

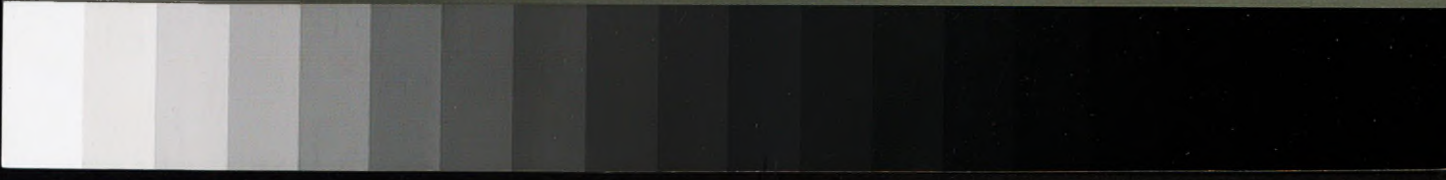
Part Code
ST1316



Grey Scale #13



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



*Lat do now 0340
4 07 94*



**AKADEMIA
SZTABU GENERALNEGO**
IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

~~Do użytku
służbowego~~
~~POUFNE~~
Hdz. Nr. 4

92736

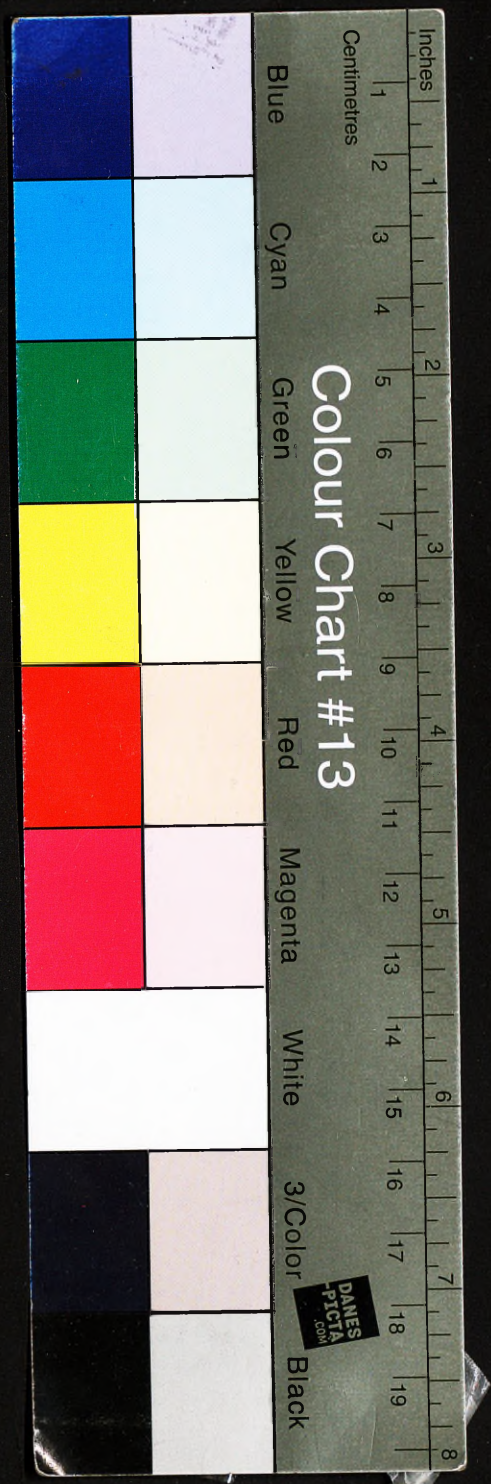
Mjr dypl. Zbigniew DUBRAWSKI

**METODA OCENY
MOŻLIWOŚCI BOJOWYCH
SYSTEMU OBEZWŁADNIANIA
RADIOELEKTRONICZNEGO WOJSK OPK**

Rozprawa doktorska

12096

WARSZAWA 1988





Dot do nr 10340
4 07 94

**AKADEMIA
SZTABU GENERALNEGO**

IM. GENERAŁA BRONI
KAROLA ŚWIERCZEWSKIEGO

~~Do użytku
służbowego~~

~~FOURNE~~

Wz. Nr. 4

92736

Mjr dypl. Zbigniew DUBRAWSKI

**METODA OCENY
MOŻLIWOŚCI BOJOWYCH
SYSTEMU OBEZWŁADNIANIA
RADIOELEKTRONICZNEGO WOJSK OPK**

Rozprawa doktorska

12096

WARSZAWA 1988

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP
im. generała broni Karola Świerczewskiego

Do użytku
służbowego

Egz. nr 4

Przechl. Prot. 779/21. 08. 95 (P/W)

mjr dypl. Zbigniew DUBRAWSKI



METODA OCENY MOŻLIWOŚCI BOJOWYCH SYSTEMU
OBEZWIADNIANIA RADIOELEKTRONICZNEGO WOJSK OPK

Rozprawa doktorska



Opracowana pod kierownictwem naukowym
plk doc. dr hab. Stefana ANTCZAKA

SPIS TREŚCI

	Strona
WYKAZ UŻYWANYCH SKRÓTÓW	4
WSTĘP	5
1. ANALIZA SYSTEMU OBEZWŁADNIANIA RADIOELEKTRONICZNEGO WOJSK OPK	10
1.1. Potrzeby i warunki obezwładniania radioelektro- nicznego przeciwnika powietrznego w systemie OPK	11
1.2. Model systemu obezwładniania radioelektroniez- nego	15
1.2.1. Elementy systemu obezwładniania radioelektro- nicznego	16
1.2.2. Możliwości bojowe systemu obezwładniania radioelektroniczego	18
1.2.3. Struktura systemu obezwładniania radioelektro- nicznego	27
1.2.4. Funkcjonowanie systemu obezwładniania radio- elektroniczego	31
1.2.5. Otoczenie systemu obezwładniania radioelektro- nicznego	36
1.2.5.1. Otoczenie bliższe SORe	37
1.2.5.2. Otoczenie dalsze SORe	39
1.3. Uwarunkowania zewnętrzne i wewnętrzne systemu obezwładniania radioelektroniczego	44
Podsumowanie rozdziału pierwszego	52
2. ALGORYTMY OCENY MOŻLIWOŚCI BOJOWYCH SYSTEMU OBEZWŁAD- NIANIA RADIOELEKTRONICZNEGO WOJSK OPK	55
2.1. Określanie potrzeb i możliwości obezwładniania radioelektroniczego w wojskach OPK przy wyko- rzystaniu techniki komputerowej	55

	Strona
2.1.1. Obiekty radioelektroniczne przeciwnika powietrznego	56
2.1.2. System obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK	58
2.1.3. Określenie potrzeb i możliwości obezwładniania radioelektronicznego	62
2.1.3.1. Określenie możliwości identyfikacji i obezwładniania obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego	63
2.1.3.2. Określenie czasu oddziaływania środków systemu obezwładniania radioelektronicznego na obiekty radioelektroniczne przeciwnika powietrznego	70
2.1.4. Przydział środków systemu obezwładniania radioelektronicznego do osłony obiektów	76
2.1.4.1. Założenia	76
2.1.4.2. Algorytmy przydziału stacji zakłóceń do osłony obiektów	82
2.2. Algorytmy przetwarzania	90
2.2.1. Ogólny algorytm określania możliwości obezwładniania pokładowych RLS przeciwnika powietrznego	90
2.2.2. Ogólny algorytm określania możliwości obezwładniania łączności radiowej UKF przeciwnika	93
2.2.3. Ogólny algorytm określania możliwości obezwładniania łączności radiowej KF przeciwnika	95
2.3. Kolejność i sposób postępowania podczas oceny możliwości bojowych SORe wojsk OPK	97
Podsumowanie rozdziału drugiego	100
ZAKOŃCZENIE	103
BIBLIOGRAFIA	106
ZALĄCZNIKI	110

WYKAZ UŻYWANYCH SKRÓTÓW

EMC	- elektroniczna maszyna cyfrowa
ETO	- elektroniczna technika obliczeniowa
KF	- krótkofalowa
KMS	- komputerowy model symulacyjny
LM	- lotnictwo myśliwskie
OP	- obrona powietrzna
OPK	- obrona powietrzna kraju
ORe	- obezwładnianie radioelektroniczne
PKWR	- podsystem kierowania walką radioelektroniczną
PLSD	- połączone stanowisko dowodzenia
PTSP	- połączone taktyczne siły powietrzne
RLS	- stacja radiolokacyjna
RST	- radiostacja
SD	- stanowisko dowodzenia
SORe	- system obezwładniania radioelektronicznego
SPCB1BZ	- siły powietrzne Cieśnin Bałtyckich i Bałtyku Zachodniego
SRRe	- system rozpoznania radioelektronicznego
SZ	- stacja zakłóceń
SZR	- stacja zakłóceń radiowych
SZRL	- stacja zakłóceń radiolokacyjnych
ŚNP	- środki napadu powietrznego
UKF	- ultrakrótkofalowa
WE	- wojna elektroniczna
WR	- wojska raketowe
WRe	- walka radioelektroniczna
WRt	- wojska radiotechniczne

WSTĘP

Nieustanny i dynamiczny rozwój środków radioelektronicznych oraz masowe ich wykorzystywanie do zapewnienia skuteczności działań w zakresie rozpoznania, dowodzenia wojskami i sterowania uzbrojeniem doprowadziło do konieczności uznania tych środków za obiekty obezwładniania radioelektronicznego. Jednym z możliwych sposobów obezwładniania obiektów radioelektronicznych są zakłócenia stanowiące najbardziej charakterystyczny, a zarazem skuteczny element walki radioelektronicznej /WRe/.

Powszechność środków radioelektronicznych na współczesnym polu walki, a przede wszystkim konieczność ich wykorzystania w celu zapewnienia pracy systemów dowodzenia wojskami i sterowania środkami walki, stawia je na równi z aktywnymi środkami oddziaływania na przeciwnika. Tezę tę w pełni potwierdzają doświadczenia wojen lokalnych i konfliktów zbrojnych. Na przykład podczas działań wojennych w Wietnamie strona amerykańska zdecydowanie zmieniła proporcje - zarówno liczby samolotów specjalnych przeznaczonych do prowadzenia wojny elektronicznej /WE/, jak i wyposażenia samolotów - na korzyść środków WE, określając je jako najbardziej opłacalne przedsięwzięcia zwiększające skuteczność działania lotnictwa [26], [43].

Zmiany ilościowe, a w szczególności jakościowe, środków radioelektronicznych przeciwnika oraz ich duża różnorodność pociągają za sobą szybki i wszechstronny rozwój naszych systemów rozpoznania i walki radioelektronicznej zarówno od strony technicznej, zmian organizacyjno-strukturalnych, jak i sawych sposobów działania.

Analizując treść, zakres i cele walki radioelektronicznej, można w niej wyodrębnić następujące kierunki działania: rażenie ogniowe; obezwładnianie radioelektroniczne; obrona radioelektroniczna; przeciwdziałanie technicznym środkiem rozpoznania przeciwnika. Kierunki te mogą być traktowane i rozpatrywane niezależnie od pozostałych.

W sferze moich zainteresowań znalazł się jeden z kierunków działania WRe - obezwładnianie radioelektroniczne. Polega ono, mówiąc najogólniej, na celowym zakłócaniu pracy środków radioelektronicznych przeciwnika.

Podstawowym celem prezentowanej pracy jest opracowanie, z wykorzystaniem techniki komputerowej, metody umożliwiającej ocenę możliwości bojowych systemu obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK.

Przedmiotem moich badań będzie system obezwładniania radioelektronicznego, rozpatrywany w warunkach wojsk OPK.

W istniejącej obecnie w wojskach OPK, stosunkowo skromnej, literaturze przedmiotu sposób określania możliwości bojowych systemu obezwładniania radioelektronicznego oparty jest przede wszystkim na wnioskowaniu intuicyjnym. Ze zrozumiałych względów budzi on wiele wątpliwości. Sposób ten nie zapewnia dokonania w miarę pełnej oceny możliwości bojowych tego systemu. Dlatego też wydaje się celowe wykorzystanie najnowszych osiągnięć techniki obliczeniowej do opracowania metody zapewniającej kompleksowe przedstawienie możliwości bojowych systemu obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK.

Na takie sformułowanie głównego celu pracy złożyło się kilka przyczyn, a mianowicie:

- ciągły wzrost zagrożenia osłanianych przez system OPK obiektów i wojsk ze strony lotnictwa przeciwnika, wynikający z systematycznego doskonalenia przez niego parametrów lotnych i bojowych samolotów, głównie przez stosowanie środków radioelektronicznych;

- stosowanie coraz doskonalszych środków radioelektronicznych do wykrywania i rozpoznawania obiektów oraz wypracowywania danych dotyczących ich rażenia; ciągłe skracanie czasu niezbędnego do wykonania tych czynności;

- zakłócanie pracy stacji radiolokacyjnych systemu OPK, stosowanie manewrów przeciwrakietowych i przeciwsamolotowych zwiększających prawdopodobieństwo pokonania systemu OP przez ŚNP

przeciwnika, co powoduje, że podstawowym środkiem obrony stają się zakłócenia radioelektroniczne;

- duże zainteresowanie tą problematyką dowództw i sztabów jednostek wojskowych OPK.

W pracy określono podstawowe wskaźniki możliwości bojowych, które w zasadniczy sposób charakteryzują możliwości systemu obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK. Możliwości tego systemu przedstawiono za pomocą zespołu wskaźników liczbowych, czasowych, przestrzennych i jakościowych, charakteryzujących zdolność systemu obezwładniania do wykonania zadania bojowego w konkretnej sytuacji.

Aby przystąpić do rozwiązywania problemu zawartego w temacie rozprawy sformułowałem następującą hipotezę roboczą:

Metodą, która umożliwi kompleksową systemową ocenę możliwości bojowych systemu obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK, uwzględniającą treść i formę, teorię i praktykę badawczą, jest analiza systemowa. Podstawową - najbardziej przydatną do oceny możliwości bojowych systemu obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK - metodą badawczą w procesie analizy systemowej jest modelowanie matematyczne, wykorzystujące elektroniczną technikę obliczeniową.

Z powyższej hipotezy roboczej wynikają następujące zadania badawcze:

- zbadać stopień nasycenia środkami radioelektronicznymi SNP przeciwnika oraz ocenić wpływ jakości pracy tych środków na możliwości bojowe systemu obezwładniania radioelektronicznego

- ocenić przedsięwzięcia organizacyjne i operacyjno-taktyczne mające wpływ na skuteczność działania systemu OPK;

- zbadać skutki zastosowania nowej metody oceny możliwości bojowych systemu obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK i wykorzystać wnioski w tym zakresie do optymalizacji systemu OPK.

Aby rozwiązać przedstawione podstawowe zadania badawcze, przeprowadzono analizę dostępnej literatury przedmiotu i materiałów źródłowych, a także wykorzystano metodę analizy systemowej oraz modelowania matematycznego. Metodę analizy logicznej oraz analizy systemowej wykorzystano przede wszystkim do oceny systemu obehwładnienia radioelektronicznego, który daje się wyodrębnić w wojskach OPK, natomiast modelowanie matematyczne posłużyło do praktycznego rozwiązania problemów związanych z określaniem możliwości bojowych tego systemu. Zastosowane metody badawcze, sposób i warunki prowadzonych badań oraz uzyskane wnioski, mimo swej niedoskonałości wynikającej ze skromnej literatury przedmiotu, jak również z ograniczonej skali badań, na ogół okazały się wystarczające do zrealizowania postawionych zadań badawczych i osiągnięcia założonego celu badań.

Oczekiwane efekty zastosowania proponowanej metody można rozpatrywać w trzech aspektach: dydaktycznym, naukowo-badawczym i operacyjno-taktycznym.

W aspekcie dydaktycznym zakłada się wykorzystanie metody głównie w ćwiczeniach, zajęciach praktycznych oraz grach decyzyjnych dla słuchaczy i wykładowców ASG WP. Pozwoli ona ćwiczącym wielokrotnie sprawdzać i weryfikować własne rozwiązania, a tym samym doskonalić wiedzę i umiejętności z zakresu taktyki i sztuki operacyjnej. Istotna jest również możliwość kształtowania u oficerów nawyków i umiejętności związanych z posługiwaniem się nowoczesnymi narzędziami badawczymi, co ma szczególne znaczenie w związku z coraz szerszym wprowadzaniem do wojsk OPK zautomatyzowanych środków i systemów dowodzenia, a także wprowadzaniem coraz doskonalszej elektronicznej techniki bojowej.

W aspekcie naukowo-badawczym /jako narzędzie badawcze/ metoda ta powinna umożliwić uzyskanie odpowiedzi na dwa zasadnicze pytania problemowe:

1. Jaka jest możliwość bojowa systemu obehwładnienia radioelektronicznego wojsk OPK w świetle jego celów i zadań?

2. Jaki jest wpływ elementów /modułów/ tego systemu na możliwości bojowe?

W aspekcie operacyjno-taktycznym oczekuje się, że będzie to metoda ułatwiająca dokonywanie wyboru i doskonalenie wariantów decyzyjnych zapewniających optymalne, a przynajmniej racjonalne, wykorzystanie sił i środków systemu obezwładniania radioelektronicznego w różnych warunkach współczesnego i przyszłego pola walki.

Rezultaty prowadzonych badań oraz wynikające z nich wnioski i propozycje przedstawione zostały w niniejszej rozprawie. Składa się ona z dwóch rozdziałów.

W pierwszym rozdziale przedstawiono przesłanki i wnioski wynikające z analizy potrzeb i warunków obezwładniania radioelektronicznego środków radioelektronicznych przeciwnika powietrznego oraz model systemu obezwładniania radioelektronicznego i jego funkcjonowanie. Ponadto, na podstawie analizy systemowej, przedstawiono uwarunkowania zewnętrzne i wewnętrzne badanego systemu.

W drugim rozdziale omówiono rozwiązania matematyczne, które wykorzystywane są w proponowanej metodzie oceny możliwości bojowych systemu obezwładniania radioelektronicznego. W prezentowanej metodzie przedstawiono również algorytm oraz jego zastosowanie.

Niniejsza praca - rozprawa doktorska - jest pierwszą w wojskach OPK próbą naukowego opracowania zagadnień związanych z oceną możliwości bojowych systemu obezwładniania radioelektronicznego.

1. ANALIZA SYSTEMU OBEZWŁADNIANIA RADIOELEKTRONICZNEGO WOJSK OPK

Na współczesnym polu walki, w warunkach masowego zastosowania środków radioelektronicznych w systemach dowodzenia wojskami i sterowania uzbrojeniem, walkę radioelektroniczną - oprócz walki na lądzie, w powietrzu i morzu - należy traktować jako czwarty wymiar konfrontacji zbrojnej z przeciwnikiem. Jest to walka w eterze [29].

Szczególne znaczenie ma to dla wojsk OPK, które realizują zadania w ramach walki radioelektronicznej prowadzonej nie tylko podczas działań bojowych, ale również w okresie pokoju. Jest to więc walka o dowodzenie wojskami, nawigację i sterowanie środkami walki, szczególnie środkami rażenia. Walkę tę należy traktować jako szczególny rodzaj działań specjalnych, zorganizowane starcie zbrojne z środkami radioelektronicznymi przeciwnika, znajdującymi szerokie zastosowanie w procesie dowodzenia wojskami i sterowania środkami walki.

Wyeliminowanie środków radioelektronicznych z systemów dowodzenia wojskami i sterowania uzbrojeniem pozbawia lub znacznie utrudnia przeciwnikowi ich użycie do wykonania celnych uderzeń na wybrane obiekty obrony.

Można więc powiedzieć, że powodzenie w prowadzeniu działań bojowych w poważnym stopniu będzie zależało od umiejętności i możliwości dezorganizowania systemów dowodzenia wojskami i sterowania środkami rażenia przeciwnika powietrznego, przy jednoczesnym zapewnieniu niezawodnego działania własnych środków i systemów radioelektronicznych w warunkach jednoczesnej pracy dużej ich liczby oraz zwalczania tych środków i systemów przez przeciwnika powietrznego.

Można więc przyjąć, że walka radioelektroniczna /WRE/ stanowi zespół przedsięwzięć i działań zmierzających do dezorganizowania systemów dowodzenia wojskami i sterowania środkami walki przeciwnika oraz zapewnienia stabilnej pracy analogicznych systemów wojsk własnych.^{1/}

^{1/} "Zasady organizacji i prowadzenia walki radioelektronicznej przez siły zbrojne PRL", 1985.

WRe obejmuje porażenie ogniowe punktów dowodzenia i obiektów radioelektronicznych, obezwładnianie radioelektroniczne /ORE/, obronę radioelektroniczną własnych systemów i środków dowodzenia oraz kierowania, a także przeciwdziałanie technicznym środkom rozpoznania /PTSR/ przeciwnika [45].

Walka radioelektroniczna w wojskach OPK powinna mieć zatem charakter powszechny i kompleksowy [6]. Powszechność WRe w wojskach OPK polega na tym, że prowadzą ją nie tylko siły i środki pododdziałów i oddziałów specjalnie wyznaczonych do tego celu, ale również wszystkie rodzaje wojsk własnymi siłami i środkami. Oznacza to, że wszystkie rodzaje wojsk, a nawet służb, zobowiązane są do wykonywania w pierwszej kolejności i w każdych warunkach zadań związanych z obroną radioelektroniczną oraz przeciwdziałaniem technicznym środkom rozpoznania przeciwnika powietrznego. Natomiast kompleksowość stosowania przedsięwzięć WRe oznacza równoczesne wykorzystanie naziemnych, a także powietrznych środków obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK oraz różnorodnych nadajników zakłóceń jednorazowego użycia.

Ponieważ każdy z elementów WRe może stanowić oddzielny problem badań naukowych, dlatego też w pracy główną uwagę skupilem na elemencie zwanym obezwładnianiem radioelektronicznym /ORE/ wojsk OPK.

1.1. Potrzeby i warunki obezwładniania radioelektronicznego przeciwnika powietrznego w systemie OPK

W osłonie radioelektronicznej obiektów oraz wojsk w systemie OPK wymaga się, aby obrona miała jednocześnie charakter aktywny i pasywny, a także aby uwzględniała skoordynowane oddziaływanie ogniowe i obezwładnianie radioelektroniczne. Rażenie ogniowe środków i systemów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego powinno być realizowane przez wojska rakietowe i lotnictwo myśliwskie, natomiast obezwładnianie radioelektroniczne przez oddziały /pododdziały/ zakłóceń radioelektronicznych. W obezwładnianiu radioelektronicznym konieczne jest stosowanie znacznej liczby środków umożliwiających zakłócanie

samolotowych RLS, z jednoczesnym stosowaniem zakłóceń szumowych, impulsowo-odezwowych jednokrotnych i wielokrotnych, jak również zakłócanie pokładowych środków łączności i radionawigacji.

Kompleksowość realizacji przedsięwzięć WRe jest nieodzowna nie tylko podczas wspólnego wykonywania rażenia ogniowego i obezwładniania radioelektronicznego, lecz także w trakcie obrony radioelektronicznej własnych środków i systemów radioelektronicznych na wszystkich szczeblach dowodzenia systemem OPK. Kompleksowość oddziaływania rażeniem ogniowym i obezwładnianiem radioelektronicznym jest uzależniona od odpowiedniego zorganizowania współdziałania w systemie OPK. Musi ono być prowadzone na każdym szczeblu dowodzenia i powinno zapewniać zsynchronizowanie działań środków ORe ze środkami rażenia ogniowego. Niezbędna jest więc koordynacja działań co do czasu, kierunków, rubieży i obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego, podlegających zwalczaniu przez system OPK. Specyfika współczesnych działań bojowych, ich rozmach czasowy i przestrzenny oraz konieczność zapewnienia kompleksowego oddziaływania ORe, zsynchronizowanego z rażeniem ogniowym, wskazują, że niezbędna jest automatyzacja procesu dowodzenia i kierowania siłami i środkami oddziałów oraz pododdziałów realizujących ORe w systemie OPK. Środki te powinny być zdolne do bardzo szybkiego reagowania na zmiany zachodzące w sytuacji powietrznej przeciwnika. Potrzeba taka wynika z konieczności natychmiastowego reagowania środków ORe na każdą zmianę zaistniałą w sytuacji powietrznej i radioelektronicznej podczas nalotu ŚNP oraz różnic, jakie występują między prognozowanym a faktycznym wariantem nalotu ŚNP przeciwnika.

