlokalizować własny czołg lub inny obiekt,który przeciwnik opromieniowuje. Urządzenia lokalizujące sam generator kwantowy powinny śledzić drogę promienia b e z - p o ś r e d n i e g o .Możliwość taka istnieje dzięki ciągłemu rozpraszaniu się wiązki laserowej na niejednorodnościach atmosfery,w tym na atomach i cząsteczkach podstawowych jej składników,jak azot, tlen,para wodna i inne. Tak więc urządzenia rozpoznawcze rozmieszczone nawet w odległości rzędu kilku kilometrów od przebiegającej w określonym kierunku wiązki mogą ją wykrywać,a śledząc z odpowiednią i precyzją jej tor - lokalizować miejsce,z którego bierze początek.

Rozwiązanie takie nakłada wysokie wymagania na jakość wąskokątnej optyki odbiorczej i automatyzację procesu rozpoznawczego. Najbardziej sensowne wydaje się skojarzenie omówionych wcześniej urządzeń ostrzegawczych /które stałyby się faktycznie urządzeniami poszukiwania i wykrywania promieniowania/ z urządzeniami lokalizacji źródeł promieniowania laserowego.

Z A K O Ń C Z E N I E

Zastosowanie teorii masowej obsługi do modelowego opisu procesu rozpoznania radioelektronicznego pozwoliło zrealizować zakładane na wstępie cele pracy.

W pierwszym rzędzie uzyskano rzetelną podstawę do oceny możliwości systemu rozpoznania radioelektronicznego organizowanego przez armię zarówno z pododdziałów jej podległych jak i z pododdziałów wchodzących organicznie w skład związków taktycznych i brygady artylerii armat. Przeprowadzone obliczenia pozwalają ocenić, że dla skutecznego wykonania zadań rozpoznawczych niezbędne jest rozwinięcie systemu rozpoznania radioelektronicznego z wyprzedzeniem ok. 6 godzin przed wprowadzeniem sił głównych armii do bitwy.

W opracowaniu wykazano, że upowszechnienie technicznych środków utajniania korespondencji radiowej nie musi zmniejszać możliwości rozpoznawczych, pod warunkiem zastosowania nowych rozwiązań organizacyjnych w funkcjonującym systemie rozpoznania radioelektronicznego, w tym między innymi:

1/ organizację podsystemów selekcji przestrzennej źródeł promieniowania zgodnie z postulatami pracy;

2/ organizację sieci radiowej współdziałania pododdziałów rozpoznania radioelektronicznego;

3/ wykorzystanie sił i środków rozpoznania pododdziałów walki radioelektronicznej przed wejściem armii do bitwy i przystąpieniem do zakłócenia relacji radiowych przeciwnika przez batalion zakłóceń taktycznych.

Spełnienie powyższych postulatów zapewni znaczny wzrost efektywności rozpoznania radioelektronicznego, szczególnie w krótkofalowym paśmie fal radiowych.

Mniejszych możliwości organizacyjnej poprawy skuteczności procesu można oczekiwać w zakresie rozpoznania systemów radiolokacyjnych, radioliniowych, satelitarnych oraz w paśmie UKF lotnictwa, jakkolwiek wykazano celowość dokonania pewnych usprawnień i zobrazowano ewidentne korzyści wynikające z ich zastosowania.

Zasadniczych zmian w tym zakresie można jednak oczekiwać z chwilą wprowadzenia nowej generacji sprzętu rozpoznania radioelektronicznego.

Przedstawiona analiza pozwoliła ustalić, że obecny rozwój techniki stwarza zupełnie nowe możliwości rozpoznaniu radioelektronicznemu na lata dziewięćdziesiąte. Dzięki automatyzacji procesów oraz poprawie parametrów urządzeń odbiorczych stanie się prawdopodobnie możliwe bezpośrednie prowadzenie rozpoznania radioelektronicznego na rzecz ognia artylerii na głębokość do ok. 60 km, co w sposób zasadniczy zwiększy rolę tego rodzaju rozpoznania. Dalszy rozwój prac badawczych powinien także zapewnić skuteczne wykrywanie i lokalizację laserowych systemów i urządzeń nieprzyjaciela, zwłaszcza zaś najgroźniejszych spośród nich - laserowych systemów kierowania uzbrojeniem.