✓ Nieoczekiwane i zmasowane stosowanie ORe w połączeniu z oddziaływaniem ogniowym, może doprowadzić do zaskoczenia przeciwnika, dezorganizowania jego dowodzenia i działania.

Uzyskanie zaskoczenia w WRe nie może być jednak dziełem przypadku, czy też wynikiem korzystnych okoliczności. Doświadczenia wojen i konfliktów lokalnych świadczą o tym, że jest to rezultat szczególnie przemyślanej oceny sytuacji operacyjno-

taktycznej i radioelektronicznej oraz efekt twórczej, dokładnie zorganizowanej i ukierunkowanej działalności dowódców i sztabów. Istotne znaczenie ma również sprawność techniczna oraz bojowa siła i środków ORe, a także racjonalne wykorzystanie mobilności i możliwości posiadanego potencjału. Zaskoczenie może być osiągnięte przez zastosowanie nie znanych dotąd przeciwnikowi metod i środków aktywnego oddziaływania radioelektronicznego, jak również przez scentralizowane kierowanie całością sił i środków systemu obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK.

Obiektami rażenia ogniowego i obezwładniania radioelektronicznego w systemach dowodzenia wojskami oraz sterowania uzbrojeniem pokładowym będą te najważniejsze i najbardziej wrażliwe urządzenia radioelektroniczne, które zapewniają kierowanie wojskami i środkami bojowymi przeciwnika. W pierwszym rzędzie będą to urządzenia radioelektroniczne wchodzące w skład systemów /podsystemów/ kierowania lotnictwem, obrony przeciwlotniczej, rozpoznania i - przede wszystkim - WRe.

Efektywność działań bojowych każdego z tych systemów /podsystemów/ jest uzależniona od rezultatów pracy i wykorzystania znajdujących się w ich uzbrojeniu urządzeń radioelektronicznych. Pozbawienie przeciwnika możliwości korzystania ze środków wchodzących w skład systemów dowodzenia w znacznym stopniu obniża efektywność działań bojowych i skuteczność prowadzenia ognia. Osiągnięcie takich rezultatów jest możliwe jedynie przez racjonalne wykorzystanie środków rażenia, a głównie ORe systemu OPK. Użycie ich musi być zatem poprzedzone głęboką analizą systemów i środków radioelektronicznych przeciwnika w celu wyselekcjonowania ich najważniejszych i najwrażliwszych obiektów. Aby jednak dokonać takiej analizy, konieczna jest gruntowna znajomość systemów i środków radioelektronicznych przeciwnika, ich skład, przeznaczenie, sposób funkcjonowania, jak również wrażliwość na oddziaływanie naszych środków rażenia i obezwładniania radioelektronicznego.

Wyniki przeprowadzonej analizy powinny służyć do stwierdzenia, czy dane obiekty radioelektroniczne mogą być obiektami ORe, czy też powinny być rażone środkami ogniowymi.

Oceny systemów i środków radioelektronicznych przeciwnika powietrznego, jako obiektów ORe, należy dokonywać z uwzględnieniem dwóch kryteriów:

- zapewnienia ciągłości kierowania wojskami i sterowania uzbrojeniem tych wojsk;

- wrażliwości danego środka lub systemu na oddziaływanie naszych środków ORe [25].

W odniesieniu do obiektów radioelektronicznych sił powietrznych i obrony powietrznej przeciwnika ważne będą przede wszystkim te systemy i środki radioelektroniczne, które zapewniają dowodzenie wojskami oraz kierowanie:

siłami i środkami jądrowymi sił powietrznych; siłami i środkami OP; działaniami lotnictwa; rozpoznaniem radioelektronicznym.

Oprócz tego należy uwzględniać również zasięg działania, zdolność przepustową przekazywanej informacji, szybkość działania i charakterystyki związane z dokładnością określania parametrów przez RLS oraz jej wpływ na zapewnienie niezawodnej pracy systemu kierowania.

Wrażliwość obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego - z punktu widzenia ORe - oceniać należy przede wszystkim na podstawie takich cech, jak: czułość urządzeń odbiorczych; rodzaj pracy; parametry energetyczne, a w szczególności moc sygnału; zakres częstotliwości pracy obiektów radioelektronicznych [25].

Bardzo ważnym elementem ORe niektórych obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego jest możliwość ich rozpoznania. I tak, na przykład, rozpoznanie niektórych RLS, głównie naprowadzania rakiet, urządzeń pracujących na podczerwień, termowizualnych oraz telewizyjnych, napotyka na wiele trudności, ze względu na brak sił i środków przeznaczonych do tego celu. A zatem zakres naszych możliwości ORe obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego jest uzależniony od wrażliwości jego sprzętu.

Przeprowadzona analiza potwierdza słuszność podejmowanych decyzji w zakresie wyboru sposobu i środka oddziaływania na obiekty radioelektroniczne przeciwnika powietrznego.

Właściwe określenie głównych cech wrażliwości obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego na oddziaływanie naszych środków ORe zależy również od: możliwości rozpoznania obiektów w odpowiednim czasie; znajomości współrzędnych obiektu radioelektronicznego przeciwnika powietrznego; możliwości manewrowych obiektu radioelektronicznego przeciwnika powietrznego; skuteczności wybranego sposobu i rodzaju zakłóceń przez własne środki ORe.

Przeprowadzona analiza sytuacji radioelektronicznej stanowi podstawę do podjęcia decyzji o obezwładnianiu radioelektronicznym przeciwnika powietrznego.

1.2. Model systemu obezwładniania radioelektronicznego

Dezorganizacja procesu dowodzenia wojskami i sterowania środkami rażenia przeciwnika powietrznego w dużej mierze zależy od dobrze zorganizowanego i sprawnie funkcjonującego systemu obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK. Przez system obezwładniania radioelektronicznego /SORE/ będziemy rozumieć zbiór sił i środków rozmieszczonych w odpowiedni sposób w ugrupowaniu bojowym wojsk OPK i powiązanych funkcjonalnie ze sobą, w celu prowadzenia aktywnych zakłóceń radioelektronicznych środków dowodzenia wojskami i sterowania uzbrojeniem przeciwnika powietrznego.

W tak zdefiniowanym systemie wyróżniono elementy organizacyjne, - siły i środki oraz ich rozmieszczenie w ugrupowaniu wojsk OPK - i funkcjonalne, związane z realizacją zadań i określonych przedsięwzięć, które omówione zostaną w dalszej części niniejszego opracowania.

1.2.1. Elementy systemu obezwładniania radioelektronicznego

Do prowadzenia obezwładniania radioelektronicznego systemów i środków radioelektronicznych ŚNP przeciwnika przeznaczony jest pułk zakłóceń radioelektronicznych wojsk OPK, który stanowi zasadniczy element SORe.

Uwzględniając ciągle i systematyczne doskonalenie pułku zakłóceń radioelektronicznych oraz jego pododdziałów zarówno pod względem unowocześniania bazy technicznej, jak i modernizacji struktur organizacyjnych, za punkt wyjściowy do przeprowadzenia badań przyjęto model organizacyjny pułku według proponowanej przez autora koncepcji.

W myśl tej koncepcji, w skład pułku zakłóceń radioelektronicznych powinny wchodzić: dowództwo i sztab; stanowisko dowodzenia; trzy bataliony zakłóceń radioelektronicznych; kompania remontowa; kompania lub pluton zabezpieczenia.

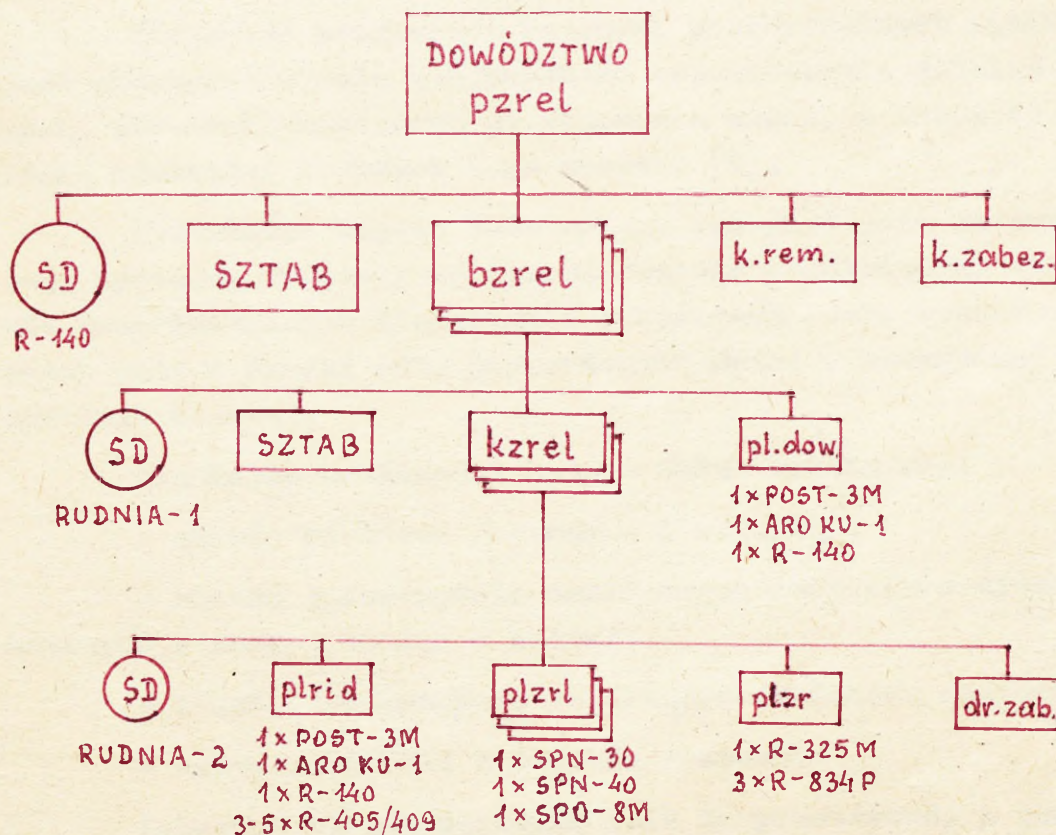
Dowództwo i sztab realizuje określone przedsięwzięcia w zakresie organizacji i prowadzenia dowodzenia podległymi siłami i środkami pułku zakłóceń radioelektronicznych.

Stanowisko dowodzenia jest miejscem, z którego dowódca pułku kieruje działaniami bojowymi podległych pododdziałów zakłóceń radioelektronicznych.

Bataliony zakłóceń radioelektronicznych są pododdziałami taktycznymi przeznaczonymi do obezwładniania RE systemów i środków pokładowych samolotów i bezpilotowych środków przeciwnika wykorzystywanych do łączności, nawigacji, rozpoznania celów naziemnych i celnego użycia bomb oraz rakiet klasy powietrze-ziemia.

Kompania remontowa oraz kompania /pluton/ zabezpieczenia są pododdziałami zabezpieczającymi działania bojowe pułku oraz utrzymanie wysokiego poziomu technicznego sprzętu.

Strukturę organizacyjną pułku zakłóceń radioelektronicznych oraz podstawowe wyposażenie poszczególnych pododdziałów przedstawiono na rysunku 1.



Lp	Typ wyposażenia	Ilość
1	SPN-30	27
2	SPN-40	27
3	SPO-8M	27
4	R-834P	27
5	R-325M	9
6	POST-3M	10
7	ARO KU-1	10
8	R-140	13
9	R-405/409/M	27-45
10	RUDNIA 1 i 2	12

Rys. 1. Struktura organizacyjna i podstawowe wyposażenie pzrel

1.2.2. Możliwości bojowe systemu obezwładniania radioelektro- nicznego

Znajomość możliwości bojowych poszczególnych ogniw SORe jest niezbędne w celu racjonalnego organizowania działań bojowych, stawiania możliwych do wykonania zadań, a także do określania zdolności bojowych tego systemu [4].

Możliwości bojowe SORe należy rozumieć jako potencjał tego systemu, wyrażony za pomocą zespołu uogólnionych wskaźników umożliwiających ilościową i jakościową ocenę wykonania przez siły i środki SORe postawionych zadań w konkretnej sytuacji bojowej.

Oceniając możliwości bojowe SORe określa się:

- strefę zakłóceń /wymaganą i możliwą/;
- liczbę jednocześnie zakłócanych obiektów radioelektro-
nicznych /inaczej mowiąc - celów/;
- liczbę jednocześnie osłanianych obiektów naziemnych;
- manewrowość sił i środków systemu.

Wymagana strefa zakłóceń jest to przestrzeń, w granicach której zapewnia się skuteczne zakłócanie pokładowych urządzeń radioelektronicznych przeciwnika powietrznego.

Należy dążyć do tego, aby przednia granica strefy zakłóceń znajdowała się w odległości przekraczającej rubież wykrycia osłanianego obiektu przez pokładową RLS obserwacji powierzchni ziemi, a tylna granica znajdowała się na rubieży wykonania zadania przez przeciwnika powietrznego. Uniemożliwi to, bądź w znacznym stopniu utrudni, przeciwnikowi wykrycie i celne niszczenie osłanianego obiektu.

Przykład wymaganej strefy zakłóceń środków radiolokacyjnych przedstawiono na rysunku 2.

Na wymaganą strefę zakłóceń największy wpływ ma zasięg wykrywania obiektów naziemnych przez pokładowe RLS, a także rubież rozpoczęcia zakłóceń przez stacje zakłóceń SORe.

Zasięgi wykrywania obiektów naziemnych przez pokładowe RLS są różne, zależą one od wartości ekwiwalentnej powierzchni odbijającej obserwowanych obiektów naziemnych /tabela 1/. Wartości tej powierzchni zależą od wymiarów, kształtu, materiałów z jakich wykonany został obiekt oraz długości fali roboczej pokładowych stacji radiolokacyjnych.

Tabela 1.

Lp.	Nazwa obiektu	Średnia wartość skutecznej powierzchni odbicia /m ² /	Powierzchnia obiektu /m/	Odległość wykrycia na tle przedmiotów terenowych /km/
1.	Duży ośrodek przemysłowy z węzłem kolejowym	$1,3 \cdot 10^5$	3000x3000	35-40
2.	Dwa mosty żelazne oddalone od siebie o 45 m	$4,6 \cdot 10^5$	45x350	40
3.	Most żelazny kolejowy jednokierunkowy	$2,4 \cdot 10^5$	8x810	40
4.	Rafineria naftowa, elektrownia wodna	$1,1 \cdot 10^5$	700x1200	45
5.	Dywizjon raketowy na pozycji rozbudowanej pod względem inżynieryjnym	$7,5 \cdot 10^4$	3000x3000	40-50
6.	Lotnisko z betonowym pasem startowym	$62 \cdot 10^4$	3000x2500	45
7.	Mala stacja kolejowa	$4,4 \cdot 10^4$	100x1000	30
8.	Drogowy most żelbetowy	$7 \cdot 10^4$	10x500	40
9.	Elektrownia atomowa	$5,4 \cdot 10^4$	600x700	40-45
10.	Zgrupowanie wojskowego sprzętu technicznego /czołgi, samochody itp./	$1,5 \cdot 10^3$	1000x1000	40

Rubież rozpoczęcia zacięć przez naziemne stacje zakłócające jest to odległość będąca miejscem geometrycznym możliwych położzeń celu powietrznego /obiektu radioelektronicznego/, która względem osłanianego obiektu naziemnego uwarunkowana jest niezbędnym czasem potrzebnym załodze samolotu od momentu włączenia pokładowej RLS aż do rubieży wykonania zadania [5].

Rubież tę można obliczyć wykorzystując następujący wzór

$$R_{rz} = V_c \cdot t_s + D_{wz} \quad /1/$$

gdzie:

- R_{rz} - rubież rozpoczęcia zacięć [m];
- V_c - prędkość celu powietrznego [m/s];
- D_{wz} - rubież wykonania zadania [m];
- t_s - sumaryczny czas potrzebny załodze samolotu do wykonania czynności od momentu włączenia pokładowej RLS do rubieży wykonania zadania.

$$t_s = t_w + t_{oiw} + t_{kb} + t_{piz} \quad /2/$$

gdzie:

- t_w - czas potrzebny na włączenie pokładowej RLS [s];
- t_{oiw} - czas potrzebny na orientowanie i wyjście na kurs bojowy [s];
- t_{kb} - czas kursu bojowego [s];
- t_{piz} - czas potrzebny na celowanie i określenie momentu zrzutu bomby /odpalenie rakiety/ [s].

Rubież wykonania zadania można wyliczyć ze wzoru

$$D_{wz} = V_c \cdot \sqrt{\frac{2 H_c}{g}} - \Delta \quad /3/$$

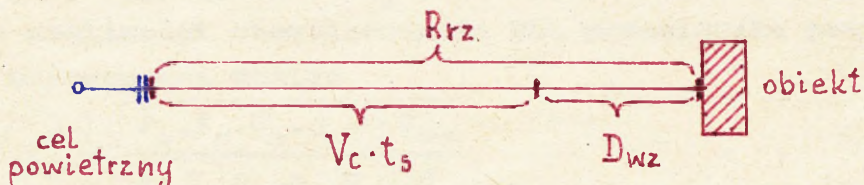
gdzie:

- H_c - wysokość lotu celu powietrznego [m];
- g - przyspieszenie ziemskie [m/s²];
- Δ - odchylenie środka rażenia^{2/} od obiektu [m].

2/ Najczęściej wielkość tego odchylenia wynosi około 0,25 wysokości lotu celu powietrznego.

Sumaryczny czas $/t_s/$ jest wielkością zmienną i zależy głównie od wyszkolenia pilota /załogi/. Z dostępnych danych wiadomo, że na pokonanie tego odcinka trasy przez cel powietrzny wymagany jest czas od 2 do 4 minut.

Rubież rozpoczęcia zakłóceń $/R_{rz}/$ można zilustrować w sposób następujący



Uwzględniając powyższe, należy oczekiwać, że odległość rubieży rozpoczęcia zakłóceń będzie zawierać się w granicach

$$R_{rz \min} \leq R_{rz} \leq R_{rz \max} \quad /4/$$

gdzie:

$$R_{rz \min} \geq V_c \cdot /t_{kb} + t_{piz}/ + D_{wz} \quad /5/$$

natomiast

$$R_{rz \max} \leq V_c \cdot t_s + D_{wz} \quad /6/$$

Możliwa strefa zakłóceń jest to obszar, w którym moc zakłóceń przewyższa moc sygnału użytecznego na wejściu urządzenia odbiorczego pokładowej stacji radiolokacyjnej dla danego typu stacji zakłóceń.

Możliwą strefę zakłóceń można obliczyć wykorzystując znaną zależność równania przeciwdziałania radioelektronicznego dla zakłóceń czynnych^{3/}.

3/ S. Wakin, L. Szustow, "Zasady przeciwdziałania radioelektronicznego", s. 89.

$$K_z = \left(\frac{P_z}{P_s} \right)_{\text{wej}} = \frac{P_z \cdot G_z \cdot 4 \cdot \pi \cdot D_s^2}{P_s \cdot G_s \cdot G_c \cdot D_z^2} \cdot F^2 / \theta_z \cdot \phi_s / \frac{\Delta f_o}{\Delta F_z} \cdot \gamma_z \cdot 10^{0,1 \alpha / 2 D_s - D_z}$$

Z powyższego równania, po dokonaniu uproszczeń można otrzymać wzór na zasięg zakłóceń D_z , który wykorzystuje się do obliczania możliwości obezwładniania RLS przeciwnika powietrznego. Ma on następującą postać

$$D_z = \sqrt{\frac{P_s \cdot t_s \cdot G_s \cdot G_c \cdot \Delta f_{wz}}{4 \cdot \pi \cdot P_z \cdot G_z \cdot N_{nz} \cdot K_z}}$$

SPD-8 / 8 /
SAN-80
SPN-56

gdzie:

- P_s - moc sygnału użytecznego;
- t_s - czas trwania sygnału użytecznego;
- G_s - zysk kierunkowy anteny sygnału użytecznego;
- G_c - skuteczna powierzchnia odbicia obiektu;
- Δf_{wz} - szerokość widma zakłóceń;
- P_z - moc zakłóceń;
- G_z - zysk kierunkowy anteny stacji zakłóceń;
- N_{nz} - liczba nadajników zakłóceń;
- K_z - mocowy współczynnik skutecznych zakłóceń.

W praktyce dążyć należy do tego, aby możliwa strefa zakłóceń SORe była większa lub równa wymaganej strefie zakłóceń.

Liczba jednocześnie zakłócanych obiektów radioelektronicznych zależy od: liczby stacji zakłóceń N_z biorących udział w osłonie radioelektronicznej obiektu naziemnego, współczynnika jednoczesnego wykorzystania stacji zakłóceń K oraz prawdopodobieństwa obezwładnienia obiektu radioelektronicznego przeciwnika powietrznego P_o . Określa się ją z zależności

$$N_o = N_z \cdot K \cdot P_o$$

Nie zawsze wartość N_o określa się dla wszystkich środków SORe, biorących udział w osłonie radioelektronicznej obiektu naziemnego. W obliczeniach uwzględnia się tylko te środki, które mogą być wykorzystane podczas nalotu SNP na określonym kierunku.

I tak na przykład, jeżeli do osłony radioelektronicznej wykorzystywane są siły i środki SORe rozmieszczone w sposób obiektowy, to współczynnik jednoczesnego wykorzystania stacji zakłóceń wynosi $\frac{2}{3}$, natomiast przy rozmieszczeniu sił i środków SORe w sposób strefowy, współczynnik ten wynosi 1, [3],[5].

Jak wskazują wyniki ćwiczeń oraz badania poligonowe, aby można było mówić o dużej skuteczności prowadzonych przez SORe zakłóceń, prawdopodobieństwo obezwładnienia obiektu radioelektronicznego przeciwnika powietrznego P_0 powinno być bliskie jedności.

W przypadku pracy kilku pokładowych RLS o tych samych częstotliwościach oraz w przypadku znajdowania się ich w wiązce promieniowania energii elektromagnetycznej jednej stacji zakłóceń, należy uwzględniać współczynnik określający liczbę jednocześnie zakłócanych obiektów radioelektronicznych przez jedną stację zakłóceń $n_c^{4/}$.

Uwzględniając powyższy współczynnik, zależność /9/ przyjmie postać

$$N_c = N_z \cdot K \cdot P_0 \cdot n_c \quad /10/$$

Określając liczbę relacji łączności radiowej zarówno zakresu KF, jak i UKF, jaką SORe może jednocześnie zakłócić należy założyć, że pojedyncza stacja zakłóceń radiowych obezwładnia jedną relację radiową.

Liczba jednocześnie osłanianych obiektów naziemnych zależy od wielu czynników, do których można między innymi zaliczyć: ważność operacyjną obiektu; widzialność radiolokacyjną obiektu w danym rejonie; rozmiary geometryczne osłanianego obiektu; potrzebną liczbę stacji zakłóceń /SZ/ do osłony radioelektronicznej obiektu.

^{4/} Powyższy współczynnik, dotyczący liczby jednocześnie zakłócanych obiektów radioelektronicznych, jest adekwatny do zakłóceń radiolokacyjnych.

Podstawowym czynnikiem mającym decydujący wpływ na liczbę jednocześnie osłanianych obiektów naziemnych jest potrzebna liczba stacji zakłóceń do osłony określonego obiektu.

Potrzebną /konieczną/ liczbę stacji zakłóceń do osłony obiektu wyznacza się określając:

1. wielkość minimalnej rubieży rozpoczęcia zakłóceń $/R_{rz \text{ min}}/$;
2. promień wysunięcia $/R_D/$ stacji zakłóceń od osłanianego obiektu;
3. przy zadanych wartościach wielkości $/R_D/$, $/G/$ oraz charakterystykach stacji zakłóceń i pokładowej stacji radiolokacyjnej, sektor przykrycia $/\theta/$ obiektu przez pojedynczą SZ;
4. minimalną niezbędną liczbę stacji zakłóceń do dookólnego przykrycia obiektu

$$n = \frac{360}{\theta} + 1 \quad /11/$$

przy czym θ - sektor przykrycia jednej stacji zakłóceń;

5. z uwzględnieniem oczekiwanych strat od środków OP, liczbę samolotów ze składu grupy, które mogą dolecieć do rubieży wykonania zadania $/D_{wz}/$

$$N_c = N_c' - M_c$$

gdzie:

- N_c - liczba samolotów, które mogą osiągnąć rubież wykonania zadania;
- N_c' - liczba samolotów w grupie;
- M_c - oczekiwana liczba samolotów zniszczonych przez OP;

6. konieczną liczbę stacji zakłóceń na jednej pozycji do obezwładniania pokładowych RLS wszystkich samolotów ze składu grupy

$$N_{sz} = \frac{N_c}{\alpha} \quad /12/$$

gdzie:

α - przepustowość stacji zakłóceń^{5/};

7. łączną /sumaryczną/ liczbę stacji zakłóceń /N/ potrzebną /konieczną/ do osłony obiektu

$$N = N_{sz} \cdot n \quad /13/$$

przy czym n - liczba pozycji.

Na tej podstawie, znając globalną liczbę stacji zakłóceń w SORe, można określić liczbę jednocześnie osłanianych obiektów naziemnych przez ten system.

Manewrowość sił i środków SORe jest to zdolność systemu do przejścia z położenia bojowego w marszowe, marsz do rejonu działań bojowych i osiągnięcie w nim gotowości bojowej.

Czas wykonania manewru / T_M / można obliczyć posługując się wzorem

$$T_M = t_z + t_m + t_r \quad /14/$$

gdzie:

t_z - czas zwiżania SORe [min];

t_m - czas wykonania manewru do nowego rejonu [min];

t_r - czas rozwijania SORe [min].

Przykładowe normy czasowe zwiżania i rozwijania wybranych elementów SORe przedstawiono w tabeli 2.

5/ Przepustowość niektórych stacji zakłóceń wynosi:

SPN - 30 od 3 do 5

SPN - 40 od 2 do 3

SPD - 8 od 1 do 2

Tabela 2.

Nazwa elementu SORe	Rozwijanie / min /				Zwijanie / min /			
	Czas na ocenę			W trudnych warunkach atmosferycznych nocą, zimą	Czas na ocenę			W trudnych warunkach atmosferycznych nocą, zimą
	5	4	3		5	4	3	
Pułk zakłóceń radioelektronicznych	210	220	240	+20	200	220	240	+20
Batalion zakłóceń radioelektronicznych	210	220	240	+20	200	220	240	+20
Kompania zakłóceń radioelektronicznych	210	220	240	+20	90	100	120	+20
Pluton zakłóceń radioelektronicznych	70	85	100	+10	50	55	60	+ 5
Pluton zakłóceń radiowych	200	210	230	+20	90	100	120	+20
Pluton rozpoznania i dowodzenia	60	75	85	+15	60	65	70	+ 5

Wartości wskaźników możliwości bojowych SORe wyznacza się w zależności od zaistniałych warunków, dla konkretnego ugrupowania bojowego systemu, określonej sytuacji taktycznej i radioelektronicznej oraz postawionego zadania.

1.2.3. Struktura systemu obezwładniania radioelektronicznego

Na strukturę systemu obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK składają się następujące elementy: ośrodek kierowania WRe CSD WOPK, grupa kierowania WRe SD korpusów OPK oraz ugrupowanie bojowe pododdziałów pułku zakłóceń radioelektronicznych.

Struktura SORe jest to odpowiednie rozmieszczenie jego elementów w ugrupowaniu bojowym wojsk OPK, które w głównej mierze zależy od takich czynników, jak: przewidywany charakter działań przeciwnika powietrznego oraz wojsk OPK; sytuacja

operacyjno-taktyczna i wynikająca z niej sytuacja radioelektroniczna; warunki terenowe, a w szczególności warunki propagacji fal elektromagnetycznych [4].

W każdym jednak wypadku struktura SORe powinna zapewniać: prowadzenie rozpoznania i zakłócania w całym systemie OPK lub na określonych kierunkach, możliwie na maksymalną odległość; koncentrację głównego wysiłku zakłóceń radioelektronicznych na wybranych kierunkach z możliwością przenoszenia go na inne kierunki bez zmiany struktury SORe; maksymalne wykorzystanie parametrów technicznych sprzętu oraz właściwości terenu; dobre warunki dowodzenia i organizacji współdziałania z innymi rodzajami wojsk systemu OPK, a w szczególności z systemem rozpoznania radioelektronicznego; kompatybilność elektromagnetyczną w pracy własnych środków i systemów radioelektronicznych.

Z dotychczas prowadzonych ćwiczeń z wojskami i aktualnie obowiązujących zasad prowadzenia WRe wynika, że poszczególne elementy SORe powinny rozmieszczać się w ugrupowaniu wojsk OPK w następujący sposób:

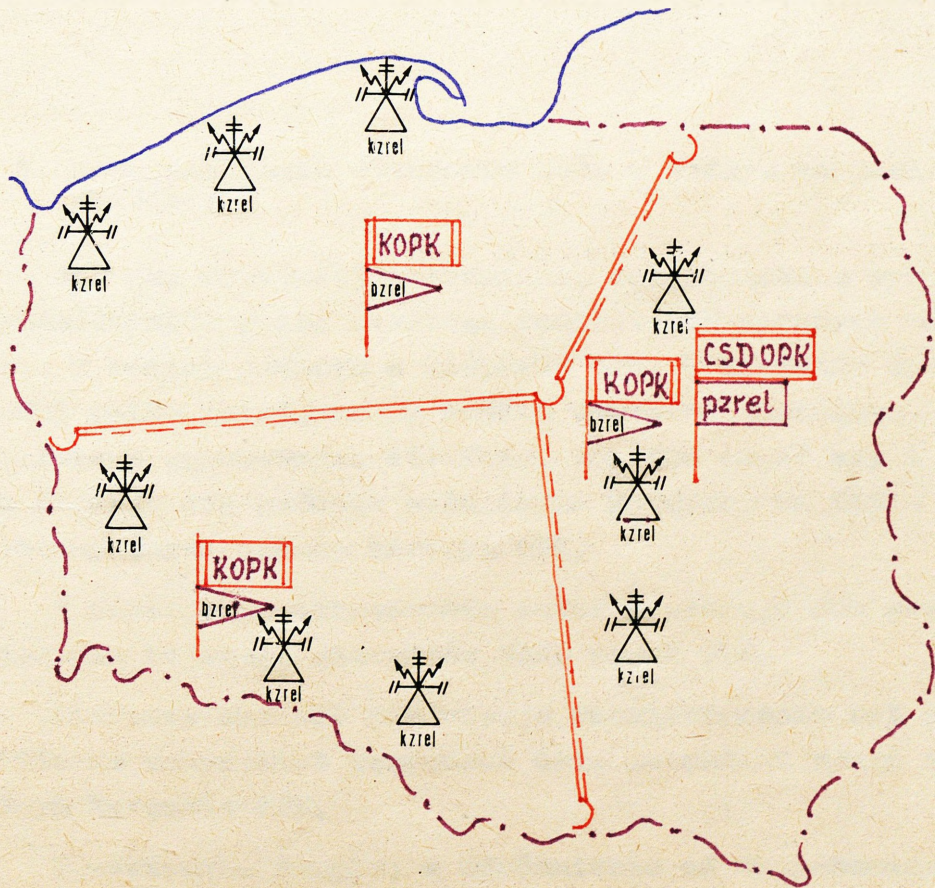
1/ ośrodek kierowania WRe WOPK, organizowany na bazie Wydziału WRe Oddziału Operacyjnego sztabu WOPK, wyposażony w odpowiednie środki łączności przewodowej do kierowania walką radioelektroniczną, rozmieszcza się w CSD WOPK;

2/ grupę kierowania WRe KOPK organizowaną z etatowych starszych oficerów d/s WRe w poszczególnych korpusach, którzy są pomocnikami szefów sztabów korpusów, wyposaża się w środki łączności przewodowej do kierowania pododdziałami pułku zakłóceń radioelektronicznych i rozmieszcza się w SD poszczególnych korpusów OPK;

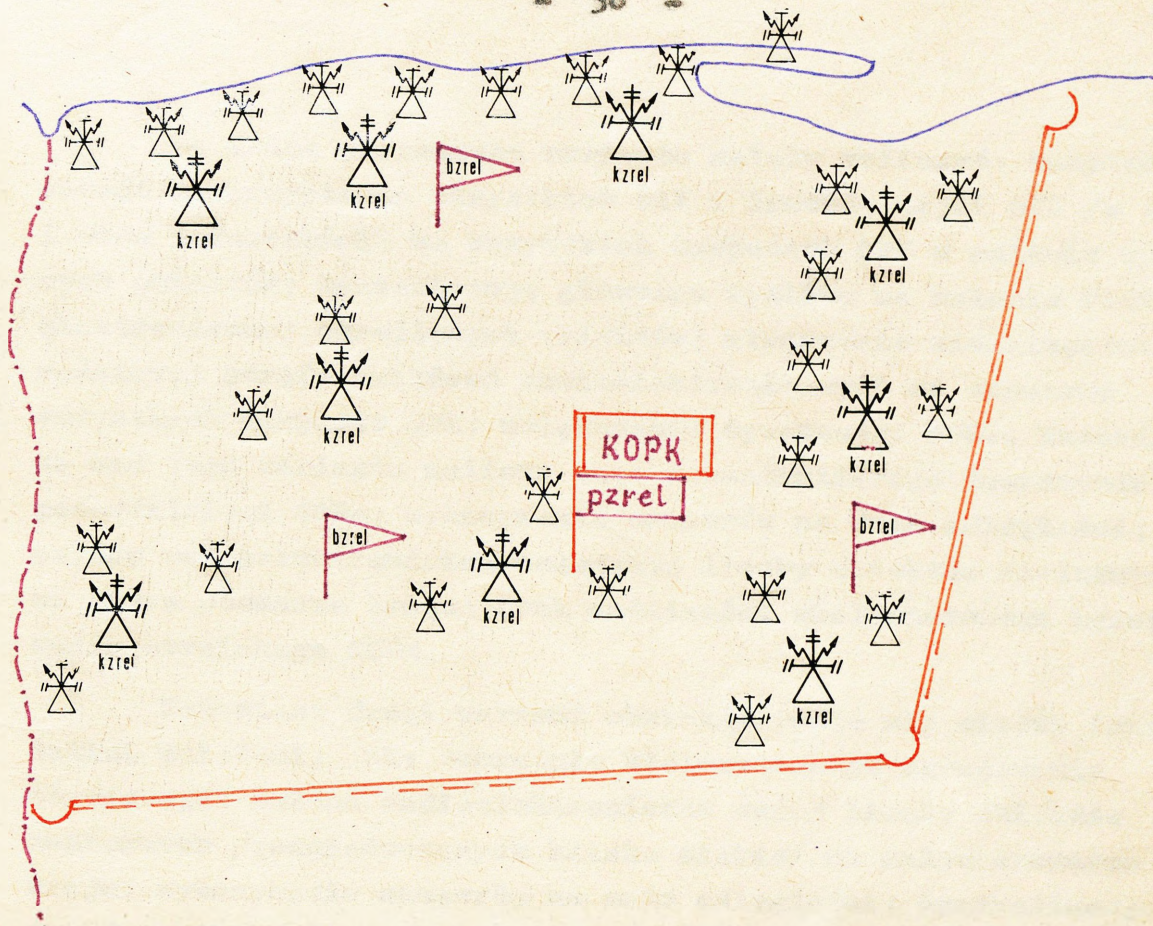
3/ pułk zakłóceń radioelektronicznych /w zależności od zaistniałej sytuacji operacyjno-taktycznej/ ugrupowuje się w rejonach obrony poszczególnych korpusów OPK lub w rejonie obrony jednego z korpusów OPK.

Aby wszystkie rodzaje wojsk OPK były wykorzystywane kompleksowo w prowadzeniu działań bojowych przez korpus OPK, należy ugrupowywać siły i środki SORe w rejonach obrony poszcze-

gólnych korpusów, a nie tylko w rejonie obrony jednego z nich, tak jak to miało miejsce w dotychczasowej praktyce. Tak więc w ugrupowaniu bojowym każdego z korpusów OPK winny znajdować się również pododdziały zakłóceń radioelektronicznych pułku; na przykład w każdym z korpusów OPK występowałby batalion z pułku zakłóceń radioelektronicznych, który wykonywałby określone zadanie w osłonie radioelektronicznej wybranych obiektów. Nie wyklucza się również innego wariantu wykorzystania pułku zakłóceń radioelektronicznych. Na przykład może to być wykonywanie zadań osłony radioelektronicznej określonych obiektów w ramach tylko jednego korpusu OPK. Praktyka taka ma miejsce w dotychczasowej działalności wojsk OPK. Propozycje nowych wariantów rozmieszczenia elementów SORe wojsk OPK przedstawiono na rysunkach 3 i 4.



Rys. 3. Rozmieszczenie elementów SORe w trzech korpusach wojsk OPK /Warianty/



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów SORe w jednym korpusie OPK /Wariant/

Jak już wcześniej wspomniano, dotychczasowe wykorzystanie pododdziałów pułku zakłóceń radioelektronicznych miało miejsce w ramach jednego z korpusów OPK. W korpusie tym siły i środki pułku rozwijane są wzdłuż wybrzeża morskiego, tworząc jednorzutowe ugrupowanie strefowe. Ponadto część sił i środków pułku rozwija się podczas osłaniania przepraw na Wiśle w rejonie obrony tegoż samego korpusu OPK.

W niniejszym opracowaniu autor proponuje dwa warianty ugrupowania bojowego elementów SORe wojsk OPK.

Pierwszy wariant przewiduje rozmieszczenie sił i środków SORe we wszystkich korpusach OPK, natomiast drugi tylko w jednym korpusie OPK.

W wariantcie drugim, w odróżnieniu od dotychczasowej praktyki, uwzględnione wielorzutowe ugrupowanie strefowe SORe na wybranych kierunkach operacyjno-powietrznych.

Do zalet pierwszego wariantu należy zaliczyć: kompleksowość wykorzystania wszystkich sił i środków wojsk OPK /w tym i SORe jednocześnie we wszystkich korpusach OPK w osłonie wybranych obiektów; koncentrację głównego wysiłku na osłonie radioelektronicznej określonych obiektów; utworzenie wieloczęstotliwościowej strefy zakłóceń radioelektronicznych na obszarze wszystkich korpusów OPK; zwiększenie żywotności SORe. Natomiast do wad tego wariantu zalicza się: decentralizację dowodzenia pododdziałami SORe; wykonywanie manewrów na duże odległości; osłonę radioelektroniczną mniejszej liczby obiektów naziemnych na dużym obszarze kraju; brak możliwości wielorzutowego ugrupowania strefowego SORe.

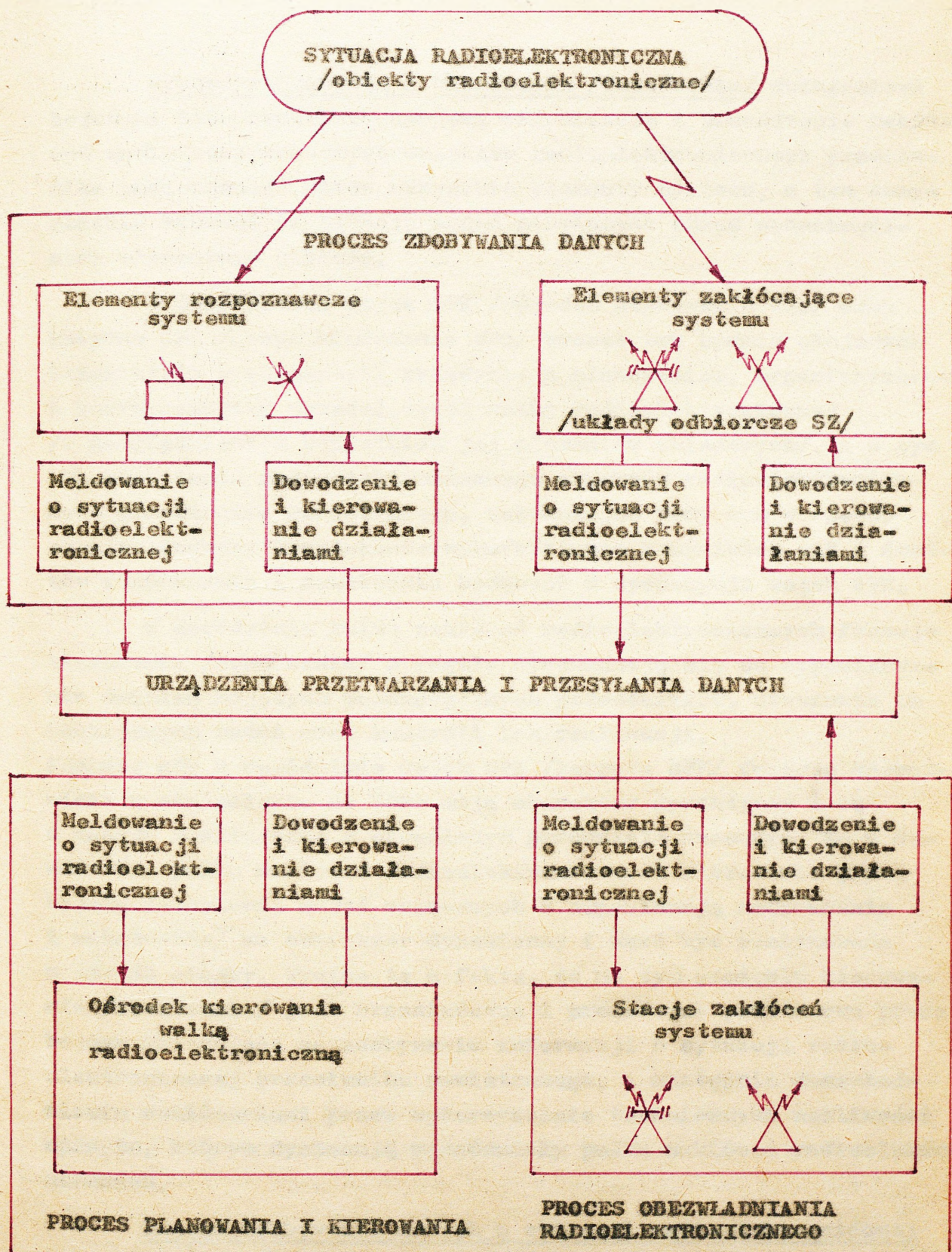
Natomiast drugi wariant charakteryzuje się między innymi, takimi zaletami, jak: tworzenie wielorzutowego ugrupowania strefowego; osłona radioelektroniczna dużej liczby obiektów naziemnych /rozmieyszczonych blisko siebie/ na małym obszarze kraju; wykonywanie manewrów na małe odległości; centralizacja dowodzenia pododdziałami SORe.

Do wad tego wariantu należy zaliczyć: wykorzystanie sił i środków SORe tylko w rejonie obrony jednego korpusu OPK; zmniejszenie żywotności SORe; zmniejszenie kompatybilności elektromagnetycznej w pracy urządzeń radioelektronicznych; obezwładnianie zakłóceniami mniejszej liczby ŚNP przeciwnika biorących udział w wykonaniu uderzeń na obszar całego kraju.

1.2.4. Funkcjonowanie systemu obezwładniania radioelektronicznego

System obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK realizuje zadania w zakresie planowania i dowodzenia /kierowania/, zdobywania danych o sytuacji radioelektronicznej oraz aktywnego obezwładniania radioelektronicznego obiektów przeciwnika powietrznego.

Schemat ideowy funkcjonowania systemu obezwładniania radioelektronicznego pokazano na rys. 5.



Rys. 5. Schemat funkcjonowania systemu obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK

Proces planowania i kierowania /dowodzenia/ działaniami bojowymi SORe umożliwia sprawną organizację i prowadzenie zakłóceń radioelektronicznych obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego przez wszystkie elementy systemu, a tym samym ułatwia sprawną realizację zadań stawianych przed poszczególnymi elementami systemu.

W dowództwach wojsk OPK /ośrodek kierowania WRe/ oraz korpusu OPK /grupa kierowania WRe/ proces ten będzie obejmował całokształt problematyki związanej z planowaniem, organizowaniem i koordynowaniem przedsięwzięć walki radioelektronicznej /z uwzględnieniem wszystkich jej elementów składowych/, a w tym obezwładniania radioelektronicznych obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego, zapewniając przy tym w sposób scentralizowany kompleksowe wykorzystanie wszystkich sił i środków rozpoznania i zakłócania będących w dyspozycji wojsk OPK.

W dowództwie pułku zakłóceń radioelektronicznych funkcje kierowania /dowodzenia/ z reguły sprowadzają się do organizowania działań bojowych poszczególnych pododdziałów, stawiania im konkretnych zadań oraz kontroli ich realizacji. Podczas gdy w dowództwie wojsk OPK /korpusu OPK/ funkcje kierownicze w odniesieniu do SORe mają charakter dyrektywny i są z zasady realizowane w określonym przedziale czasowym, to w dowództwie pułku zakłóceń radioelektronicznych kierowanie pracą bojową /stawianie zadań związanych z organizacją rozpoznania i zakłócania/ ma charakter dynamiczny i musi być realizowane w sposób ciągły. Wynika to z faktu, że na tym szczeblu kierowania /dowodzenia/ jest organizowana i prowadzona podstawowa praca bojowa polegająca na zdobywaniu informacji o sytuacji radioelektronicznej przeciwnika powietrznego, a następnie obezwładnianiu zakłóceniami przez wykorzystanie technicznych możliwości sprzętu, którym dysponują pododdziały pułku zakłóceń radioelektronicznych.

Proces zdobywania danych o sytuacji radioelektronicznej przeciwnika powietrznego w SORe realizowany jest wyłącznie przez elementy rozpoznawcze systemu, wyposażone w odpowiedni sprzęt.

Ponadto proces ten realizować mogą również układy odbiorcze znajdujące się na stacjach zakłóceń. Proces zdobywania danych o pracujących urządzeniach radioelektronicznych przeciwnika powietrznego, będących obiektami obezwładniania radioelektronicznego, oparty jest na wykorzystaniu obiektywnych zjawisk towarzyszących promieniowaniu energii elektromagnetycznej i odbywa się przez poszukiwanie radiowe i poszukiwanie radiolokacyjne.

Poszukiwanie radiowe jest to wykrywanie pracujących radiostacji w kierunkach lub sieciach radiowych przeciwnika powietrznego oraz określanie ich przydatności z punktu widzenia obezwładniania radioelektronicznego.

Poszukiwanie radiowe organizuje się z uwzględnieniem częstotliwości lub cech rozpoznawczych. Poszukiwanie z uwzględnieniem częstotliwości ma na celu rozpoznanie radiostacji pracujących w określonym zakresie fal radiowych i wykrycie spośród nich radiostacji przeciwnika powietrznego. Natomiast poszukiwanie z uwzględnieniem cech rozpoznawczych ma na celu odszukanie radiostacji, której cechy rozpoznawcze są już wcześniej znane.