W opracowaniu wykazano, że istnieją realne możliwości skutecznego rozpoznania promieniowania generatorów laserowych i wobec tego należy oczekiwać w przyszłości

organizacji pododdziałów rozpoznania kwantowego w ramach istniejących obecnie jednostek rozpoznania radioelektronicznego.

Stworzony w opracowaniu matematyczny model procesu rozpoznawczego, jakkolwiek zastosowany został do rozważań w zakresie organizacji systemu rozpoznania radioelektronicznego w rejonie wyjściowym do operacji zaczepnej armii, może odegrać rolę bardziej uniwersalną i być użyteczny w rozwiązywaniu podstawowych problemów organizacji rozpoznania radioelektronicznego na różnych szczeblach dowodzenia, zarówno w działaniach zaczepnych jak i obronnych.

P R Z Y P I S Y :

1. Warunki prowadzenia badań mających na celu określenie prawdopodobieństwa wykrycia źródła w zależności od odległości do urządzenia rozpoznawczego.

Badania prowadzono w czasie ćwiczeń pododdziałów rozpoznania radioelektronicznego na realnych odległościach z pozorowaną pracą źródeł promieniowania elektromagnetycznego w ugrupowaniu bojowym przeciwnika. Dla każdej z zadanych odległości źródła rozmieszczone były na 10 różnych azymutach, w celu zwzględnienia wpływu warunków terenowych. Operatorzy urządzeń rozpoznawczych otrzymywali zadanie wykrycia źródła na zadanym kierunku i częstotliwości nośnej. Prawdopodobieństwo wykrycia źródła określono jako stosunek ilości wykrytych źródeł na zadanej odległości do ogólnej ilości źródeł pozoracji na tejże odległości /zawsze 10/. Stacje radiolokacyjne rozmieszczano na wyniosłościach terenowych, pozwalających w pozorowanej sytuacji uzyskiwać przeciwnikowi najlepsze warunki do wykrywania celów powietrznych na niskich pułapach.

Zródła promieniowania rozmieszczano w następujących odległościach od przedniego skraju:

- radiostacje KF: 20,40,60,80,100 km;
- radiostacje UKF ze wzmacniaczem mocy: 5,10,15, 20,25,30 km;
- radiostacje UKF małej mocy i stacje radiolokacyjne promieniujące energię listków bocznych w kierunku urządzeń rozpoznawczych: 2,4,6,8,10,12km;
- stacje radiolokacyjne obserwacji okrężnej: 10,20, 30,40,50,60km;
- stacje radioliniowe: 10,20,30,40,50,60 km,.

2. Warunki prowadzenia badań mających na celu określenie wartości parametru ν dla sił i środków namierzania radiowego KF, traktowanych jako system obsługi masowej.

Badanie przeprowadzono jako pomiar średniego czasu obsługi zgłoszenia, wykorzystując znaną z teorii obsługi masowej zależność:

$$\nu = \frac{1}{\bar{t}_n}$$

Zaangażowano następujące siły i środki: 4 operatorów namierzania, 2 operatorów poszukiwania, 2 namierniki radiowe R-359, 1 odbiornik poszukiwania R-250. Stanowisko poszukiwania posiadało łączność telefoniczną ze stanowiskami namierzania. Operatorzy pracowali na dwie zmiany /po jednym operatorze na odbiorniku R-250 i na każdym namierniku/. Każda zmiana dokonywała namiaru na 30 częstotliwościach pracy sieci radiowych, stosujących różne sposoby nadawań. Czas obsługi każdego zgłoszenia liczono jako czas zużyty od początku podawania komendy przez operatora poszukiwania do momentu zakończenia meldunku o wykonaniu komendy przez obu operatorów namierzania. Jeżeli operator namierzania nie potrafił dostroić się do pracującej sieci radiowej w ciągu 3 minut ze względu na warunki propagacji fal radiowych, proces przerywano, przyjmując do obliczeń czas 3 minut /na 60 przekazanych komend stwierdzono 9 takich przypadków/. Jeśli sieć radiowa zakończyła pracę przed wykonaniem komendy, pomiar odrzucano, aby uniezależnić opis systemu obsługi od parametrów strumienia sygnałów. W ten sposób otrzymano 50 wartości czasu obsługi na ogólną ilość 60 podanych komend. Średni czas obsługi zgłoszenia obliczono jako średnią arytmetyczną tych wyników, uzyskując $\bar{t}_n$ = 1 min. 44 sek., a więc $\bar{t}_n$ = 0,029 godz.