Poszukiwanie radiolokacyjne polega na prowadzeniu ciągłej obserwacji przestrzeni powietrznej za pomocą środków radiolokacyjnych. Celem tego poszukiwania jest terminowe wykrycie i nieprzerwane śledzenie pracujących pokładowych stacji radiolokacyjnych umieszczonych na środkach napadu powietrznego przeciwnika, określenie ich aktualnego miejsca, a także innych charakterystyk przydatnych z punktu widzenia obezwładniania radioelektronicznego.

W warunkach szybko zmieniającej się sytuacji operacyjno-taktycznej, a przede wszystkim coraz bardziej powszechnego stosowania nowoczesnych technik utajniania informacji przez przeciwnika, dobrze zorganizowany i sprawnie funkcjonujący proces zdobywania danych o sytuacji radioelektronicznej jest niezbędnym elementem podejmowania optymalnych decyzji o zakłócaniu, rzutu-
jącym w sposób bezpośredni na skuteczność prowadzenia obezwładniania radioelektronicznego środków i systemów dowodzenia oraz kierowania uzbrojeniem przeciwnika powietrznego.

Ze względu na znaczenie, jakie ma w procesie obezwładniania radioelektronicznego znajomość danych o środkach i systemach radioelektronicznych przeciwnika powietrznego /obezwładniony może być tylko ten środek lub system, który wcześniej został rozpoznany/, szczególne miejsce w procesie zdobywania danych powinno znaleźć współdziałanie SORe wojsk OPK z pododdziałami rozpoznania radioelektronicznego, które dysponują znacznie większym potencjałem rozpoznawczym od pododdziałów zakłóceń. Problem ten został omówiony bardziej szczegółowo w podrozdziale dotyczącym bliższego otoczenia SORe.

W procesie aktywnego obezwładniania radioelektronicznego obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego następuje bezpośrednia konfrontacja dwóch przeciwstawnych sobie potencjałów radioelektronicznych. Z jednej strony - obiekty radioelektroniczne przeciwnika powietrznego, z drugiej zaś - aktywne środki ich obezwładniania radioelektronicznego. Sprawy przebieg tego procesu decyduje bezpośrednio o dezorganizacji dowodzenia i kierowania pokładowym uzbrojeniem przeciwnika powietrznego, a w konsekwencji o efektach całej walki /operacji/. O uzyskanych efektach obezwładniania radioelektronicznego decydują w głównej mierze siły i środki, a ściślej mówiąc - ilość i jakość aktywnych środków zakłócających oraz zasady ich wykorzystania.

Ponadto, jak wynika z dotychczasowej praktyki, przy istniejącej strukturze organizacyjnej i wyposażeniu technicznym równie istotnym czynnikiem decydującym o efektywności funkcjonowania jest czas reakcji systemu, mierzony od chwili rozpoznania pracy obiektu radioelektronicznego przeciwnika powietrznego do momentu rozpoczęcia jego aktywnego zakłócania.

Czas ten stanowi sumę czasów cząstkowych przeznaczonych na realizację kolejnych czynności takich, jak: przekazanie informacji o rozpoznanym obiekcie radioelektronicznym, wraz z niezbędnymi danymi, do odpowiedniego stanowiska dowodzenia; wstępna analiza na stanowisku dowodzenia i podjęcie decyzji o zakłócaniu rozpoznanego obiektu; przekazanie komendy o zakłó-

osniu do stacji zakłóceń; nastrojenie stacji zakłóceń na żadaną częstotliwość /w przypadku przekazania informacji o obiekcie radioelektronicznym z elementu rozpoznania SORe/; rozpoczęcie aktywnych zakłóceń.

Względniając możliwości podsystemu kierowania walką radioelektroniczną /PKWR/ "RUDNIA" w procesie aktywnego obezwładniania, czas niezbędny do wykonania poszczególnych czynności wynosi od kilku do kilkunastu, a niekiedy nawet do kilkudziesięciu sekund. Biorąc pod uwagę fakt, że czas pracy poszczególnych obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego waha się od kilkunastu sekund do kilku minut, z ciągłą tendencją zniżkową. Dążenie do skracania czasu reakcji SORe ma decydujące znaczenie. Jest rzeczą oczywistą, że mogą być zakłócone tylko te obiekty radioelektroniczne przeciwnika powietrznego, których czas pracy jest dłuższy od czasu reakcji SORe wojsk OPK.

Dlatego też zarówno struktura organizacyjna, jak i czas reakcji SORe zostały poddane przez autora badaniom, a wyniki i wnioski z nich wypływające przedstawiono w końcowej części pracy.

1.2.5. Otoczenie systemu obezwładniania radioelektronicznego

SORe wojsk OPK obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego funkcjonuje, podobnie jak każdy zdeterminowany system, w określonym otoczeniu [34], [16]. Otoczenie to w sposób umowny można podzielić na otoczenie bliższe i dalsze. Do otoczenia bliższego zaliczamy wojska własne - przełożeni, uczestnicy procesu prowadzenia walki radioelektronicznej /poszczególne rodzaje wojsk OPK/, a także warunki propagacji energii elektromagnetycznej.

Natomiast za otoczenie dalsze uważać będziemy przeciwnika powietrznego - jego środki i systemy radioelektroniczne wykorzystywane w procesie dowodzenia wojskami i kierowania uzbrojeniem pokładowym, a ściślej mówiąc ich aktywną pracę - promieniowanie energii elektromagnetycznej.

1.2.5.1. Otoczenie bliższe SORc

Z przeprowadzonej analizy zależności i wzajemnych sprzężeń występujących pomiędzy systemem obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK, a jego bliższym otoczeniem wynika, że zasadniczy wpływ na sprawność i niezawodność funkcjonowanie systemu wywierają dwa podstawowe czynniki. Są to zadania stawiane przez przełożonych oraz zapewnienie niezbędnych warunków do realizacji tych zadań. Warunki te wynikają ze specyfiki tego rodzaju oddziaływania na potencjał radioelektroniczny przeciwnika powietrznego.

Pierwszy warunek - rozpatrywany w dowolnie małych przedziałach czasu - ma charakter deterministyczny i jest ściśle związany z ogólnymi zadaniami realizowanymi przez wojska OPK. Istnieje również możliwość oddziaływania systemu na jego parametry.

Drugi warunek ma charakter probabilistyczny i jego parametry można określić z pewnym, nie zawsze bliżej znanym prawdopodobieństwem. Warunek ten jest ściśle związany z propagacją energii elektromagnetycznej, na którą bezpośrednio nie możemy oddziaływać. Natomiast za pomocą odpowiedniego rozmieszczenia elementów tego systemu możemy wpływać na bilans energetyczny sygnałów zakłócającego i zakłócanego, dobierając w danej sytuacji najbardziej korzystne rozwiązanie. Z warunkiem tym wiąże się również sprawność funkcjonowania innego systemu - systemu rozpoznania radioelektronicznego /SRRe/, a konkretniej mówiąc sprawności przekazywania zdobywanych przez SRRe informacji o obiektach radioelektronicznych przeciwnika powietrznego, niezbędnych w procesie obezwładniania radioelektronicznego.

W ostatnich latach w praktycznej działalności poświęca się temu problemowi wiele uwagi, przyjmując coraz bardziej racjonalne rozwiązania zarówno w dowództwie wojsk OPK /wydział WRe, oddział rozpoznawczy/, dowództwach korpusu OPK /starszy oficer d/s WRe, wydział rozpoznawczy/, jak i samych pododdzia-

łów zakłóceń radioelektronicznych oraz rozpoznania radioelektronicznego.

W dowództwie wojsk OPK oraz korpusu OPK oddział /wydział/ rozpoznawczy zapewnia dostarczenie ośrodkowi /grupie/ kierowania WRe niezbędne informacje o obiektach radioelektronicznych przeciwnika powietrznego. Ponadto powinien uczestniczyć w organizowaniu współdziałania między oddziałami /pododdziałami/ zakłóceń radioelektronicznych a oddziałami /pododdziałami/ rozpoznania radioelektronicznego, uwzględniając między innymi: rejony rozmieszczenia środków zakłóceń i rozpoznania radioelektronicznego; strefy i sektory zastrzeżone do promieniowania energii elektromagnetycznej; rejony, w których jest zabronione rozmieszczanie środków zakłócających; sposób przekazywania informacji o obiektach radioelektronicznych; zasady uprzedzania pododdziałów rozpoznania radioelektronicznego o miejscu i czasie stosowania zakłóceń przez pododdziały zakłóceń radioelektronicznych; sygnały współdziałania oraz sposób utrzymywania łączności między współdziałającymi pododdziałami.

W dowództwie oddziału /pododdziałów/ zakłóceń radioelektronicznych i rozpoznania radioelektronicznego zachodzi konieczność organizowania współdziałania, które powinno uwzględniać: rejony rozmieszczenia środków zakłóceń i rozpoznania radioelektronicznego; miejsca rozwinięcia SD poszczególnych pododdziałów; rozmieszczenie środków rozpoznania i zakłóceń w wypadku rozwijania ich w jednym wspólnym rejonie działań bojowych; siły i środki przeznaczone do organizacji łączności współdziałania; zasady wzajemnej wymiany informacji o obiektach radioelektronicznych przeciwnika powietrznego; sygnały współdziałania [38].

Ponadto z występujących wzajemnych sprzężeń i zależności między SORe a innymi rodzajami wojsk OPK wynika, że oprócz rozpoznania radioelektronicznego bardzo ważne znaczenie mają również wojska radiotechniczne /WRT/, które umożliwiają korzystanie oddziałom /pododdziałom/ zakłóceń radioelektronicznych z aktualnej informacji o ŚNP przeciwnika.

Bezpośrednią informację z rozpoznania radiolokacyjnego prowadzonego przez WRT uzyskuje się wówczas, kiedy SD pułku /batalionu/ zakłóceń radioelektronicznych jest rozmieszczone na SD korpusu oraz SD batalionu /kompanii/ na PISD.

Pododdziały zakłóceń radioelektronicznych, których SD nie są rozmieszczone na PISD uzyskują informację radiolokacyjną z własnych stacji radiolokacyjnych lub z WRT przez uszczelnienie na SD kompanii odbiornika radiowego pracującego na częstotliwości radiowej sieci powiadamiania albo kierunku meldowania^{6/}.

Informację o sytuacji radioelektronicznej uzyskuje się również z własnych środków rozpoznania i zakłócania radioelektronicznego. Odbywa się to przez przekazanie ze stacji rozpoznania systemów radiolokacyjnych typu POST-3M i stacji zakłóceń radiolokacyjnych typów SPO-8M, SPN-30, SPN-40 danych o obiektach radioelektronicznych. Ponadto przekazuje się z aparatuwni radioodbiornych /ARO/ typu KU-1 i stacji zakłóceń radiowych typu R-834P, R-325M dane o obiektach radioelektronicznych prowadzących wymianę korespondencji radiowej w powietrznych sieciach i kierunkach dowodzenia.

Do otoczenia bliższego SORe można zaliczyć też pozostałe rodzaje wojsk OPK, tj. wojska raketowe i lotnictwo myśliwskie. Jednak ze względu na zbyt małe powiązanie z procesem obezwładniania radioelektronicznego zostały one celowo pominięte w niniejszym opracowaniu.

Pominięcie WR i LM na pewno nie wyczerpuje problemu w całości, niemniej jednak daje uzasadnione podstawy do podejmowania prób rozwiązywania tych zagadnień w praktyce.

1.2.5.2. Otoczenie dalsze SORe

Zgodnie z przyjętym podziałem do otoczenia dalszego SORe należy zaliczać przeciwnika powietrznego, a konkretniej mówiąc jego środki i systemy radioelektroniczne dowodzenia

^{6/} "Instrukcja pracy bojowej oficerów rozpoznawczych WOPK szczebla taktycznego", DWOPK Warszawa 1985.

i wykorzystywane w sterowaniu pokładowym uzbrojeniem. Te właśnie środki stanowią przedmiot oddziaływania badanego systemu.

Praca środków i systemów radioelektronicznych dowodzenia i sterowania przeciwnika powietrznego ma charakter stochastyczny, a ich parametry są bardzo trudne do określenia, gdyż zależą wyłącznie od działalności przeciwnika. Niemniej jednak biorąc pod uwagę ich dotychczasowe wykorzystywanie przez przeciwnika powietrznego, możemy pracę tę, z określonym prawdopodobieństwem, przewidywać.

Wychodząc z założenia, że potencjalnym przeciwnikiem powietrznym będą 2 i 4 PTSP oraz SP CB i BZ, a także uwzględniając obowiązujące w siłach zbrojnych państw NATO zasady ich wykorzystania, możemy z pewnym prawdopodobieństwem określić obiekty obezwładniania radioelektronicznego, których zakłócenie stanowić powinno treść zadań stawianych przed SORe wojsk OPK. Obiektami tymi są aktywne środki radiolokacyjne i łączności radiowej KF i UKF pracujące w systemach dowodzenia wojskami /siłami powietrznymi/ oraz sterowania uzbrojeniem pokładowym.

Urządzenia radioelektroniczne stosowane w siłach zbrojnych państw NATO można podzielić na:

1. środki poszukiwania, wykrywania i śledzenia celów;
2. środki rozpoznania i obserwacji pola walki;
3. urządzenia naprowadzające środki walki na cele;
4. środki nawigacji powietrznej;
5. środki zakłócania /obezwładniania/, maskowania i dezinformacji;
6. środki łączności.

Środki radioelektroniczne odgrywają ważną rolę w prowadzeniu działań bojowych. Szczególne miejsce zajmują jednak te urządzenia, które są bezpośrednio związane z wykrywaniem i śledzeniem celów oraz naprowadzaniem na nie środków rażenia /samolotów, rakiet, pocisków/.

Na współczesnym polu walki funkcja radioelektroniki przekształca się z pomocniczej w wiodącą, decydując o skuteczności użycia niemal już wszystkich rodzajów uzbrojenia, co upoważnia do używania nazwy elektroniczne środki walki^{7/}.

Oceniając dotychczasowe doświadczenia w zakresie użycia radioelektroniki w ostatnich konfliktach zbrojnych można powiedzieć, że o wyniku przyszłych działań bojowych będzie decydowała nie tylko ilość sprzętu bojowego, ale przede wszystkim umiejętność wykorzystania elektronicznych środków walki [31].

Zasadnicze zadanie sprowadza się więc do tego, aby przez zakłócenia urządzeń radioelektronicznych udaremnić przeciwnikowi powietrznemu efektywne posługiwanie się uzbrojeniem.

Najwięcej środków radioelektronicznych znajduje się w sprzęcie lotniczym i raketowym. Współczesne samoloty bojowe są wyposażone w urządzenia radioelektroniczne tworzące całe kompleksy, do których zaliczyć można systemy: nawigacyjne, ostrzegania i przeciwdziałania radioelektronicznego, kierowania ogniem uzbrojenia pokładowego, zobrazowania danych oraz łączności.

Pokładowe systemy nawigacyjne samolotów składają się z systemów autonomicznych i nieautonomicznych. Do środków nawigacji autonomicznej są zaliczane: bezwładnościowe systemy nawigacyjne, pokładowe stacje radiolokacyjne /obserwacji przedniej, nawigacji topograficznej, dopplerowskie, wielofunkcyjne/, astrokompasy i radiowysokościomierze. Do systemów nieautonomicznych można zaliczyć środki odbiorczo-zapytujące, odbiorczo-wskaźnikowe i inne pracujące w systemach bliskiej i dalekiej nawigacji.

W skład systemu ostrzegania i przeciwdziałania radioelektronicznego, czyli pokładowych środków walki radioelektronicznej, wchodzi wszystkie urządzenia techniczne służące do rozpoznania i zakłócania stacji kierowania ogniem środków obrony powietrznej. Jednym z podstawowych środków walki radioelektronicznej są urządzenia przeznaczone do wykrywania i ostrzegania.

7/ "Pokładowe systemy radioelektroniczne sił powietrznych państw NATO w zabezpieczaniu działań bojowych lotnictwa" DWOPK, 1986.

Poza tym środki wykrywania i ostrzegania służą do sterowania pracą nadajników zakłóceń.

Systemy kierowania ogniem uzbrojenia pokładowego przeznaczone do rażenia celów zarówno powietrznych, jak i naziemnych w dużym zakresie wykorzystują pokładowo stacje radiolokacyjne. Stacje te znalazły szerokie zastosowanie w naprowadzaniu i odpalaniu rakiet. Najszersze zastosowanie znalazło półaktywne samonaprowadzanie, wymagające podświetlenia celu przez pokładową RLS. Zaletą tego sposobu samonaprowadzania jest duży zasięg strzelania przy zastosowaniu pokładowych RLS o dostatecznie dużej mocy, a także możliwość działania w każdych warunkach atmosferycznych.

Bardzo ważnym elementem uzbrojenia każdego samolotu jest celownik, który umożliwia efektywne wykorzystanie uzbrojenia pokładowego. Jego podstawowym zadaniem jest umożliwienie przeprowadzenia celowania przy strzelaniu do celów powietrznych i naziemnych. Urządzenia celownicze umożliwiają także realizowanie wielu innych zadań, które zależą, między innymi od przeznaczenia samolotów, rodzaju środków rażenia oraz zakresu ich zastosowania. Biorąc powyższe pod uwagę, można wyróżnić zbiór zadań realizowanych przez urządzenia celownicze, a mianowicie: przeszukiwanie wybranego obszaru przestrzeni i wykrywanie obiektu powietrznego, rozpoznawanie obiektu jako celu, a także przechwytywanie i automatyczne śledzenie rozpoznawanego celu ataku oraz otwieranie ognia /jeśli są odpowiednie warunki do strzelania/. Wymienione zadania są charakterystyczne dla celowników myśliwskich i myśliwsko-bombowych. Celowniki te wyróżniają się uniwersalnością zastosowania. Umożliwiają one celowanie, określenie momentu otwarcia ognia, odpalenia pocisków raketowych czy zrzutu bomb.

W zależności od sposobu obserwacji, urządzenia celownicze można podzielić na: optyczne, radiolokacyjne, telewizyjne, laserowe oraz reagujące na podczerwień. Obecnie bardzo często są stosowane celowniki z podwójnym układem obserwacji, np. optycznym i radiolokacyjnym, radiolokacyjnym i na podczerwień.

Nowoczesne samoloty bojowe są wyposażone w kompleksowe zestawy nawigacyjno-celownicze, w skład których wchodzi, między innymi, wielofunkcyjne stacje radiolokacyjne.

Również we współczesnych samolotach bojowych rolę celowników radiolokacyjnych pełnią wielozadaniowe stacje radiolokacyjne, spełniające oprócz tego wiele innych funkcji.

Oprócz wyżej wymienionych systemów, współczesne samoloty sił powietrznych państw NATO są wyposażone w środki łączności radiowej dowodzenia, pracujące w zakresie fal ultrakrótkich oraz środki radiowe łączności dalekosiężnej pracujące w zakresie krótkofalowym.

W środki łączności, pracujące na falach UKF, są wyposażone wszystkie samoloty, natomiast w środki łączności radiowej zakresu KF - głównie samoloty lotnictwa transportowego, bombowego, rozpoznawczego i specjalnego.

Większość środków radiowych zakresu UKF pracuje w paśmie częstotliwości od 225 do 400 MHz. Pasmo to zostało wydzielone dla łączności w siłach powietrznych. Oprócz tego wykorzystuje się jeszcze pokładowe radiostacje zakresu UKF pracujące w paśmie od 100 do 156 MHz. Stosowane są one w samolotach transportowych oraz niektórych samolotach specjalnych.

Pokładowe środki łączności zakresu UKF są przeznaczone przede wszystkim do pracy w sieciach dowodzenia oraz w taktycznych sieciach kierowania lotnictwem, a także w sieciach współdziałania z wojskami lądowymi i w sieciach kierowania ruchem powietrznym.

Podstawowymi radiostacjami pokładowymi zakresu 225 do 400 MHz są AN/ARC-27, AN/ARC-34, AN/ARC-109 oraz warianty tych radiostacji, pracujące w systemach łączności dowodzenia i kierowania. Ich nadajniki mają moc antenową rzędu 10 W.

W dalszym ciągu doskonalą się środki łączności radiowej zakresu UKF do utrzymywania łączności na duże odległości /1200 do 2400 km/ w relacji "ziemia - powietrze", wykorzystując zasadę rozpraszania się fal w troposferze. Do środków radiowych pracu-

jących w ten sposób są zaliczane AN/ART-40 i AN/ART-42A. Nadajniki tych środków pracują w zakresie częstotliwości 225 do 400 MHz i mają moc do 1 kW.

Podstawowe środki łączności radiowej zakresu KF, stosowane w siłach powietrznych i lotnictwie sił morskich, pracują w paśmie częstotliwości od 2 do 30 MHz. Nowoczesne radiostacje posiadają nadajniki pracujące z jedną wstęgą boczną /SSB/ o mocy do 1 kW. Radiostacje te charakteryzują się zasięgiem do 6000 km i więcej, w zależności od wykorzystywanego rodzaju pracy i mocy.

Podstawowymi radiostacjami pracującymi w tym zakresie częstotliwości są AN/ARC-8, AN/ARC-21, AN/ARC-38, AN/ARC-50, AN/ARC-58, AN/ARC-68 oraz ich modernizowane warianty.

Charakterystyczną cechą współczesnych amerykańskich radiostacji zakresu KF, służących siłom powietrznym do łączności na duże odległości, jest wspólny człon nadawczo-odbiorczy i skokowe strojenie w całym zakresie częstotliwości. W radiostacjach stosuje się również przystawki małej częstotliwości do łączności cyfrowej, eliminując zakłócenia powstałe w wyniku przyjęcia fali z dużej odległości oraz zwiększające prędkość nadawania [31].

W siłach powietrznych głównych państw NATO obserwuje się, na niespotykaną dotąd skalę, zmianę ilościową, a przede wszystkim jakościową w środkach i systemach radioelektronicznych oraz ich dużą różnorodność i coraz to większy zakres wykorzystania. Pociąga te za sobą dynamiczny rozwój naszych systemów, zwłaszcza SRRe oraz SORe. Rozwój ten dotyczy sfery technicznej, zmian organizacyjno-strukturalnych oraz metod działania.

1.3. Uwarunkowania zewnętrzne i wewnętrzne systemu obywatel- nia radioelektronicznego

Jak wynika z celu badań, metodą umożliwiającą wszechstronną systemową ocenę możliwości SORe jest, między innymi, analiza systemowa.

W metodyce wojskowych badań naukowych znajdujemy sformułowanie, że ... analiza systemowa biera za podstawę podejście systemowe, tzn. traktowanie i rozpatrywanie badanego przedmiotu /zjawiska, procesu/ jako systemu... . Zwraca się również uwagę, że cechuje ją interdyscyplinarność, szerokie wykorzystanie modelowania oraz kojarzenia metod istniejących ze zobiektywizowanymi procedurami naukowymi [2], [33], [22].

Inne źródła eksponują podejście systemowe i interdyscyplinarność - jako cechy analizy systemowej. Interdyscyplinarność polega na wykorzystaniu teorii i praktyki z różnych dziedzin wiedzy wojskowej oraz na stosowaniu /łączeniu/ różnych metod badawczych. Często twierdzi się, że analiza systemowa stanowi system metod stosowanych w badaniach systemowych.

Tak czy inaczej można przyjąć, że analiza systemowa jest zarówno metodą - sposobem podejścia z punktu widzenia założeń badawczych, jak również metodą - sposobem postępowania /działania/ ze względu na stosowane w niej zobiektywizowane metody badawcze [2], [22].

Podstawowym założeniem badawczym w analizie systemowej, jako metodzie - sposobie podejścia, jest traktowanie przedmiotu badań jako systemu.