Stąd

$$\nu = \frac{1}{\bar{t}_n} = \frac{1}{0,029} \cong 35/\text{godz.}$$

W badaniach wzięli udział najlepiej wyszkoleni operatorzy pierwszego roku służby wojskowej.

3. Rozwiązanie całki $n_{UKF} = \iint_S P\,/x,y/G/x,y/dS$

Ze względu na symetrię bryły względem osi x wystarczy całkowanie przeprowadzić w jednej ówiartce układu współrzędnych i otrzymaną wartość pomnożyć przez 2:

$$n_{UKF} = 2\int_{x=1}^{x=1+3}\left[\int_{y=0}^{y=\sqrt{R^2-x^2}} P/x,y/\,G_1\,dy\right]dx +$$

$$+\,2\int_{x=1+3}^{x=R}\left[\int_{y=0}^{y=\sqrt{R^2-x^2}} P/x,y/\,G_2\,dy\right]dx$$

Jeśli oznaczyć całkę nieoznaczoną $\int\left[\int_{y=0}^{y=\sqrt{R^2-x^2}} P/x,y/dy\right]dx=V,$

otrzymamy:

$$n_{UKF} = 2/G_1\,\left|V\right|_1^{1+3} + G_2\,\left|V\right|_{1+3}^{R}/ =$$

$$= 2\left[/G_1 - G_2/V\,/x=1+3/ - G_1\,V\,/x=1/+ G_2\,V\,/x=R/\right] \qquad /1/$$

Tak więc problem sprowadza się do obliczenia wartości V:

$$V=\int\left[\int_0^{\sqrt{R^2-x^2}} /1 - \frac{\sqrt{x^2+y^2}}{R}/\,dy\right]dx = \int\left[\int_0^{\sqrt{R^2-x^2}} dy\right]dx -$$

$$-\,\frac{1}{R}\int\left[\int_0^{\sqrt{R^2-x^2}}\sqrt{x^2+y^2}\,dy\right]dx =$$

$$= \int \sqrt{R^2-x^2}\ dx - \frac{1}{2R}\int \Big[y\sqrt{x^2+y^2} + x^2 \ln/y+\sqrt{x^2+y^2}/ \Big]_0^{\sqrt{R^2-x^2}} dx =$$

$$= -\frac{1}{4}\ /x\sqrt{R^2-x^2}\ + R^2 \arcsin \frac{x}{R}\ /+ \frac{x^3}{2R}\ /\frac{\ln x}{3} - \frac{1}{9}/-$$

$$- \frac{1}{2R}\int x^2 \ln/\sqrt{R^2-x^2}\ + R/dx$$

Niech $\int x^2 \ln /\sqrt{R^2-x^2}\ +R/\ dx = A$. Całkę tę można rozwiązać przez części, stosując uprzednio podstawienie $t^2=R^2-x^2$:

$x= \sqrt{R^2-t^2}$ $\quad$ $dx = -\frac{t}{\sqrt{R^2-t^2}}\,dt$

$$A = -\int \frac{t/R^2-t^2/\ln/t+R/}{\sqrt{R^2-t^2}}\ dt = -\int t\sqrt{R^2-t^2}\ \ln/t+R/\ dt;$$

Niech $u = \ln /t+R/$ i $dv=t\sqrt{R^2-t^2}\ dt$.

Wobec tego $v = -\frac{1}{3}\sqrt{/R^2-t^2/^3}$ /z tablic, lub stosując podstawienie $k = \sqrt{R^2-t^2}$ /

$$du = \frac{1}{t+R}\,dt$$

$$A = -uv + \int v\,du = \frac{1}{3}\sqrt{/R^2-t^2/^3}\ \ln/t+R/ - \int \frac{\sqrt{1/R^2-t^2/^3}}{3/R+t/}\ dt =$$

$$= \frac{1}{3}\sqrt{/R^2-t^2/^3}\ \ln/t+R/ - \frac{R}{6}\,t\sqrt{R^2-t^2} - \frac{R}{6}\ \arcsin\ \frac{t}{R} -$$

$$- \frac{1}{9}\sqrt{/R^2-t^2/^3} =$$

$$= \frac{1}{3} x\sqrt{R^2-x^2} + \frac{R^2}{4} \arcsin \frac{x}{R} + \frac{1}{6R} x^3 \ln x - \frac{1}{6R} x^3 \ln /\sqrt{R^2-x^2} + R/$$

$$+ \frac{R^2}{12} \arcsin \frac{\sqrt{R^2-x^2}}{R}$$

Wobec tego:

$$V = \frac{1}{4} /x\sqrt{R^2-x^2} + R^2 \arcsin \frac{x}{R} /+ \frac{x^3}{2R}/ \frac{\ln x}{3} - \frac{1}{9}/-$$

$$- \frac{1}{3} x\sqrt{R^2-x^2} - \frac{R^2}{4} \arcsin \frac{x}{R} - \frac{1}{6R} x^3 \ln x + \frac{1}{6R} x^3 \ln /\sqrt{R^2-x^2} + R/$$

$$- \frac{R^2}{12} \arcsin \frac{\sqrt{R^2-x^2}}{R}$$

Podstawiając otrzymaną wartość V do /1/ otrzymujemy:

$$n_{UKF} = 2 \left\{ /G_1-G_2/ \left[\frac{1}{3} /1+3/\sqrt{R^2-/1+3/^2} + \frac{R^2}{4} \arcsin \frac{1+3}{R} + \right.\right.$$

$$+ \frac{1}{6R} /1+3/^3 \ln /1+3/ - \frac{1}{6R} /1+3/^3 \ln /\sqrt{R^2-/1+3/^3} + R/ +$$

$$\left. + \frac{R^2}{12} \arcsin \frac{\sqrt{R^2-/1+3/^3}}{R} \right] - G_1 \left[\frac{1}{3} 1\sqrt{R^2-1^2} + \frac{R^2}{4} \arcsin \frac{1}{R} + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{6R} 1^2 \ln 1 - \frac{1}{6R} 1^3 \ln /\sqrt{R^2-1^2} + R/ + \frac{R^2}{12} \arcsin \frac{\sqrt{R^2-1^2}}{R} \right] +$$

$$\left. + G_2 \frac{R^2}{4} \arcsin 1 \right\}.$$

4. Tabelaryczne wartości funkcji $n_{UKF} = P/x,y/G/x,y/dS$

w zależności od odległości urządzeń rozpoznawczych do przedniego skraju.

1/km/	n_{UKF} /R=30km/	n_{UKF} /R=10km/	1/km/	n_{UKF} /R=30km/	n_{UKF} /R=10km/
3	430	96	13	204	0
4	407	73	14	183	0
5	383	53	15	160	0
6	360	33	16	145	0
7	347	17	17	127	0
8	314	7	18	110	0
9	290	1	19	94	0
10	256	0	20	79	0
11	246	0			
12	224	0			

5. Określenie średniej ilości źródeł promieniowania UKF w zasięgu rozpoznania przy uwzględnieniu braku ciągłości namierzania w okresie przegrupowania.