Z punktu widzenia celu badań - ... opracowanie metody oceny możliwości systemu obozwiadniania radioelektronicznego wojsk OPK na potrzeby symulacji komputerowej... - za wyborem analizy systemowej jako metody badawczej przemawiają głównie następujące czynniki:

- a/ wojska OPK prowadzą działania bojowe w określonym systemie zwanym systemem OPK;
- b/ system OPK składa się z określonych, dających się wyodrębnić elementów /podsystemów/;
- c/ system OPK posiada określone uwarunkowania zewnętrzne;
- d/ istnieje określona zależność między funkcjonowaniem systemu OPK jako całości, a funkcjonowaniem jego elementów /podsystemów/;

e/ badania systemu, także jego możliwości, prowadzi się z reguły na modelach, ponieważ nie ma warunków uwzględnienia wszystkich jego uwarunkowań zewnętrznych i wewnętrznych w praktyce szkoleniowej w czasie ćwiczeń.

Można więc stwierdzić, że przedmiotem badań jest klasyczny podsystem systemu OPK, co determinuje konieczność systemowego podejścia do badań, a więc zastosowanie analizy systemowej.

Można przyjąć, że w toku analizy systemowej występują z reguły trzy podstawowe etapy: formułowanie celów oraz założeń badawczych, zbudowanie modelu systemu, prowadzenie badań /głównie eksperymentów/ z modelem. Treść etapów oraz ich zakres zależy jednak zawsze od głównego celu badań oraz specyficznych właściwości badanego systemu /podsystemu/ [19], [33], [42].

Ze względu na cel badań przyjęto następującą procedurę /etapy/ oceny możliwości SORe wojsk OPK z zastosowaniem analizy systemowej.

1. Analiza identyfikacyjna SORe.

Jest to empiryczny etap badań polegających głównie na zbieraniu informacji o systemie na podstawie wniosków z ćwiczeń, dokumentów bojowych i instrukcji. Informacje te służą za podstawę do sformułowania istotnych cech systemu oraz założeń operacyjno-taktycznych prowadzenia badań.

2. Sformułowanie założeń operacyjno-taktycznych /wymagań/ metody oceny SORe.

Na tym etapie precyzuje się /formalizuje/ cel działań SORe, zasady funkcjonowania, strukturę oraz podstawowe uwarunkowania systemu /otoczenie bliższe i dalsze/. Formułuje się kryteria i wskaźniki oceny możliwości SORe wojsk OPK. Należy również sprecyzować wymagania dotyczące budowy modelu SORe.

3. Sformułowanie zasad, zakresu i treści prowadzenia badań /eksperymentów/ z modelem.

Na tym etapie precyzuje się w ogólnych zarysach kolejność i sposób postępowania w procesie prowadzenia badań z modelem, w celu określania /obliczania/ i wykorzystywania mierzalnych

wskaźników oceny możliwości SORe wojsk OPK. Istotne jest również ustalenie sposobu zobrazowania wyników obliczeń w formie dogodnej dla ich interpretacji i wykorzystania do oceny możliwości SORe.

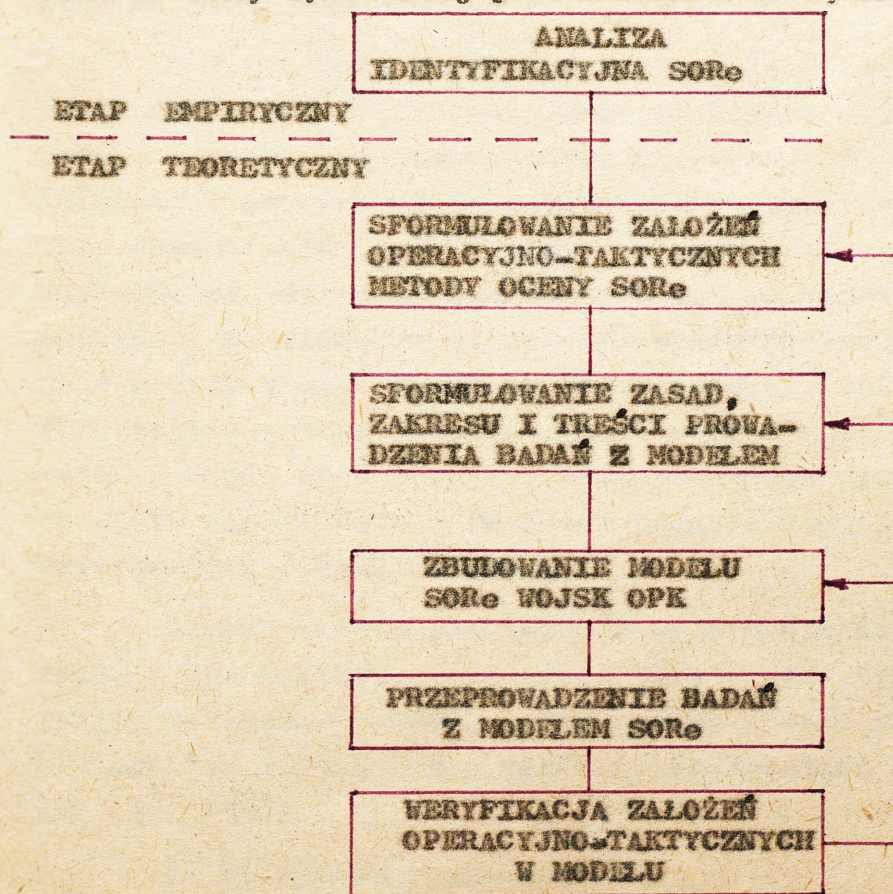
4. Zbudowanie modelu SORe wojsk OPK.

Budując model SORe należy dokonać wyboru metod i technik prowadzenia badań z modelem, zapewniających realizację przyjętych założeń operacyjno-taktycznych.

5. Prowadzenie badań z modelem na podstawie wybranych przykładów operacyjno-taktycznych.

6. Weryfikacja założeń operacyjno-taktycznych i budowa modelu na podstawie przeprowadzonych badań.

Procedurę oceny możliwości SORe wojsk OPK z zastosowaniem analizy systemowej przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Procedura oceny możliwości SORe wojsk OPK z zastosowaniem analizy systemowej

Takie podejście jest uogólnioną procedurą analizy systemowej podczas wypracowywania metody oceny możliwości systemu obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK. Poszczególne etapy badań muszą być powtarzane w przypadku otrzymania niezadowalających wyników. Natomiast po opracowaniu metody i jej weryfikacji podstawą wyboru i doskonalenia procesów decyzyjnych jest prowadzenie badań z modelem zgodnie z przyjętą procedurą. Z zastosowaniem analizy systemowej wiąże się więc ściśle wykorzystanie w badaniach modeli systemów. Natomiast prowadzenie badań z wykorzystaniem modeli nazywamy najczęściej modelowaniem [2].

Praktyczne zastosowanie metod modelowania wymaga rozwiązania dwóch zasadniczych problemów: zbudowania modelu adekwatnego do SORe oraz opracowania metody i zastosowanie odpowiednich narzędzi badawczych, pozwalających symulować działania bojowe SORe na podstawie modelu.

W tym ujęciu przez symulację należy rozumieć wielokrotne odtwarzanie sformalizowanej postaci modelu danego systemu za pomocą odpowiednio opracowanego algorytmu [18], w celu uzyskania informacji potrzebnej do metody oceny możliwości bojowych systemu obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK.

Najbardziej adekwatne dla systemu OPK są modele matematyczne, natomiast podstawowym narzędziem wykorzystywanym do ich badania jest elektroniczna technika obliczeniowa. Dlatego też najodpowiedniejszą metodą badania takich modeli jest symulacja komputerowa. Można więc przyjąć, że współczesna symulacja komputerowa stała się zarówno narzędziem badania modeli, jak i również wyodrębnioną metodą badawczą.

Bardzo ważnym problemem w wykorzystaniu metod systemowych, w tym analizy systemowej, jest trafny wybór takich elementów badanego systemu, które chcemy poddać analizie i ocenie. Dlatego też w SORe można wyróżnić następujące podsystemy /moduły/ [2], [33]:

- 1/ podsystem rozpoznania;
- 2/ podsystem dowodzenia;

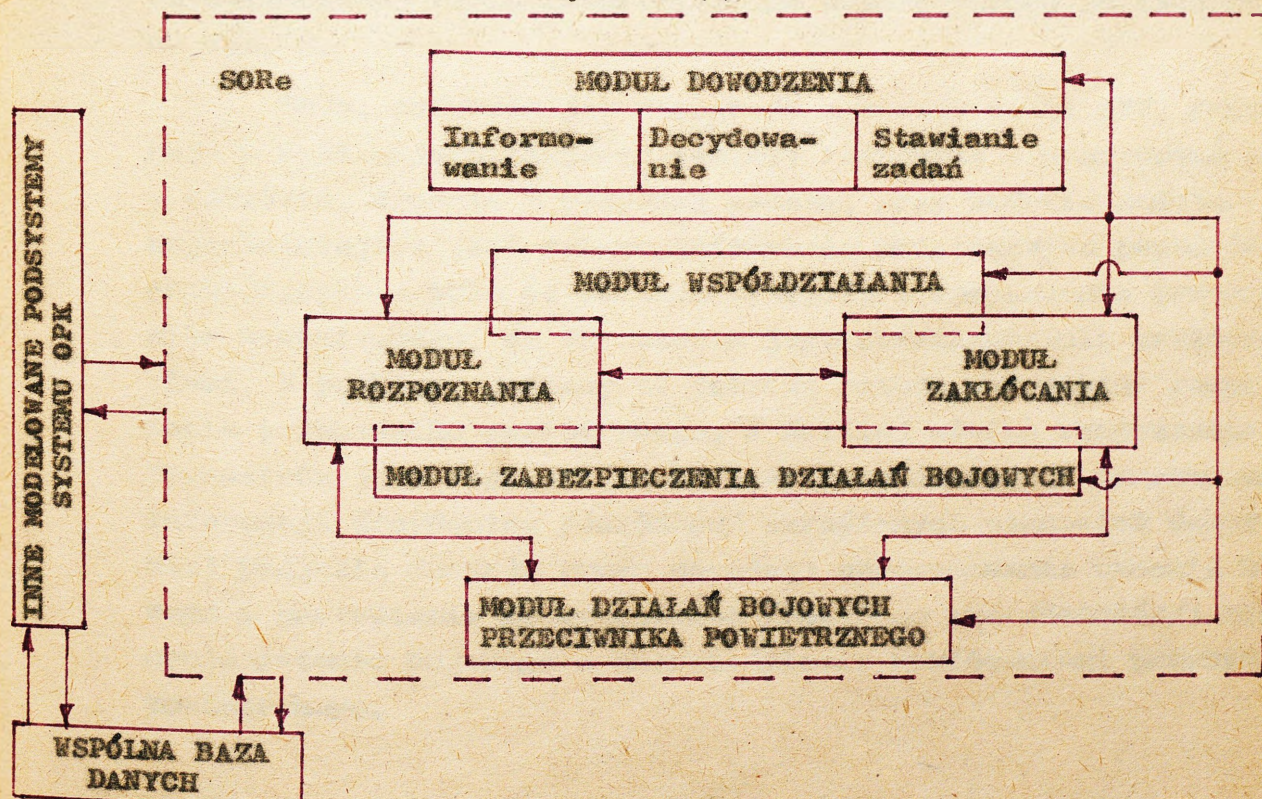
- 3/ podsystem bojowy - obozwiadnienia zakłóceniami;
- 4/ podsystem zabezpieczenia.

Jest to typowy podział wynikający ze struktury SORe wojsk OPK. Należy jednak dokonać wyodrębnienia podstawowych modułów zarówno ze strukturalnego, jak i funkcjonalnego punktu widzenia.

Dlatego też przyjęto, że w modelu SORe wojsk OPK wyróżnić się będzie następujące podstawowe moduły [2], [33]:

- 1/ moduł dowodzenia;
- 2/ moduł rozpoznania;
- 3/ moduł zakłócania;
- 4/ moduł współdziałania;
- 5/ moduł zabezpieczenia działań bojowych;
- 6/ moduł działań bojowych przeciwnika powietrznego.

Są to moduły, które powinny znaleźć odzwierciedlenie w modelu SORe wojsk OPK. Schemat struktury modelu SORe wojsk OPK przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Struktura modelu SORe wojsk OPK

Wyodrębniono moduły SORe wojsk OPK wiążą się ściśle ze strukturą organizacyjną danego systemu. Do podstawowych modułów, które w decydujący sposób wpływają na podsystem bojowy w tym systemie są: moduł rozpoznania i moduł zakłócania. Z tego względu każdy z tych modułów może stanowić odrębny komputerowy model symulacyjny /KMS/, a mianowicie:

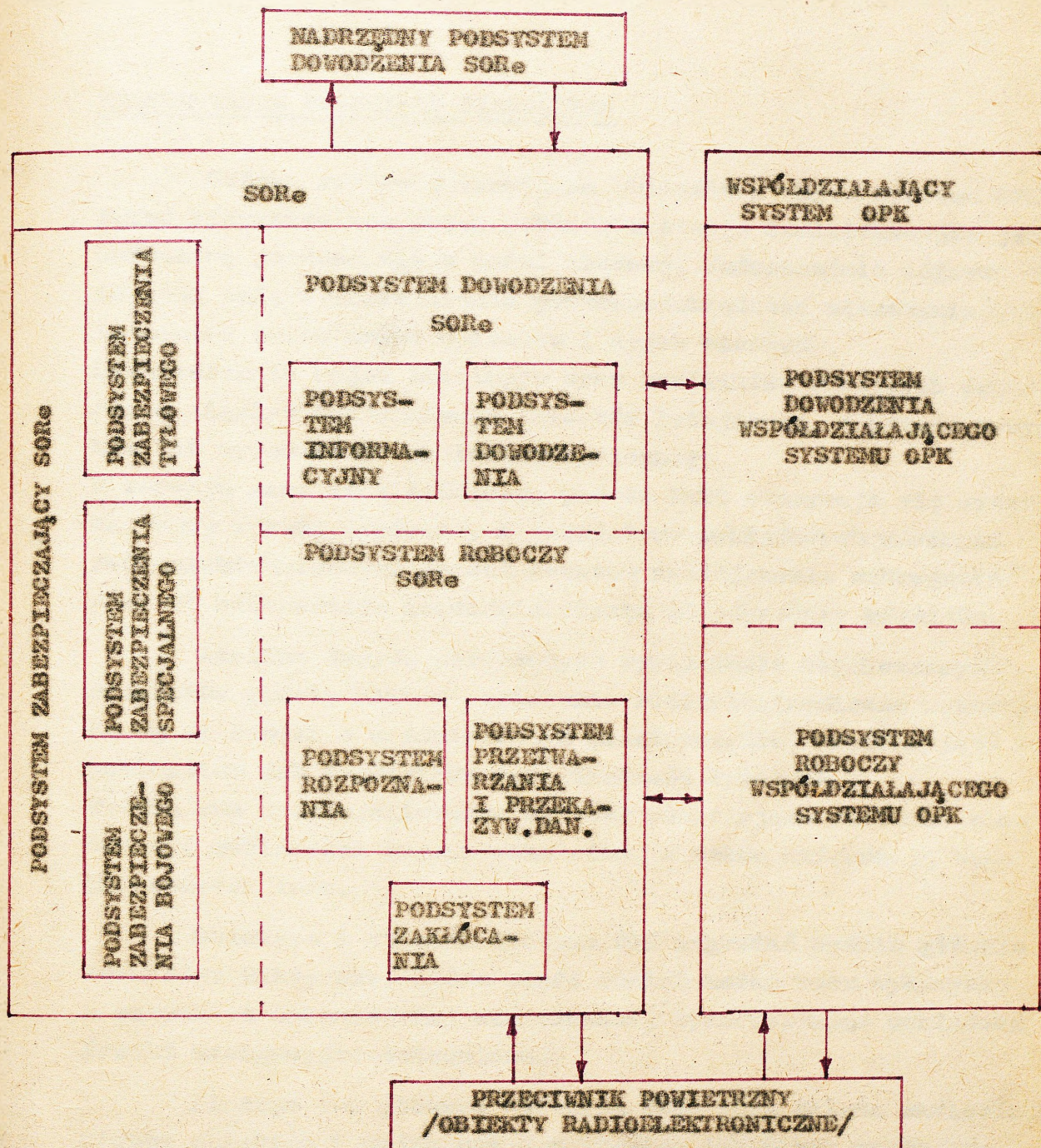
- KMS rozpoznania radioelektronicznego;
- KMS zakłócania /obezwładniania/ radioelektronicznego.

Moduły dowodzenia, współdziałania i zabezpieczenia działań bojowych wyróżniono natomiast ze względu na ich szczególne znaczenie w funkcjonowaniu SORe wojsk OPK.

Konieczne jest również uwzględnienie podstawowych warunków zewnętrznych SORe, a przede wszystkim zależności od nadrzędnego systemu dowodzenia oraz innych współdziałających podsystemów systemu OPK.

Współzależność warunków zewnętrznych z systemem obezwładniania radioelektronicznego przedstawiono schematycznie na rys. 8.

SORe, podobnie jak większość systemów walki OPK, funkcjonuje w myśl najogólniejszej zasady: rozpoznać - zdecydować - zakłócić. Zgodnie z powyższą zasadą, przy budowie modelu najistotniejsze jest zalgorytmizowanie podstawowych procesów zachodzących w SORe od momentu wykrycia i rozpoznania przeciwnika powietrznego, aż do momentu jego obezwładnienia zakłóceniami. W praktyce procesy te dotyczą przede wszystkim: rozpoznanie przeciwnika powietrznego, a ściślej mówiąc rozpoznania parametrów jego wyposażenia radioelektronicznego i przekazania informacji decydentom /dowódcom/ określonych stanowisk dowodzenia; podjęcie decyzji przez dowódcę; sprecyzowanie zadania bojowego i postawienie go wykonawcom /dowódcom pododdziałów/; wykonanie zadania bojowego - obezwładnienie zakłóceniami przeciwnika powietrznego.



Rys. 8. Schemat uwarunkowań zewnętrznych SORe wojsk OPK

Podstawowe algorytmy funkcjonowania proponowanego modelu systemu obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK przedstawiono w następnym rozdziale.

PODSUMOWANIE ROZDZIAŁU PIERWSZEGO

Osiłona radioelektroniczna obiektów i wojsk systemu OPK przed wykryciem ich przez pokładowe stacje radiolokacyjne jest dziedziną jeszcze nie w pełni zbadaną. Jednocześnie odgrywa ona istotną rolę w zmniejszeniu prawdopodobieństwa niszczenia przez lotnictwo przeciwnika obiektów i wojsk własnych. Doświadczenia wojen lokalnych oraz konfliktów zbrojnych świadczą o ciągłym doskonaleniu obiektów latających, a przede wszystkim ich wyposażenia radioelektronicznego. W rozwoju samolotów lotnictwa państw NATO obserwuje się systematyczny rozwój ilościowy i jakościowy pokładowych urządzeń radioelektronicznych /nawet kosztem zmniejszenia uzbrojenia/ - - aż do całkowitego usamodzielnienia pojedynczego samolotu.

Analiza danych dotyczących wyposażenia współczesnych samolotów państw NATO w urządzenia radioelektroniczne wskazuje, że są to środki o zróżnicowanym przeznaczeniu, zapewniające ich nosicielom jak największą samodzielność działania. Tworzą one wyspecjalizowane systemy pozwalające znacznie rozszerzyć możliwości bojowe samolotów, a także zwiększają bezpieczeństwo lotu.

Obiektom i wojskom systemu OPK zagrażać będzie głównie lotnictwo taktyczne, które część swoich zadań może wykonywać w warunkach ograniczonej widoczności, wykorzystując pokładowe środki nawigacyjno-celownicze.

Dlatego też głównym zadaniem SORe jest osłona radioelektroniczna obiektów i wojsk przed wykryciem ich przez pokładowe stacje radiolokacyjne będące podstawową częścią składową środków nawigacyjno-bombardierskich lotnictwa przeciwnika. Osłonę radioelektroniczną organizuje się za pomocą celowo wygenerowanych sygnałów zakłóceń, które uniemożliwiają lub w znacznym stopniu utrudniają zobrazowanie obiektu na wskaźniku pokładowej RLS. Nawet słabe sygnały zakłóceń /o mocy mniejszej od mocy sygnału użytecznego/ powodują pogorszenie jakości działania pokładowych urządzeń przeliczających i wykonawczych, a to ozna-

cza pogorszenie celności bombardowania lub odpalenia rakiet klasy powietrze-ziemia, a tym samym zmniejszenie prawdopodobieństwa wykonania zadania przez ŚNP przeciwnika,

Zadania osłony radioelektronicznej obiektów i wojsk mogą wykonywać jedynie wyspecjalizowane siły i środki, które w wojskach OPK wchodzi w skład systemu obezwładniania radioelektronicznego. Jego elementami roboczymi /wykonawczymi/ są stacje zakłóceń wytwarzające sygnały zakłóceń o częstotliwości pracy pokładowych środków radioelektronicznych i wypromieniowujące je w kierunku miejsca położenia ŚNP - nosiciela zakłócanego obiektu radioelektronicznego.

W trakcie osłony radioelektronicznej obiektów lub wojsk istnieje możliwość oddziaływania na efekty zakłóceń przez dostosowanie warunków funkcjonowania SORe do zaistniałej sytuacji powietrznej i radioelektronicznej.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że hipoteza o celowości zastosowania analizy systemowej jako metody umożliwiającej kompleksową i systemową ocenę możliwości bojowych SORe wojsk OPK jest słuszna.

Uzasadniając potrzebę zastosowania analizy systemowej do rozwiązywania tych problemów, starano się wyeksponować jej znaczenie z dwóch punktów widzenia: jako metody - sposobu podejścia i jako metody - sposobu działania.

Analiza systemowa, jako metoda - sposób podejścia, determinuje konieczność uwzględniania podstawowych zasad badań systemowych, z których najważniejsze jest traktowanie przedmiotu badań jako systemu. Rezultatem takiego podejścia do rozwiązywania podstawowego problemu badawczego było sprecyzowanie uwarunkowań zewnętrznych i wewnętrznych SORe, wyodrębnienie jego zasadniczych elementów oraz sformułowanie celów i zasad funkcjonowania. Pozwoliło to również na ujęcie wskaźników oceny możliwości bojowych w taki sposób, aby mogły one odzwierciedlać podstawowe cele działania systemu, a także wpływ jego elementów na oczekiwane rezultaty działań SORe.

Takie podejście było również wytyczną do sformułowania zasad, zastosowania analizy systemowej jako metody - sposobu działania. W tym celu sprecyzowano podstawowe procedury badawcze w aspekcie kolejności i sposobu postępowania podczas określania wskaźników możliwości bojowych SORe oraz ogólnych zasad ich wykorzystania do oceny możliwości tego systemu. Ustalając procedury badawcze skupiano główną uwagę na merytorycznej stronie tego problemu, przyjmując założenie, że praktyczne wyznaczenie mierzalnych wskaźników możliwości bojowych SORe oraz ich zobrazowanie będzie możliwe przy zastosowaniu odpowiednich narzędzi badawczych, z wykorzystaniem elektronicznej techniki obliczeniowej.

Zebrane materiały badawcze i przeprowadzona w rozdziale pierwszym analiza służy do określenia warunków i potrzeb niezbędnych do opracowania metody oceny możliwości bojowych SORe wojsk OPK przedstawionej w dalszej części rozprawy.