Zgodnie z rys.10 otrzymujemy:

$$\overline{n_1/t_r/} = \frac{\int_0^{t_r} n_1 /t_r/ \, dt_r}{T_c} \approx \frac{\int_0^{t_r} n_1 \, dt_r}{t_r + \frac{v_n \cdot t_r}{v_{prz}} + 2 \text{ godz}}$$

/przyjmując, że na zwinięcie sprzętu, jego rozwinięcia, maskowanie, orientowanie oraz wykonanie arkusza poprawek dla namierników zużywa się każdorazowo około 2 godzin/.

$$\overline{n_1/t_r/} = \frac{\int_0^{t_r} n_1 \, dt_r}{t_r/1 + \frac{v_n}{v_{prz}}/ + 2}$$

gdzie: v_n - tempo natarcia w km/godz,

v_{prz} - prędkość przegrupowania w km/godz.

Jeśli założyć, że w działaniach zaczepnych posterunki rozwija się ok. 3 km od przedniego skraju, to w zależności od czasu prowadzenia rozpoznania odległość urządzeń do przedniego skraju wyniesie:

$$l_z = v_n \cdot t_r + 3 \text{ km}$$

i wobec tego $t_r = \frac{l_z - 3}{v_n}$; $dt_r = \frac{dl_z}{v_n}$

oraz

$$\overline{n_1/l_z/} = \frac{\frac{1}{v_n}\int_3^{l} n_1 /l_z/ \, dl_z}{\frac{l_z - 3}{v_n}/1 + \frac{v_n}{v_{prz}}/ + 2}$$

Wykorzystując wzór /16/ otrzymujemy:

$$\overline{n_1/l_z} = \frac{\int_3^1 /500-20\ l_z/\ dl_z}{/l_z-3/\ ./1+\frac{v_n}{v_{prz}}/+2\ v_n} =$$

$$= \frac{500\ l_z - 10 l_z^2 - 600}{/l_z-3/\ /1+\frac{v_n}{v_{prz}}/\ +\ 2v_n}$$

6. Tabelaryczne wartości funkcji $\overline{n_1/l_z}$ w zależności od czasu prowadzenia rozpoznania z jednej rubieży rozwinięcia posterunków $t_r = f\ /l_z,\ v_n/$.

l_z/km/	n_1/l_z/dla v_{prz}= 15km/godz.		l_z/km/	n_1/l_z/dla v_{prz}=15km/g	
	v_n=2km/godz.	v_n=3km/godz.		v_n=2km/godz.	v_n=3km/g
3	107	72	12	229	194
4	163	116	13	226	192
5	195	145	14	221	190
6	214	165	15	216	186
7	226	178	16	211	183
8	232	187	17	205	179
9	234	192	18	199	174
10	234	194	19	193	170
11	232	194	20	187	165

7. Określenie wartości funkcji E_{t_n} /%/ w zależności od czasu prowadzenia rozpoznania $t_r = f\ /l_z,\ v_n/$

$$E_{t_n}\ /\%/ = \frac{t_r}{t_r + t_{prz}} \cdot 100\ \%$$

Podobnie jak w p.5 przypisów przyjmujemy $t_r = \frac{l_z - 3}{v_n}$

i wobec tego

$$E_{t_n}/\%/ = \frac{\frac{l_z-3}{v_n}}{\frac{l_z-3}{v_n} /1+ \frac{v_n}{v_{prz}} / +2} \cdot 100\ \% =$$

$$= \frac{l_z-3}{/l_z-3/\ /1+ \frac{v_n}{v_{prz}}/+2v_n} \cdot 100\ \%$$

8. Tabelaryczne wartości funkcji n/1/ - ilości nadajników radioliniowych w strefie zasięgu urządzenia rozpoznawczego w zależności od jego odległości od przedniego skraju.