2. ALGORYTMY OCENY MOŻLIWOŚCI BOJOWYCH SYSTEMU OBEZWLADNIANIA RADIOELEKTRONICZNEGO WOJSK OPK

2.1. Określenie potrzeb i możliwości obezwładniania radioelektronicznego w wojskach OPK przy wykorzystaniu techniki komputerowej

W poprzednim rozdziale określono potrzeby i warunki wykorzystania SORe wojsk OPK oraz ustalono zasady organizacji i prowadzenia ORe urządzeń radioelektronicznych ŚNP przeciwnika powietrznego. Przeprowadzone rozważania pozwalają stwierdzić, że kierowanie WRe na szczeblu WOPK jest procesem złożonym. Natomiast ocena możliwości działania bojowego ŚNP przeciwnika sprowadza się najczęściej do następującego stwierdzenia, że obiektami obezwładniania radioelektronicznego są pracujące /aktywne/ środki radioelektroniczne zabezpieczające działania sił powietrznych, a przede wszystkim środki łączności radiowej KF i UKF oraz pokładowe systemy i środki radionawigacyjne i radiolokacyjne [26]. Określenie możliwości ORe jednego obiektu radioelektronicznego, przy wykorzystaniu podręcznego kalkulatora, trwa 3-5 minut^{8/}. Natomiast opracowanie planu WRe w wojskach OPK odbywa się z pominięciem szczegółowych kalkulacji i głównie na podstawie rozważań intuicyjnych. Ze względu na ograniczony termin opracowywania planu WRe, nie uwzględnia się w nim wielu czynników mających decydujący wpływ na racjonalne wykorzystanie SORe. W konsekwencji nie jest możliwe uwzględnienie dynamicznej zmiany wielkości ilościowo-jakościowych ŚNP przeciwnika, jak również zmian obiektów radioelektronicznych wymagających oddziaływania ORe. Ponadto nie bierze się pod uwagę ważności obiektów esłanianych radioelektronicznie przez SORe, jak również nie dokonuje się szczegółowej kalkulacji czasu oddziaływania tego systemu na obiekty radio-

8/ płk M. Jarczyński: Automatyzacja walki radioelektronicznej "Biuletyn Informacyjny", 1979, nr 2 /129/.

elektroniczne przeciwnika. Ponieważ liczba obiektów radioelektronicznych przeciwnika, które powinny być obezwładniane radioelektronicznie, przekracza wielokrotnie liczbę posiadanych środków zakłócających, szczególnie ważnym problemem staje się optymalizacja ich wykorzystania. Optymalizacja rozdziału środków zakłócających wymaga: określenia możliwości identyfikacji obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego, określenia możliwości ORe tych obiektów, precyzyjnego określenia stref /zasięgów/ i czasów oddziaływania zakłóceniami na te obiekty, klasyfikacji obiektów osłanianych radioelektronicznie przed ŚNP przeciwnika - ze względu na ich ważność operacyjno-taktyczną, zastosowanie właściwej metody podziału środków WRe, gwarantującej ich efektywne wykorzystanie. Realizowanie tych przedsięwzięć jest uciążliwe, a przy tym czasochłonne. Dlatego też wykonywanie ich metodą tzw. ręczną jest nieekonomiczne.

Należy zatem dążyć do zastosowania techniki komputerowej, która umożliwi rozwiązanie tych problemów zgodnie ze sformułowanymi wyżej wymaganiami. Aby jednak można było tę technikę wykorzystać, należy uściślić pojęcia związane z obiektami radioelektronicznymi przeciwnika powietrznego, systemem obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK oraz możliwościami ORe i podziałem środków WRe do obezwładniania radioelektronicznego celów powietrznych.

2.1.1. Obiekty radioelektroniczne przeciwnika powietrznego

Przez obiekt radioelektroniczny rozumie się cel powietrzny^{9/}, w wyposażeniu którego znajdują się pracujące urządzenia radioelektroniczne, mogące być zakłócone przez SORe.

^{9/} Autorzy w rozprawie habilitacyjnej nt. "Ocena efektywności działań bojowych wojsk obrony powietrznej kraju /ASG WP, 1985/ podają pojęcie celu powietrznego, przez które to rozumieją grupę samolotów /a także pojedynczy samolot/ przeciwnika realizujących w określonym przedziale czasu to samo główne zadanie bojowe /np. lot po tej samej trasie z tymi samymi parametrami, atakowanie obiektu/.

Urządzeniami tymi będą: stacje radiolokacyjne systemów i środków nawigacyjnych oraz nawigacyjno-celowniczych, radiostacje KF i UKF.

Ponieważ każdy cel powietrzny posiada w swoim wyposażeniu tego typu urządzenia, dlatego też może być jednocześnie obiektem radioelektronicznym dla SORe.

Wydaje się więc słuszne scharakteryzowanie nalotu celu powietrznego.

Nalot celu powietrznego przedstawimy za pomocą następującego wektora:

$$\sqrt{SN}_{cp} = /s, i, x, y, l_s, t, V, H, R_o, W_1, \mathcal{L}, j/$$

gdzie:

- s - numer grupy;
- i - numer ŚNP przeciwnika;
- x, y - współrzędne położenia grupy ŚNP rozumianej jako ugrupowanie samolotów mieszczące się w poziomym przekroju charakterystyki promieniowania anteny nadawczej SZ na określonej wysokości;
- l_s - liczba ŚNP w grupie;
- t - typ ŚNP;
- V - prędkość ŚNP;
- H - wysokość lotu ŚNP;
- R_o - odległość ŚNP od obiektu osłony radioelektronicznej;
- W_1 - współczynnik charakteryzujący potencjał bojowy ŚNP;
- \mathcal{L} - kierunek nalotu /kąt ataku/;
- j - numer atakowanego obiektu osłanianego radioelektronicznie.

Pokładowe RLS ŚNP przeciwnika odwzorujemy w modelu za pomocą następującego wektora

$$\sqrt{RLS} = /P_{wej}, P_1, G_1, \lambda, Q_2, W_{pr}/$$

gdzie:

- P_{wej} - czułość urządzenia odbiorczego RLS;
- P_i - moc w impulsie;
- G_i - zysk kierunkowy anteny RLS;
- λ - długość fali;
- Q_a - szerokość charakterystyki promieniowania anteny;
- W_{pz} - współczynnik, charakteryzujący wyposażenie RLS w układy przeciwwzakłócenkowe.

Pokładowe radiostacje /RST/ ŚNP przeciwnika opisywać będziemy następującym wektorem

$$RST = /P_{wej}, P_R, G_R, R_R, f_R/$$

gdzie:

- P_{wej} - czułość urządzenia odbiorczego RST;
- P_R - moc radiostacji;
- G_R - zysk kierunkowy anteny RST;
- R_R - zasięg łączności między korespondentami;
- f_R - częstotliwość pracy RST.

2.1.2. System obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK

Zadania obezwładniania radioelektronicznego realizowane są przez pododdziały zakłóceń radioelektronicznych wojsk OPK wchodzących w skład pułków zakłóceń radioelektronicznych. Siły i środki zakłóceń radioelektronicznych pułków stanowią podstawę systemu obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK.

Pułk zakłóceń radioelektronicznych /pzrel/ scharakteryzujemy za pomocą następującego wektora [2], [42]

$$P^{ZRE} = /B_{i_1}^{ZRE}, K_{i_2}^{ZRE} /, \quad \begin{matrix} i_1 = 1, 2, \dots, I_1 \\ i_2 = 1, 2, \dots, I_2 \end{matrix}$$

- gdzie:
- $B_{i_1}^{ZRE}$ - batalion zakłóceń radioelektronicznych /bzrel/;
 - $K_{i_2}^{ZRE}$ - kompania zakłóceń radioelektronicznych /kzrel/;
 - I_1, I_2 - odpowiednio - liczby bzrel i kzrel w pzrel.

Batalion zakłóceń radioelektronicznych charakteryzuje następujący wektor

$$B^{ZRE} = /K_{i_3}^{ZRE}/, \quad i_3 = 1, 2, \dots, I_3$$

gdzie:

$K_{i_3}^{ZRE}$ - kompania zakłóceń radioelektronicznych;

I_3 - liczba kzel w bzrel.

Kompanię zakłóceń radioelektronicznych charakteryzuje następujący wektor

$$K^{ZRE} = /P_{i_4}^{ZRL}, P_{i_5}^{ZR}/, \quad i_4 = 1, 2, \dots, I_4$$
$$i_5 = 1, 2, \dots, I_5$$

gdzie:

$P_{i_4}^{ZRL}$ - pluton zakłóceń radiolokacyjnych /plzrl/;

$P_{i_5}^{ZR}$ - pluton zakłóceń radiowych /plzr/;

I_4, I_5 - odpowiednio - liczby plzrl i plzr w kzel.

Kompanię zakłóceń radiolokacyjnych /kzrl/ scharakteryzować można za pomocą wektora

$$K^{ZRL} = /P_{i_6}^{ZRL}/, \quad i_6 = 1, 2, \dots, I_6$$

gdzie:

$P_{i_6}^{ZRL}$ - pluton zakłóceń radiolokacyjnych;

I_6 - liczba plzrl w kzrl.

Kompanię zakłóceń radiowych /kzr/ scharakteryzować można za pomocą wektora

$$K^{ZR} = /P_{i_7}^{ZR}/, \quad i_7 = 1, 2, \dots, I_7$$

gdzie:

$P_{i_7}^{ZR}$ - pluton zakłóceń radiowych;

I_7 - liczba plzr w kzr.

Pluton zakłóceń radiolokacyjnych będzie scharakteryzowany przez opis następującego wektora

$$P^{ZRL} = /N^{ZRL}, S_{j_1}^{ZRL}, L_{j_1}^{ZRL}, W^{ZRL}/, \quad j_1 = 1, 2, \dots, J_1$$

gdzie:

- N^{ZRL} - numer taktyczny /kod/ plzrl;
- $L_{j_1}^{ZRL}$ - liczba stacji zakłóceń radiolokacyjnych określonego typu j_1 w plzrl;
- $S_{j_1}^{ZRL}$ - kod typu stacji zakłóceń radiolokacyjnych;
- W^{ZRL} - współrzędne /prostokątne/ miejsca rozwinięcia plzrl $/x^{ZRL}, y^{ZRL}/$;
- J_1 - liczba typów stacji zakłóceń radiolokacyjnych w plzrl.

Pluton zakłóceń radiowych charakteryzuje następujący wektor

$$P^{ZR} = /N^{ZR}, S_{j_2}^{ZR}, L_{j_2}^{ZR}, S_{j_3}^{OR}, L_{j_3}^{OR}, W^{ZR}/, \quad j_2 = 1, 2, \dots, J_2$$
$$j_3 = 1, 2, \dots, J_3$$

gdzie:

- N^{ZR} - numer taktyczny /kod/ plzr;
- $S_{j_2}^{ZR}$ - kod typu stacji zakłóceń radiowych;
- $L_{j_2}^{ZR}$ - liczba stacji zakłóceń radiowych określonego typu j_2 w plzr;
- $S_{j_3}^{OR}$ - kod typu odbiornika rozpoznania radiowego;
- $L_{j_3}^{OR}$ - liczba odbiorników rozpoznania radiowego określonego typu j_3 w plzr;
- W^{ZR} - współrzędne /prostokątne/ miejsca rozwinięcia plzr $/x^{ZR}, y^{ZR}/$;
- J_2, J_3 - odpowiednio - liczby typów stacji zakłóceń radiowych i odbiorników rozpoznania radiowego w plzr.

✓ Stację zakłóceń radiolokacyjnych /SZRL/ opiszemy za pomocą następującego wektora

$$\checkmark \text{SZRL} = /S^{\text{ZRL}}, Z_{\text{zf}}^{\text{RL}}, R_{\text{z}}, Z_{\text{z}}/H_{\text{c}}/, P_{\text{nz}}, G_{\text{nz}}, Q_{\text{z}}, \varphi_{\text{z}}, \alpha_{\text{z}}, \mu_{\text{z}}, \Delta f_{\text{z}}, W_{\text{z}}/$$

gdzie:

- S^{ZRL} - kod typu stacji zakłóceń radiolokacyjnych;
- $Z_{\text{zf}}^{\text{RL}}$ - zakres zakłócanych częstotliwości;
- R_{z} - rodzaj zakłóceń radiolokacyjnych;
- $Z_{\text{z}}/H_{\text{c}}$ - zasięg wykrywania i zakłócania sygnałów pokładowych RLS w zależności od wysokości H_{c} celu powietrznego;
- P_{nz} - moc nadajnika zakłóceń;
- G_{nz} - zysk kierunkowy anteny stacji zakłóceń;
- Q_{z} - szerokość kierunkowej charakterystyki anteny stacji zakłóceń w płaszczyźnie poziomej;
- φ_{z} - szerokość kierunkowej charakterystyki anteny stacji zakłóceń w płaszczyźnie pionowej;
- α_{z} - sektor pracy stacji zakłóceń w azymucie;
- μ_{z} - sektor pracy stacji zakłóceń w elewacji;
- Δf_{z} - dokładność określania częstotliwości sygnałów pokładowych RLS;
- W_{z} - współczynnik uwzględniający niezgodność polaryzacji anteny stacji zakłóceń i anteny pokładowej RLS.

✓ Stację zakłóceń radiowych /SZR/ opisuje się następującym wektorem

$$\text{SZR} = /N^{\text{ZR}}, Z_{\text{zf}}^{\text{R}}, Z_{\text{z}}^{\text{UKP}}/H_{\text{c}}/, P_{\text{nz}}, \Delta t_{\text{pf}}, \Delta t_{\text{f}}/$$

- gdzie:
- N^{ZR} - kod typu stacji zakłóceń radiowych;
 - Z_{zf}^R - zakres zakłócanych częstotliwości /KF i UKF/;
 - $Z_z^{UKF}/H_c/$ - zasięg zakłóceń radiowych /UKF/ w zależności od wysokości / H_c / lotu celu powietrznego;
 - P_{nz} - moc nadajnika zakłóceń;
 - Δt_{pf}^t - czas poszukiwania sygnału w zakresie częstotliwości Z_{zf}^R ;
 - Δt_f - czas przestrajania nadajnika zakłóceń z jednej częstotliwości na drugą.

✓ Odbiornik rozpoznania radiowego /jako element stacji zakłóceń radiowych//charakteryzuje następujący wektor

$$ORR = /S^{OR}, Z_f^{OR}, \Delta f_R, R_{PE}, Z_o^{UKF}/H_c/, A_o/$$

- gdzie:
- S^{OR} - kod typu odbiornika rozpoznania radiowego;
 - Z_f^{OR} - zakres odbieranych częstotliwości;
 - Δf_R - dokładność rozpoznawanych częstotliwości;
 - R_{PE} - rodzaj emisji radiowych;
 - Z_o^{UKF} - zasięg rozpoznania UKF w zależności od wysokości / H_c / lotu celu powietrznego;
 - A_o - czułość odbiornika.

2.1.3. Określanie potrzeb i możliwości obezwładniania radioelektronicznego

Z analizy współczesnych konfliktów zbrojnych wynika jednoznacznie celowość stosowania zakłóceń przeciwko obiektom radioelektronicznym ŚNP przeciwnika.

Śledząc kierunki tych poczynań można wnioskować, że zasadniczą uwagę zwraca się na precyzyjne dostosowanie przedsięwzięć

WRe do potrzeb wynikających z charakteru działań lotnictwa taktycznego przeciwnika.

Oceniając wymagania niezbędne do określenia potrzeb i możliwości obezwładniania radioelektronicznych obiektów radioelektronicznych ŚNP przeciwnika dochodzimy do wniosku, że szczególnie potrzebne jest tu przeprowadzenie analizy zadań wojsk OPK i sposobów ich wykonywania w zakresie zakłócania radioelektronicznego oraz sytuacji radioelektronicznej potencjalnego przeciwnika.

Problem racjonalnego i efektywnego wykorzystania środków SORe do zakłócania obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego proponuje się rozwiązać według następującego algorytmu:

- 1/ określić możliwości identyfikacji i obezwładniania obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego;
- 2/ określić przestrzeń i czasy oddziaływania środków SORe na obiekty radioelektroniczne przeciwnika powietrznego;
- 3/ przydzielić środki SORe do zakłócania obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego.

2.1.3.1. Określenie możliwości identyfikacji i obezwładniania obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego

Przez określenie możliwości identyfikacji i obezwładniania obiektów radioelektronicznych rozumie się przyperządkowanie każdemu środkowi SORe zbioru urządzeń radioelektronicznych przeciwnika powietrznego, które będzie mógł on rozpoznawać i obezwładniać zakłóceniami.

Zależności matematyczne służące do określenia możliwości identyfikacji i obezwładniania obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego przyjmują na podstawie [23].

Możliwości obezwładniania RLS przeciwnika powietrznego.
Skuteczność oddziaływania zakłóceń na radiolokacyjne stacje wykrywania i wskazywania celów, w zależności od ilości środków

zakłócających SORe, ich przeznaczenia i rozmieszczenia oraz czasu, którym dysponują obsługi tego systemu można ocenić, między innymi, na podstawie zasięgu skutecznego zakłócania RLS przeciwnika. Wartość zasięgu skutecznego zakłócania określa się minimalną odległością od stacji radiolokacyjnej, przy której prawdopodobieństwo wykrycia $P_W = P_F = 0,5$ i prawdopodobieństwo fałszywego alarmu $P = P_F$. Dla RLS z cyfrowym opracowaniem informacji wartość P_F nie przekracza wielkości 10^{-4} , natomiast dla RLS z wizualnym zobrazowaniem informacji P_F zawiera się w granicach 10^{-3} do 10^{-5} .

Obliczenie zasięgu skutecznego zakłócania rozpoczyna się od sprawdzenia, czy zakres częstotliwości pracy $\Delta f_s = f_{smax} - f_{smin}$ zakłócającej RLS znajduje się wewnątrz zakresu częstotliwości $\Delta f_z = f_{zmax} - f_{zmin}$ stacji zakłóceń SORe.

$$f_{z \min} < f_{s \min} \Delta f_s \max < f_{z \max} \quad /15/$$

Jeśli spełniony jest warunek /15/, to wykonuje się kolejne obliczenia. W przeciwnym wypadku kończy się proces obliczeń. Zakłócenie RLS przez daną stację zakłóceń jest niemożliwe. Następnie określa się liczbę efektywnie gromadzonych impulsów RLS n_1 oraz wartość współczynnika zakłóceń $\frac{E_z}{E_s}$.

$$n_1 = \begin{cases} \frac{0,7 \cdot Q_\beta \cdot f_p}{GNA} & - \text{przy } 0,7 \cdot \frac{Q_\beta \cdot f_p}{GNA} \leq 20 \\ 20 & - \text{przy } 0,7 \cdot \frac{Q_\beta \cdot f_p}{GNA} > 20 \end{cases} \quad /16/$$

$$K_z = \begin{cases} K_o \approx 0,5 & - \text{dla zakłóceń ciągłych} \\ K_o \approx 0,25 & - \text{dla zakłóceń odziewowych} \\ K_o \cdot \frac{\Delta f_{z1}}{\Delta f_{wz}} \cdot M_{nz} & - \text{przy } \frac{1}{2} \leq \frac{M_{nz} \cdot \Delta f_{z1}}{f_{wz}} \leq 1 \\ K_o & - \text{przy } \frac{M_{nz} \cdot \Delta f_{z1}}{f_{wz}} > 1 \end{cases} \quad /17/$$

Zależność /17/ jest słuszna dla zmiennoczęstotliwościowych zakłóceń. Kolejną czynnością jest obliczenie progowego stosunku sygnału do zakłócenia $/q_0^2/$. Wielkość q_0^2 oblicza się korzystając z charakterystyk wykrywania RLS przy zadanych wartościach liczby źródeł zakłóceń $/M/$, prawdopodobieństwa wykrycia $/P/$ i liczby gromadzonych impulsów $/n/$. Przykładowe charakterystyki przedstawiono na rysunkach 1 do 12 w załączniku nr 2.

Dla przykładu w tabeli 3 przedstawiono wartości stosunku sygnał/zakłócenia dla jednego źródła zakłóceń $P_F = 10^{-2}$ i wartości fałszywego alarmu.

Tabela 3

Prawdopodobieństwo wykrycia celu $/P_w/$	Liczba efektywnie gromadzonych impulsów RLS						
	2	3	5	7	10	15	25
	Wartości stosunku sygnał/zakłócenia						
0,2	1,5	1,3	1	0,7	0,5	0,2	0,1
0,3	2	1,9	1,3	1	0,8	0,3	0,2
0,4	2,6	2,3	1,8	1,3	1	0,5	0,4
0,5	3,6	3	2,3	2	1,6	1	0,5
0,6	4,8	4	3	2,5	2,1	1,3	1
0,7	8	6,9	5	4	3,2	2,3	1,7
0,8	12	10	8	6	4,8	3,8	2,6
0,9					14	8	6

Obliczenia zasięgu skutecznego zakłócenia $/Z_z/H_c/$ stacji radiolokacyjnej przeciwnika powietrznego przez daną stację zakłócającą SORe przeprowadza się korzystając z wzoru

$$Z_z / H_c / = \sqrt{\frac{P_1 \cdot t_i \cdot G_1 \cdot G \cdot \Delta f_{wz}}{4 \pi \cdot P_{nz} \cdot G_{nz} \cdot M_{nz} \cdot K_z \cdot q_0^2}} \quad /18/$$

gdzie:

- t_i - czas trwania impulsu pokładowej RLS;
- G - skuteczna powierzchnia odbicia pojedynczego samolotu lub innego obiektu powietrznego;

Δf_{wz} - szerokość widma zakłóceń $\Delta f_{wz} = f_{z \max} - f_{z \min}$;

M_{nz} - liczba nadajników zakłóceń.

Możliwości obezwładniania łączności radiowej UKF przeciwnika powietrznego.

Identyfikację łączności radiowej UKF przeciwnika powietrznego można prowadzić wówczas, gdy zasięg rozpoznawanego źródła Z_1 jest większy od zasięgu horyzontu radiowego^{10/} Z_{hr} czyli $Z_1 > Z_{hr}$.

Zasięg horyzontu radiowego określa się korzystając z wzoru

$$Z_{hr} = 4,12 \cdot \sqrt{h_1 + h_2} \quad /19/$$

gdzie:

h_1 i h_2 - wysokości anteny odbiorczej i nadawczej nad powierzchnią Ziemi.

Możliwość identyfikacji łączności radiowej UKF w granicach horyzontu radiowego określa się przez porównanie natężenia pola sygnału E_s w miejscu rozwinięcia środków identyfikacji z normą natężenia pola E_n .

Jeżeli $E_s \geq E_n$ to identyfikacja jest możliwa.

Normę natężenia pola określa się korzystając z wzoru

$$E_n = \frac{A_0}{h \cdot G_{AO}} \quad /20/$$

gdzie:

A_0 - czułość odbiornika środka identyfikacji;

G_{AO} - zysk kierunkowy anteny odbiorczej.

Zakłócenie określonej relacji łączności radiowej UKF jest możliwe wówczas, gdy zasięg zakłóceń Z_2 jest większy od zasięgu horyzontu radiowego Z_{hr} , czyli $Z_2 > Z_{hr}$.

Zakłócenie łączności radiowej UKF w granicach horyzontu radiowego jest możliwe wówczas, gdy stosunek natężeń pól sygnału

^{10/} Nazwa pozycji 21 bibliografii s. 118.

zakłócającego $/E_z/$ i sygnału użytecznego $/E_s/$ jest większy lub równy progowej wartości współczynnika zakłóceń $/K_z^{UKF}/$. Zapiszemy to w następujący sposób

$$\frac{E_z}{E_s} \geq K_z^{UKF}$$

gdzie:

- E_z - natężenie pola zakłóceń w punkcie zakłócanym;
- E_s - natężenie pola sygnału użytecznego w punkcie zakłócanym.

Przykładowe zestawienie wartości natężenia pola elektromagnetycznego dla różnych warunków propagacji fal radiowych przedstawiono w załącznikach 4 do 7.

W celu stwierdzenia, czy dana relacja łączności radiowej będzie skutecznie zakłócana, oprócz obliczonej wartości ilorazu natężenia pól E_z i E_s , należy znać progowe wartości tego współczynnika $/K_z^{UKF}/$.

W tabeli 4 przedstawiono zestawienie progowych wartości współczynnika zakłóceń w zależności od rodzaju pracy urządzenia radiowego.

Tabela 4.

Rodzaj pracy	Tlg AT	Tlg FM	Tlg Ton	Tlf AM	Tlf SSB	Tlf FM
Wartość współczynnika zakłóceń						
K_z^{UKF}	0,9	1,1	2	2	4	1,2

Możliwości obezwładniania łączności radiowej KF przeciwnika.