Przyjmując R =50 km i wykorzystując wzór /22/ otrzymuje się:

1/km/	n /1/
5	21
10	17
15	12
20	9
25	6
30	3

9. Tabelaryczne wartości funkcji t = 40P-4 ln /1-P/

P	t/godz/
0,1	4,4
0,2	8,8
0,5	22,1
0,8	38,4
0,9	45,2
0,99	58,4

10. Prawdopodobieństwo wykrycia węzła pierwszorzutowej brygady przeciwnika w zależności od czasu prowadzenia rozpoznania.

t_r/godz/	P_{1-1} /jedna krrel/	P_{1-2} /dwie krrel, podział pasma/	P_{1-3} /dwie krrel współdziałanie bez podziału pasma/
1	0,29	0,53	0,50
2	0,53	0,79	0,78
3	0,68	0,92	0,90
4	0,79	0,97	0,96
5	0,87	~1	~1
6	0,92	~1	~1

11. Prawdopodobieństwo wykrycia relacji radioliniowych przez kompanię rozpoznania radioliniowego w zależności od odległości urządzeń rozpoznawczych od przedniego skraju.

l/km/	n/1/	$P_w=1-/1-0,014/^{n/1/}$	$P_{wk}=1-/1-P_w/^4$
5	21	0,26	0,70
10	17	0,21	0,61
15	12	0,16	0,50
20	9	0,12	0,40
25	6	0,08	0,28
30	3	0,04	0,15

B I B L I O G R A F I A

1. W.Czistjakow. Swjaź w armiejskom korpusie S Sz A /Zarubieżnoje Wojennoje Obozrienije 6/1977/.

2. W. Czistjakow.Swjaź w diwizijach armii S SzA /Zarubieżnoje Wojennoje Obozrienije 6/1976/.

3. Dowodzenie i łączność w armii polowej i korpusie armijnym NATO.Szt.Gen.671/73.

4. Dowodzenie i łączność w związkach taktycznych i oddziałach sił zbrojnych NATO.Szt.Gen.699/74.

5. B.W.Gniedenko, J.N.Kowalenko.Wstęp do teorii obsługi masowej.PWN Warszawa 1971.

6. W.J.Hilsman.C.3I: Communications Vital in Integratien of the Force Multipliers /Army 3/1979/.

7. G.P.Klimow.Procesy obsługi masowej.WNT Warszawa.1979.

8. I.S.Kukes, ME.Starik.Osnowy radiopieliengacji. Sowietskoj Radio,Moskwa, 1964.

9. E.C.Ludvigsen.Shoot... Move... Communicate/Army 4/1978/.

10. F.K.Mahaffey.C3I: For Automated Control of Tmorrow's Battlefield /Army 3/1979/.

11. W.W. Mowa, L.A.Ponomarienko, A.M. Kalinowski.Organizacija prioritietnowo obsłużiwanija w ASU.Tiechnika,Kijew,1977.

12. Namierzanie radiowe.Szt.Gen.383/66.

13. Ocena sytuacji radioelektronicznej w siłach zbrojnych NATO na Zachodnim Teatrze Działań Wojennych. Sztab Generalny. Zespół Operacyjny ds.Radioelektronicznych. Warszawa 1972.

14. Praca zbiorowa.Radioelektronika.Tom 3, WKŁ Warszawa, 1973.

15. Płk dypl.N.Reinberger.Materiały z kursu kadry rozpoznawczej WP przy Akademii Wojskowej im.Frunzego w r.1979.

16. A.N.Stubblebine.C3I: For Automated Focus on Intelligence Picture /Army 3/1979/.

17. S.A.Wakim, L.N.Szustow.Zasady przeciwdziałania radioelektronicznego.MON Warszawa,1972.

18. Zasady organizacji i prowadzenia rozpoznania radioelektronicznego /batalion - pułk rozpoznania radioelektronicznego/. Sztab Generalny, Zarząd II, Warszawa 1977.

19. Zastosowanie współczesnych metod logiczno-matematycznych w rozpoznaniu.Szt.Gen.824/77.

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM ★ Nr ewid. 11714 ★ Akademii Obrony Narodowej

BIBLIOTEKA [illegible] WP ★ Nr [illegible] (III) ★ Dział Zbiorów Specjalnych

Wydrukowano dodatkowo 15 egz.
z nr maszyn. 01942 i rozesłano
w/g rozdzielnika na egz. pozost. w aktach
Druk: Drukarnia Sztabu SOW
Data 12.09.80 Nr 01254