Podczas oceniania możliwości identyfikacji łączności radiowej KF określa się natężenie pola sygnału w miejscu rozwinięcia środków identyfikacji $/E_1/$ i porównuje z wymaganą wartością natężenia pola $/E_n/$ /załącznik 8/.

Identyfikację łączności radiowej KF uważa się za możliwą jeżeli $E_1 > E_n$. Obliczenia związane z określeniem możliwości kompleksu środków zakłóceń łączności radiowej KF SORe sprowadzają się do wyznaczenia stosunku natężeń pól sygnału zakłócającego $/E_z/$ i sygnału użytecznego $/E_s/$ w miejscu odbioru. Stosunek ten porównuje się z progową wartością współczynnika zakłóceń $/K_z^{KF}/$.

Jeżeli $\frac{E_z}{E_s} \gg K_z^{KF}$, to relacja łączności radiowej KF może być zakłócona.

Natężenie pola użytecznego określa się następująco

$$E_s = \begin{cases} 7750 \cdot \frac{\sqrt{P_s \cdot G_s \cdot F_s}}{R_s} & ; \text{ jeżeli łączność jest na fali przyziemnej} \\ 7750 \cdot \frac{\sqrt{P_s \cdot G_s \cdot \sin^2 \varphi_{F2}}}{R_s} \cdot e^{-\Gamma_z} & ; \text{ jeżeli łączność jest na fali przestrzennej} \end{cases} \quad /21/$$

gdzie:

Γ_z - sumaryczny współczynnik osłabienia w poszczególnych warstwach jonosfery.

Zestawienia wartości $/\sin^2 \varphi_{F2} \cdot e^{-\Gamma_z}/$ dla różnych częstotliwości pracy $/f_p/$ i częstotliwości krytycznych $/f_{kr}/$, w zależności od odległości łączności $/R_s/$ lub zakłóceń $/R_z/$, przedstawiono w załącznikach 9, 10 i 11.

Natężenie pola $/E_1/$ w punkcie rozmieszczenia środków identyfikacji określa się następująco

$$E_1 = \begin{cases} \frac{7750 \cdot \sqrt{P_s \cdot G_s \cdot F_s}}{R_1} & ; \text{ jeżeli łączność jest na fali przyziemnej} \\ \frac{7750 \cdot \sqrt{P_s \cdot G_s \cdot \sin^2 \varphi_{F2}}}{R_1} \cdot e^{-\Gamma_1} & ; \text{ jeżeli łączność jest na fali przestrzennej} \end{cases} \quad /22/$$

Natężenie pola zakłóceń $/E_z/$ w miejscach rozmieszczenia zakłócanych radiostacji przeciwnika określa się następująco

$$E_z = \begin{cases} \frac{7750 \cdot \sqrt{P_z \cdot G_z \cdot F_s}}{R_z} ; & \text{jeżeli łączność jest na} \\ & \text{fali przyziemnej;} \\ \\ \frac{7750 \cdot \sqrt{P_z \cdot G_z} \cdot \sin \varphi_{F_2}}{R_z} \cdot e^{-\Gamma_z} ; & \text{jeżeli łączność} \\ & \text{jest na fali} \\ & \text{przestrzennej} \end{cases} \quad /23/$$

Możliwość identyfikacji łączności radiowej KF przez środki SORe określa się w sposób następujący

$$j_{KF} = \begin{cases} 1 & \text{/relacja jest rozpoznana/ przy } \frac{E_1}{E_n} \geq 1 \\ 0 & \text{/relacja jest nie rozpoznana/ przy } \frac{E_1}{E_n} < 1 \end{cases}$$

Możliwość zakłócenia łączności radiowej KF przez środki SORe określa się w sposób następujący

$$S_{KF} = \begin{cases} 1 & \text{/relacja jest obezwładniona/ przy } \frac{E_z}{E_s} \cdot \frac{1}{K_z^{KF}} \geq 1 \\ 0 & \text{/relacja jest nie obezwładniona/ przy } \frac{E_z}{E_s} \cdot \frac{1}{K_z^{KF}} < 1 \end{cases}$$

gdzie: K_z^{KF} - progowa wartość współczynnika zakłóceń radiowych zakresu KF.

Przykładowa wartość współczynnika K_z^{KF} przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5

Rodzaj pracy	T1g AM	Dalekopis FM T1g FM	T1f AM	Ftg FM T1f FM	T1f SSB
Wartość współczynnika obezwładnienia K_z^{KF}	0,9	1,1	1,2	1,5	4

2.1.3.2. Określenie czasu oddziaływania środków systemu obezwładniania radioelektronicznego na obiekty radioelektroniczne przeciwnika powietrznego

Sposób określania czasu oddziaływania środków SORe przyjęto zgodnie z algorytmem przedstawionym w pracy [21]. Określenie czasu oddziaływania na obiekty radioelektroniczne przeciwnika powietrznego poszczególnych elementów systemu obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK odbywać się będzie według następującego ogólnego algorytmu:

1. Podział trasy lotu grup lotnictwa przeciwnika powietrznego, w wyposażeniu którego znajdują się obiekty radioelektroniczne, na odcinki.

2. Określenie dla każdego odcinka trasy lotu zbioru elementów SORe wojsk OPK, które będą oddziaływać na lotnictwo przeciwnika.

3. Uporządkowanie zbioru elementów SORe wojsk OPK oddziaływających na obiekty radioelektroniczne lotnictwa przeciwnika według typów i czasów oddziaływania.

Dowolna trasa lotu grupy lotnictwa przeciwnika powietrznego scharakteryzowana będzie współrzędnymi punktu wyjściowego trasy lotu $WPT = / X_p, Y_p /$, współrzędnymi punktów zmiany kierunku trasy lotu $PZK = / X_i, Y_i /$, $i = 1, 2, \dots, I$ oraz współrzędnymi punktu końcowego trasy lotu $KPT = / X_k, Y_k /$.

Czynnością wstępną do określenia elementów SORe wojsk OPK mogących oddziaływać na obiekty radioelektroniczne grup lotnictwa przeciwnika powietrznego jest podział trasy lotu na odcinki. W pracy przyjęto podział na odcinki równe drodze przebytej przez grupę lotnictwa przeciwnika w ciągu przedziału czasu Δt . Początek i koniec każdego odcinka opisany jest za pomocą współrzędnych topograficznych, które stanowią będą punkty charakterystyczne trasy lotu.

W odniesieniu do tak utworzonego zbioru punktów charakterystycznych określone zostaną możliwości oddziaływania elementów SORe wojsk OPK. Dla punktów charakterystycznych poszczególnych tras lotu grup lotnictwa przeciwnika tworzony jest wektor tych tras $R = \{R_1\}$, $1 = 1, 2, \dots, L$. Wektor trasy lotu 1-tej grupy lotnictwa R_1 zawiera: współrzędne punktów charakterystycznych $/X_{1_i}, Y_{1_i}/$, czas przekroczenia punktów charakterystycznych t_{1_i} , wysokość lotu grupy lotnictwa H_{1_i} , czyli

$$R_1 = \left\{ X_{1_i}, Y_{1_i}, t_{1_i}, H_{1_i} \right\}, \quad \begin{matrix} 1 = 1, 2, \dots, L \\ i = 1, 2, \dots, I_1 \end{matrix}$$

gdzie:

- L - liczba grup lotnictwa przeciwnika pokonujących system OPK;
- I_1 - liczba punktów charakterystycznych 1-tej trasy lotu grupy lotnictwa przeciwnika.

Współrzędne określające długość topograficzną punktów charakterystycznych trasy lotu obliczamy z zależności

$$X_{1_i} = \begin{cases} K_{1_1} - DX_1 & \text{gd}y \quad K_{1_1} \geq K_{1_3} \\ K_{1_1} + DX_1 & \text{gd}y \quad K_{1_3} > K_{1_1} \end{cases} \quad /24/$$

gdzie:

- DX_1 - droga pokonywana w ciągu czasu Δt przez 1-tę grupę lotnictwa przeciwnika wzdłuż długości topograficznej;

$$DX_1 = DR_1 \cdot \frac{\Delta X_1}{D_1}$$

- DR_1 - droga pokonywana w ciągu czasu Δt przez 1-tę grupę lotnictwa przeciwnika lecącą z prędkością V_1 ;

$$DR_1 = \frac{V_1}{\Delta t}$$

- ΔX_1 - różnica między wartościami określającymi długość topograficzną punktów charakteryzujących trasę

lotu 1-tej grupy lotnictwa przeciwnika;

$$\Delta X_1 = \begin{cases} K_{1_1} - K_{1_3} & \text{gdy } K_{1_1} \geq K_{1_3} \\ K_{1_3} - K_{1_1} & \text{gdy } K_{1_3} > K_{1_1} \end{cases}$$

D_1 - odległość między punktami charakteryzującymi trasę lotu 1-tej grupy samolotów przeciwnika;

$$D_1 = \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2}$$

ΔY - różnicą między wartościami określającymi szerokość topograficzną punktów charakteryzujących trasę lotu 1-tej grupy lotnictwa przeciwnika;

$$\Delta Y_1 = \begin{cases} K_{1_4} - K_{1_2} & \text{gdy } K_{1_2} \geq K_{1_4} \\ K_{1_2} - K_{1_4} & \text{gdy } K_{1_4} > K_{1_2} \end{cases}$$

K_{1_1} - zbiór wartości określających długość topograficzną trasy lotu 1-tej grupy przeciwnika powietrznego dla czasu $t = n \cdot \Delta t$,

gdzie $n = 0, 1, 2, \dots, I_1$; czyli:

$$K_{1_1} = \{ X_{1_p}, X_{1_1}, X_{1_2}, \dots, X_{1_{I_1}} \};$$

K_{1_2} - zbiór wartości określających szerokość topograficzną trasy lotu 1-tej grupy przeciwnika powietrznego dla czasu $t = n \cdot \Delta t$,

gdzie $n = 0, 1, 2, \dots, I_1$; czyli:

$$K_{1_2} = \{ Y_{1_p}, Y_{1_1}, Y_{1_2}, \dots, Y_{1_{I_1}} \};$$

K_{1_3} - zbiór wartości określających długość topograficzną trasy lotu 1-tej grupy przeciwnika powietrznego dla czasu $t = n \cdot \Delta t$,

gdzie $n = 1, 2, \dots, I_1 + 1$; czyli:

$$K_{1j} = \{ X_{1_1}, X_{1_2}, \dots, X_{1_{I_1}}, X_{1_k} \};$$

K_{1j} - zbiór wartości określających szerokość topograficzną trasy lotu 1-tej grupy przeciwnika powietrznego dla czasu $t = n \cdot \Delta t$,

gdzie $n = 1, 2, \dots, I_1 + 1$, czyli:

$$Y_{1j} = \{ Y_{1_1}, Y_{1_2}, \dots, Y_{1_{I_1}}, Y_{1_k} \}.$$

Współrzędne określające szerokość topograficzną punktów charakterystycznych trasy lotu przeciwnika powietrznego obliczamy z zależności

$$Y_{1i} = \begin{cases} K_{1_2} - DY_1 & \text{gdy } K_{1_4} \geq K_{1_2} \\ K_{1_2} + DY_1 & \text{gdy } K_{1_2} > K_{1_4} \end{cases} \quad /25/$$

gdzie:

DY_1 - droga pokonywana w ciągu czasu Δt przez 1-tę grupę lotnictwa przeciwnika wzdłuż szerokości topograficznej;

$$DY_1 = DR_1 \cdot \frac{V_1}{D_1}$$

Czas przekroczenia przez początek grupy lotnictwa przeciwnika poszczególnych punktów charakterystycznych trasy lotu obliczamy z zależności

$$t_{1i} = t_{1_{i-1}} + D_1 \cdot \frac{V_1}{\Delta t} \quad /26/$$

Wektor wartości wysokości lotu grup lotnictwa $H_1 = \{ H_{1_i} \}$,
 $i = 1, 2, \dots, L$; $i = 1, 2, \dots, I_1$ określony jest w danych początkowych wariantu nalotu ŚNP przeciwnika.

Dla każdego punktu charakterystycznego tras lotu grup lotnictwa przeciwnika określany jest zbiór elementów SORe, które będą mogły oddziaływać na lotnictwo w tym punkcie. Sprowadza się to do porównania zasięgu poszczególnych elementów SORe wojsk OPK z możliwościami oddziaływania zakłóceniami na grupy lotnictwa w kolejnych punktach charakterystycznych ich tras lotu.

Jeśli spełniona jest nierówność dla czasu $t = k \cdot \Delta t$, $k = 0, 1, \dots, K$

$$\sqrt{\frac{X_{1i} - X_s}{Z_s} + \frac{Y_{1i} - Y_s}{Z_s}} \leq Z_s \quad \begin{matrix} l = 1, 2, \dots, L \\ i = 1, 2, \dots, I_l \\ s = 1, 2, \dots, S \end{matrix} \quad /27/$$

to s -ty element SORe wojsk OPK może oddziaływać na l -tą grupę lotnictwa w i -tym punkcie charakterystycznym l -tej trasy lotu w przedziale czasu Δt , co można zapisać za pomocą następującej macierzy

Grupy lotnictwa	Środki SORe					
	1	...	s	...	S	
1	w_{11}^k	...	w_{1s}^k	...	w_{1S}^k	
⋮	⋮		⋮		⋮	
l	w_{l1}^k	...	w_{ls}^k	...	w_{lS}^k	
⋮	⋮		⋮		⋮	
L	w_{L1}^k	...	w_{LS}^k	...	w_{LS}^k	

$w_{ls}^k, k = 0, 1, \dots, K$

gdzie: $w_{ls}^k = \begin{cases} 1, & \text{gdy } s\text{-ty element SORe wojsk OPK może oddziaływać na } l\text{-tą grupę lotnictwa w } i\text{-tym punkcie trasy lotu} \\ 0, & \text{w przeciwnym wypadku} \end{cases}$

Z_s - zasięg oddziaływania zakłóceniami s -tego elementu SORe.

Sprawdzając dla wszystkich elementów SORe wojsk OPK i wszystkich punktów charakterystycznych trasy lotu przeciwnika powietrznego warunek /27/ otrzymuje się macierze oddziaływania

$$W^k = \begin{bmatrix} W_{1s}^k \end{bmatrix} \quad "L \times S" \quad k = 0, 1, \dots, K \text{ czyli zbiór elementów SORe}$$

zakładających obiekty radioelektroniczne na wszystkich trasach lotu danego wariantu nalotu.

Do optymalizacji przydziału obiektów radioelektronicznych do obezwładniania zakłóceniami przez elementy SORe wykorzystuje się algorytm Forda - Fulkersona [35]. Jest to adaptacja rozwiązania zadania transportowego algorytmu Forda - Fulkersona. Przyjęte w nim jako magazyny - możliwości oddziaływać poszczególnych elementów SORe, natomiast jako odbiorców analizowane cele powietrzne, a konkretnie ich urządzenia radioelektroniczne w danym przedziale czasu Δt . W każdym z analizowanych przedziałów /cyklu/ ze zbioru wszystkich celów powietrznych wybierane są te, których czas początku oddziaływania mieści się w przedziale cyklu $t_i - t_{i-1} = \Delta t$, $i = 1, 2, \dots, I_1$.

Zapotrzebowania ich są w każdej sytuacji etapowej /w jednym cyklu/ jednostkowe.

Procedura ta, w każdym cyklu realizowana jest dwukrotnie a mianowicie:

1/ sprawdzany jest warunek /27/ dotyczący oddziaływania elementów SORe wojsk OPK na obiekty przeciwnika powietrznego na wszystkich trasach jego lotu w przedziale czasu Δt i tworzona jest macierz $W^k = \begin{bmatrix} W_{1s}^k \end{bmatrix}_{L \times S}$;

2/ dokonuje się optymalnego przydziału elementów SORe wojsk OPK na obiekty przeciwnika powietrznego z wykorzystaniem algorytmu Forda - Fulkersona i otrzymuje się macierz optymalnych przydziałów $W^{k^x} = \begin{bmatrix} W_{1s}^{k^x} \end{bmatrix}_{L \times S}$

Fizycznie zawartość macierzy W^{k^x} wskazuje na możliwość maksymalnego obezwładnienia radioelektronicznego obiektów przeciwnika powietrznego minimalną liczbą elementów SORe wojsk OPK.

2.1.4. Przydział środków systemu obezwładnienia radioelektronicznego do osłony obiektów

2.1.4.1. Założenia

Skuteczność oddziaływania SORe na pokładowe RLS zależy od: liczby i parametrów osłanianych obiektów; liczby pracujących RLS, sposobu nalotu ŚNP z pokładowymi RLS, ich parametrów technicznych; liczby SZ, sposobu ich ugrupowania i parametrów technicznych; sposobu kierowania pracą SZ podczas nalotu ŚNP przeciwnika.

Proces osłony radioelektronicznej obiektów organizowany przez określony SORe będzie polegał na optymalnym rozwiązaniu, z uwzględnieniem podstawowych wielkości charakteryzujących osłaniany obiekt, ugrupowania ŚNP przeciwnika i pokładowych RLS oraz SZ, następujących problemów:

1. Podział i ugrupowanie SZ do osłony radioelektronicznej poszczególnych obiektów.

2. Kierowanie pracą SZ podczas odpięcia nalotu ŚNP przeciwnika.

Liczba SZ do osłony obiektów i sposób ich ugrupowania zależy od: ważności operacyjnej obiektów, rozmiarów geometrycznych obiektu, skutecznej powierzchni odbicia obiektu, liczby elementów dających oddzielne zobrazenia oraz przewidywanego wariantu nalotu ŚNP przeciwnika.

Problem przydziału SZ do osłony obiektów, rozwiązuje się w okresie poprzedzającym nalet ŚNP przeciwnika biorąc pod uwagę najniekorzystniejszy z punktu widzenia osłony radioelektronicznej obiektu wariant. Można tu stosować metody symulacji cyfrowej, a do obliczeń - statystykę matematyczną. Umożliwiają one przeprowadzenie badań SORe z wykorzystaniem jego modelu symulacyjnego. Wymaga to jednak określonego opisu jego funkcjonowania. Funkcjonowanie modelu uzależnione jest od poprawności jego budowy w osłonie radioelektronicznej obiektu naziemnego. Poniżej zostanie przedstawiony sposób wyznaczania liczby SZ oraz ich ugrupowania.

wanie do osłony radioelektronicznej obiektów metodą analityczną, w której wykorzystano zależności wynikające z równania przeciwdziałania radioelektronicznego.

W celu zbudowania modelu symulacyjnego SORe przyjęłem następujące założenia:

1. Obiekty są osłaniane sposobem "obiektywnym", tzn. każdy z nich jest osłaniany oddzielnie. Każdy obiekt jest charakteryzowany za pomocą następujących parametrów:

- j - numer obiektu;
- x, y - współrzędne położenia obiektu;
- R_o - promień obiektu;
- R_b - promień strefy bezpiecznej;
- G - powierzchnia skuteczna odbicia obiektu;
- W - współczynnik wagowy określony ze względu na potrzeby SORe;
- N_j - liczba SZ przydzielonych do osłony obiektu;
- L_j - liczba ŚNP przeciwnika atakujących osłaniany obiekt.

2. Nalot wykonują ŚNP przeciwnika, które scharakteryzowane są w punkcie 2.1.1.

Z każdym nalotem wiąże się parametr μ_{sj} , wyrażający kąt zawarty między kierunkiem lotu S-tej grupy a kierunkiem rozmieszczenia SZ, najbliższej kierunkowi nalotu, mierzony ze środka j-tego obiektu.

3. System obezwładniania radioelektronicznego /SORe/ składa się z N stacji zakłócających, które scharakteryzowano w punkcie 2.1.2.

4. Stacje zakłóceń rozmieszcza się w określonej odległości od osłanianego obiektu na kierunku prawdopodobnego nalotu ŚNP przeciwnika. Wielkościami charakteryzującymi rozmieszczenie stacji zakłóceń do osłony j-tego obiektu są:

- N_j - liczba SZ przydzielonych do osłony obiektu;
- β - kąt zawarty między kierunkami rozmieszczenia sąsiednich SZ mierzony ze środka obiektu.

Rozmieszczenie SZ do osłony radioelektronicznej obiektów polegać będzie na wyznaczeniu dla każdego obiektu dopuszczalnych obszarów rozmieszczenia SZ, dla których:

- skuteczność działania ŚNP przeciwnika będzie najmniejsza przy określonej liczbie SZ, sposobie ich rozmieszczenia i zadanym kącie nalotu ŚNP;

- strefa zakłóceń^{11/} będzie się rozciągać od odległości bezpiecznej osłanianego obiektu;

- suma SZ potrzebnych do osłony wszystkich obiektów nie przewyższa liczby SZ, jakimi dysponuje SORe;

- suma mocy sygnałów zakłóceń pochodzących od innych stacji zakłóceń SORe na wejściu urządzenia odbiorczego n-tej SZ nie przewyższy jego czułości, tzn. nie wystąpi zjawisko wzajemnych zakłóceń.

W sposób formalny można zapisać to następująco: określamy wektor $R_j = /N_j, \beta_j, R_{wj}/$, dla którego będą spełnione warunki:

$$1/ \sum F /N_j, \beta_j, R_{wj}/ \longrightarrow \min.$$

F - funkcja kryterium skuteczności działania ŚNP przeciwnika, co oznacza, że tak należy dostosować ugrupowanie SZ do modelu nalotu, aby minimalizować oddziaływanie ŚNP na j-ty obiekt;

$$2/ R_z < R_b$$

R_z - promień strefy zakłóceń wierzony ze środka obiektu;
lub inaczej $\bigwedge_j K_{jn} > 1$

K_{jn} - stopień energetycznego oddziaływania SZ o numerze n przydzielonej do j-tego obiektu. Wyznacza się go z następującej zależności

^{11/} Strefa zakłóceń - obszar, w którym moc zakłóceń przewyższa moc sygnału użytecznego na wejściu urządzenia odbiorczego RLS dla zadanego typu SZ.

$$k_{jn} = \frac{C}{B_1 \cdot B_2} \quad /29/$$

gdzie:

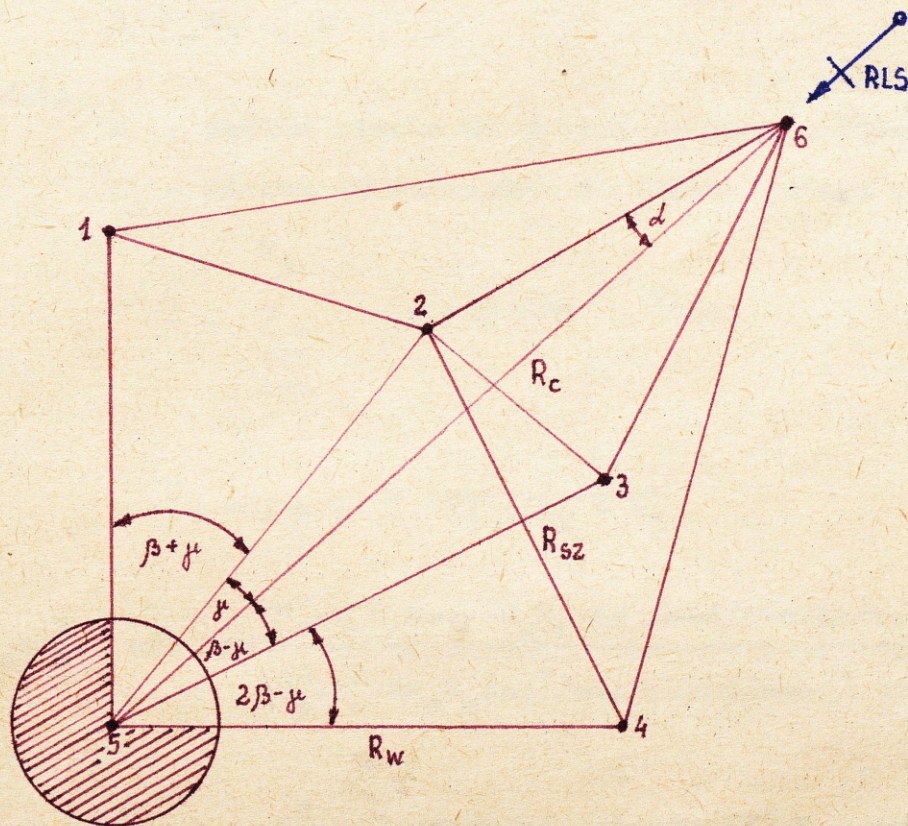
$$C = \frac{4 \pi P_z G_z \mu_z R_c^4 \theta_a^2}{P_i G_a \sigma_j^2} \quad /30/$$

C - jest wielkością zależną od parametrów SZ, RLS i osianianego obiektu;

θ_a - szerokość charakterystyki promieniowania RLS;

P_i, G_a - moc w impulsie i zysk kierunkowy anteny RLS.

Wzory na B_1 i B_2 można wyznaczyć wykorzystując w tym celu rysunek 9.



- 1, 2, 3, 4 - numery SZ
- 5 - obiekt osiany
- 6 - pokładowa RLS

Rys. 9. Rozmieszczenie stacji zakłóceń względem osianianego obiektu

$$B_1 = \theta_a^2 + 4 / \arccos \sin \frac{R_w \cdot \sin / |a| \cdot \beta + \text{sign } a \mu /}{\sqrt{R_w^2 + R_c^2 - 2R_w R_c \cos / |a| \beta + \text{sing } a \mu}} \quad /31/$$

$$B_2 = R_w + R_c - 2R_w R_c \cos / |a| \beta + \text{sign } a \mu / \quad /32/$$

n - numer stacji zakłóceń;

a - -2, -1, 1, 2.

Wyrażają one wielkości zmienne występujące w równaniu przeciwdziałania radioelektronicznego, tj. kąt odchylenia od kierunku maksymalnego promieniowania charakterystyki kierunkowej anteny RLS - α i odległość między SZ a RLS - R_z za pomocą wielkości określających kąt między kierunkiem nalołu a kierunkiem rozmieszczenia SZ - μ i odległość wysunięcia SZ od obiektu R_w .

$$3/ \sum N_j \leq N$$

gdzie:

N - ogólna liczba SZ jakimi dysponuje SORe;

N_j - liczba SZ potrzebna do osłony j-tego obiektu.

$$4/ \bigwedge_j \sum_{a=1}^{N_j} P_{s \text{ wej } n-a} < P_{\text{min}}$$

$$P_{s \text{ wej } n-a} = \frac{D}{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3} \quad /33/$$

$$A_1 = \theta_N^2 + 4 \left(\arccos \frac{R_w + R_w R_c \cos \mu - R_w R_c \cos / n-a / \beta - \text{sign} / n-a / \mu - R_w^2 \cos / n-a / \beta}{\sqrt{R_c^2 + R_w^2 - 2R_c R_w \cos [/ n-a / \beta - \sin / n-a / \mu]} \cdot \sqrt{2R_w^2 - 2R_w^2 \cos / n-a / \beta}} \right) \quad /34/$$

$$A_2 = \theta_N^2 + 4 \left(\arccos \frac{R_w^2 + R_w R_c \cos [/ n-a / \beta - \text{sign} / n-1 / \mu] - R_w R_c \cos \mu - R_w^2 \cos / n-a / \beta}{\sqrt{R_c^2 + R_w^2 - 2R_c R_w \cos \mu} \cdot \sqrt{2R_w^2 - 2R_w^2 \cos / n-1 / \beta}} \right) \quad /35/$$

gdzie:

θ_N - szerokość charakterystyki promieniowania stacji zakłóceń;

$$A_3 = 2 R_W^2 - 2 R_W^2 \cos /n-a/\beta \quad /36/$$

$$D = \frac{P_Z \cdot G_Z \cdot G_a \cdot \lambda \cdot \Theta^2}{/4 \pi /^2} \quad /37/$$

gdzie:

- D - wielkość zależna od parametrów technicznych oddziałujących na siebie SZ;
- n - numer SZ;
- a - 1, 2, 3, ..., N_j; a ≠ n

Wielkości A₁, A₂, A₃ uwzględniają parametry ugrupowania SZ, tj. R_W i parametr wiążący kierunki naletu ŚNP przeciwnika z kierunkiem rozmieszczenia SZ, tj. μ ; można je wyznaczyć za pomocą zależności geometrycznych /Rys. 9/.

Algorytm rozmieszczania SZ do osłony radioelektronicznej obiektów umożliwia przydzielanie określonej liczby SZ do poszczególnych obiektów i wyznaczenie dopuszczalnych obszarów ich rozmieszczenia.

Bez względu na sposób podejścia, przy rozmieszczaniu SZ należy uwzględnić następujące zasady postępowania: jeśli nalet ŚNP przeciwnika jest dookrężny, to obiekty należy osłaniać w sektorze 360° pod warunkiem, że wystarczą SZ; jeśli nalet ŚNP przeciwnika odbywa się w określonym sektorze, a wystarczą SZ, to obiekty należy osłaniać również okrężnie.

W obu wypadkach rozmieszcza się je symetrycznie co 15°, w odległościach od obiektu uwarunkowanych wartością k. Jeśli liczba SZ jest mniejsza od 24 x liczba obiektów, to można przyjąć następujące warianty:

- a/ osłonić dookrężnie tylko obiekty najważniejsze /priorytetowe/, a pozostałych nie osłaniać;
- b/ osłonić dookrężnie obiekty najważniejsze /priorytetowe/, a pozostałe osłaniać w zagrożonych sektorach;
- c/ osłonić wszystkie obiekty tylko w zagrożonych sektorach;

d/ osłonić dookreźnie wszystkie obiekty, ale różną liczbą SZ, przydzielając dla każdego obiektu minimum po 3 SZ.

Jeśli pozostaną SZ to dodawać po jednej poczynając od obiektów o największym priorytecie, rozmieszczając je na najbardziej zagrożonych kierunkach, a jeśli jeszcze zostaną SZ to rozdzielać w ten sam sposób - aż do całkowitego wyczerpania.

2.1.4.2. Algorytm przydziału stacji zakłóceń do osłony obiektów

Algorytm równomiernego przydziału stacji zakłóceń do osłony określonej obiektów z uwzględnieniem ich priorytetów

Idea algorytmu jest następująca. Na podstawie prognozowanego modelu nalotu ŚNP przeciwnika określa się ilość i typy ŚNP, które będą atakować poszczególne obiekty oraz najbardziej prawdopodobne kierunki dolotu w rejon tych obiektów. Stosownie do przyjętego sposobu nalotu ŚNP i znaczenia operacyjnego obiektów nadaje się priorytety ich osłony. Uważa się, że obiekty o najmniejszym priorytecie nie będą atakowane przez ŚNP i nie organizuje się ich osłony radioelektronicznej.

Po określeniu obiektów osłony oraz ich ważności sprawdza się czy ogólna liczba stacji zakłóceń N jest większa /równa/ od iloczynu liczby osłanianych obiektów J .

Maksymalną liczbę stacji zakłóceń do osłony każdego obiektu $N_j /max/$ wyznacza się z warunków rozmieszczenia optymalnego.

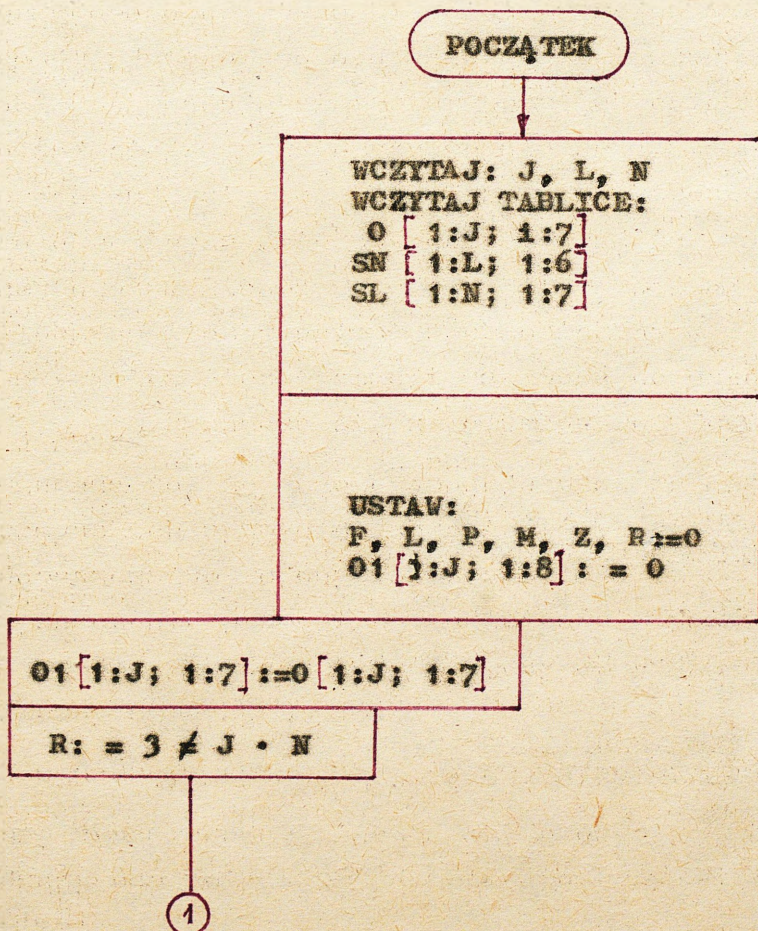
Oznacza to, że SORe dysponuje wystarczającą liczbą SZ do osłony wszystkich wyznaczonych obiektów. W takim wypadku określa się dopuszczalne rejony rozmieszczenia SZ dla każdego obiektu przez wyznaczenie przedziałów odległości wyniesienia SZ od obiektu R_w i wzajemnych odległości między SZ - R_{SZ} dla przydzielonej liczby SZ - $N_j /max/$.

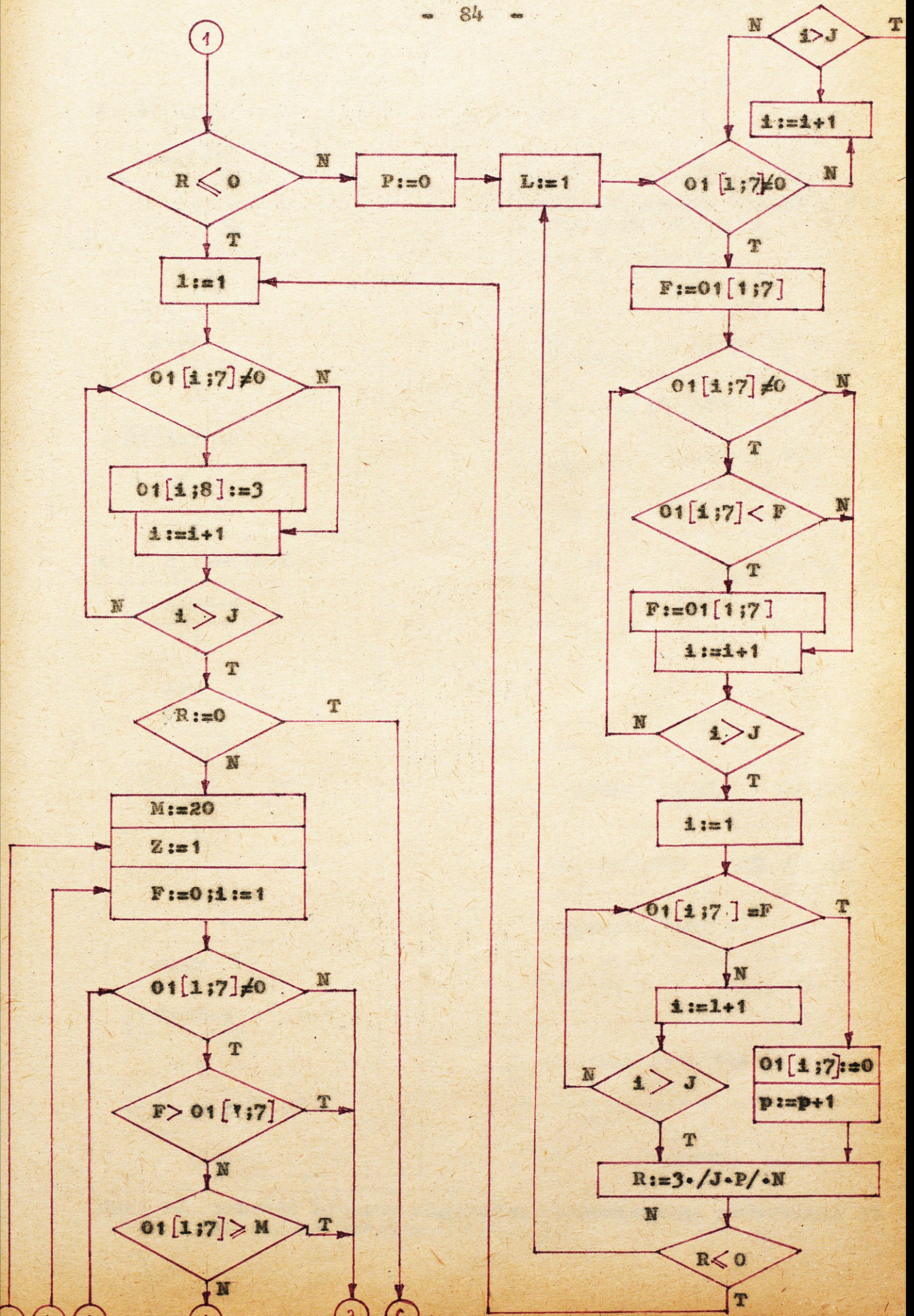
W wypadku, gdy $N_j /max/ \cdot J < N$ co oznacza, że nie dysponuje się wystarczającą liczbą SZ do osłony każdego obiektu, sprawdzamy czy możemy przydzielić po trzy SZ dla każdego obiektu.

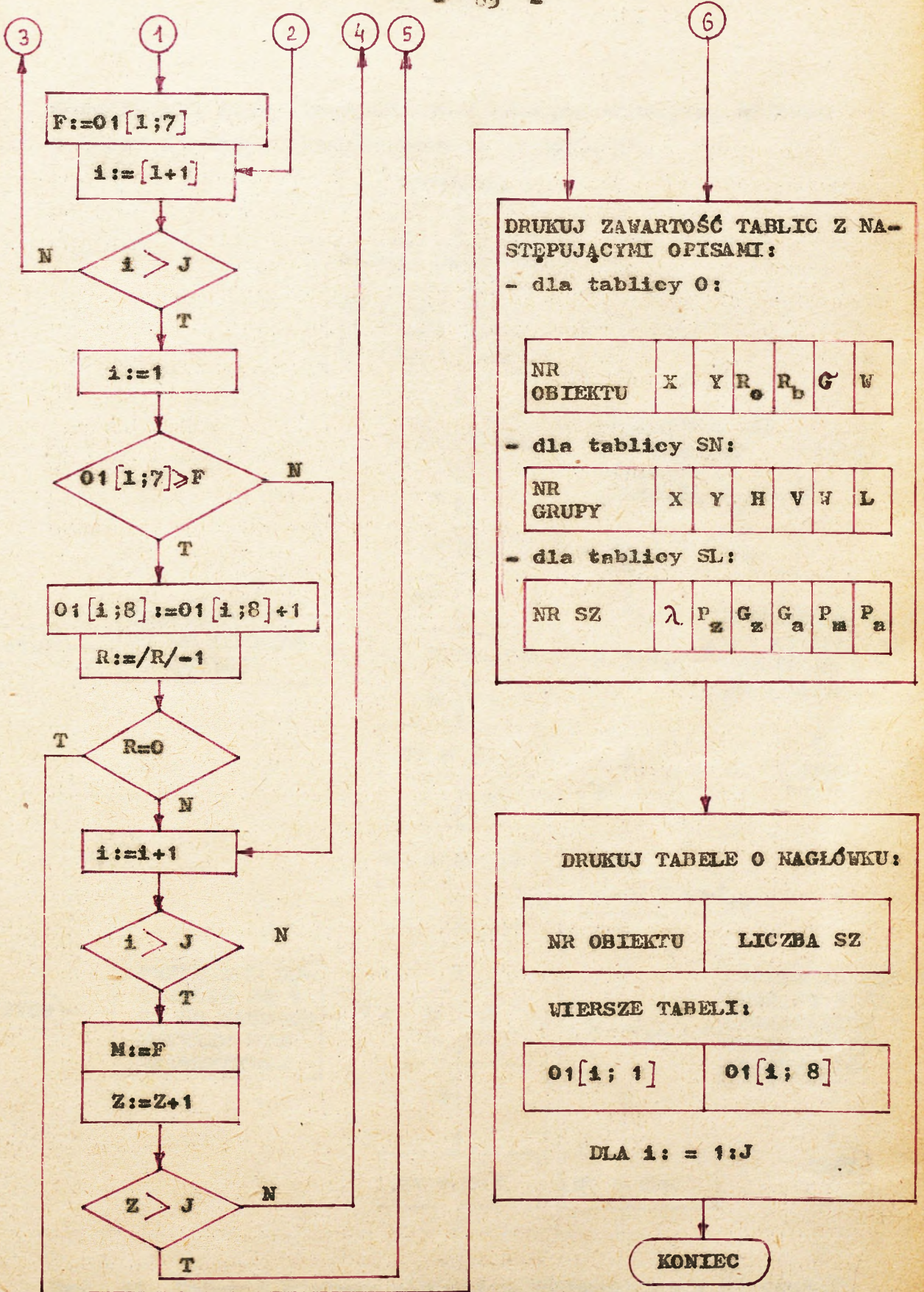
Jest to minimalna liczba SZ, za pomocą której można osłaniać obiekt dookreźnie przy założeniu, że SZ danego typu może zakłócać w sektorze $\pm 60^\circ$. Jeśli po przydzieleniu obiektom po trzy SZ pozostaje jeszcze ich rezerwa to rozdzielamy ją według wcześniej przyjętych zasad.

Jeśli liczba stacji zakłócań jest większa od liczby obiektów $/N > J/$, to sprawdzamy czy można przydzielić SZ w ilości $\frac{N_j}{\max}$ do każdego obiektu /czyli połowę ogólnej liczby SZ wymaganej do osłony/. Jeśli tak, to przydzielamy tę ilość każdemu obiektowi, a resztę dzielimy według priorytetów uzupełniając ich liczbę do wymaganej $N_j \max$. Jeśli nie, to przydzielamy równą ilość dla każdego obiektu, a pozostałym przydzielamy po jednej SZ - według priorytetu [37].

Schemat blokowy algorytmu przedstawiono na rysunku 10.

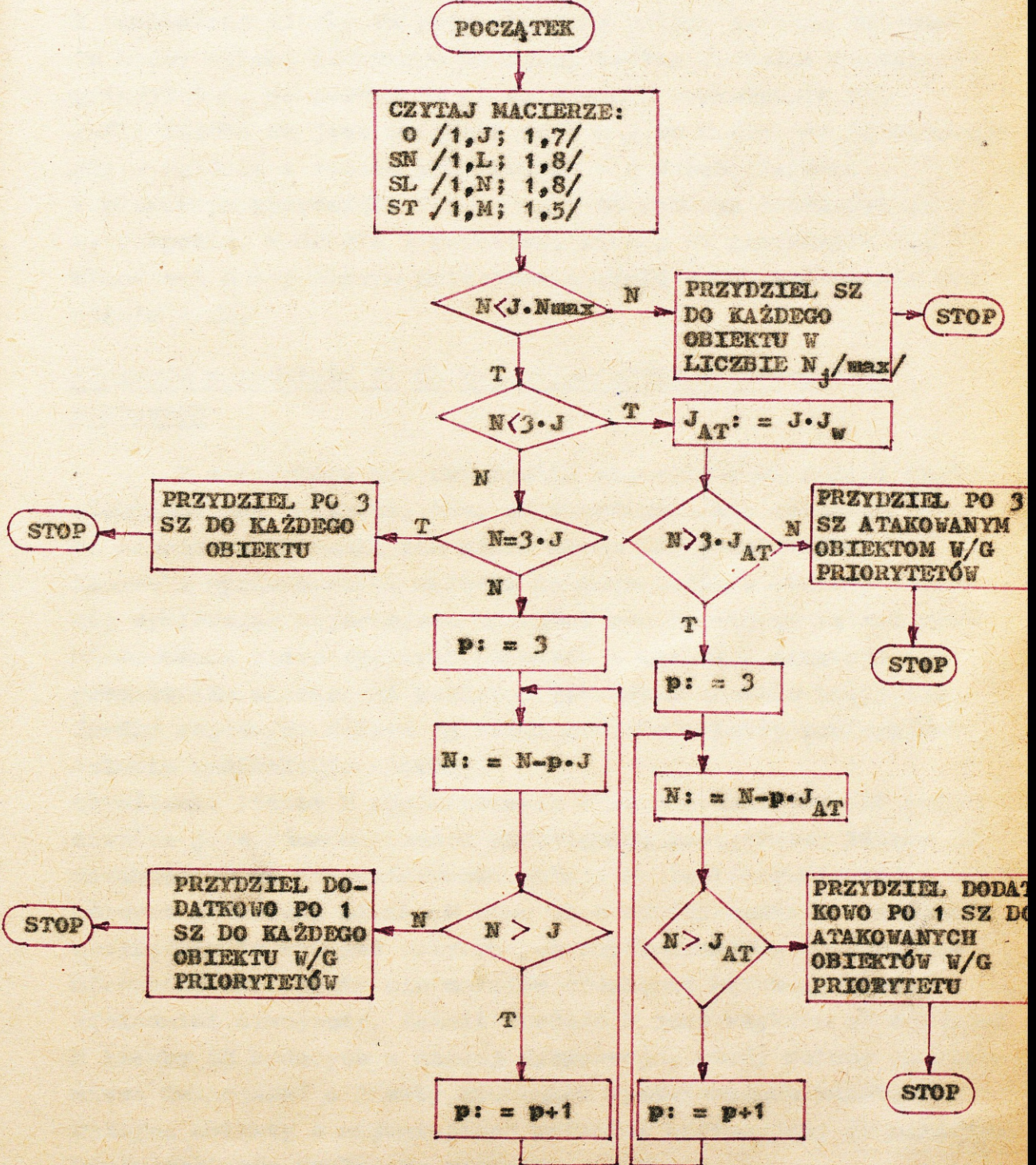






Rys. 10. Schemat blokowy algorytmu równomiernego przydziału SZ do osłony obiektu

Modyfikacją tego algorytmu jest kolejny algorytm, którego schemat blokowy przedstawiono na rysunku 11.



Rys. 11. Schemat blokowy algorytmu równomiernego przydziału SZ do osłony określonych obiektów uwzględniającej ich priorytety

Ogólną jego ideę można przedstawić w następujący sposób: jeśli liczba SZ jest większa od iloczynu liczby obiektów J i minimalnej liczby SZ potrzebnej do osłony jednego obiektu, to każdy obiekt otrzymuje kolejno, według wartości określonej priorytetem, po jednej SZ aż do momentu wyczerpania SZ. Jeśli liczba SZ jest mniejsza od $3 \times J$ to rozdziału SZ dokonuje się - zgodnie z zasadą priorytetów - w dwóch etapach. W pierwszym przydziela się po trzy SZ każdemu obiektowi aż do wyczerpania, w drugim - pozostałą liczbę SZ przydziela się obiektowi o najwyższym priorytecie wśród tych, którym nie przydzielono SZ.

Algorytm przydziału SZ do osłony obiektów w zagrożonych sektorach

W algorytmie tym uwzględnia się sektorową osłonę radioelektroniczną obiektów, tzn. SZ przydziela się obiektom tylko na zagrożone kierunki ich ataku przez ŚNP przeciwnika.

Kierunki spodziewanych nalotów na poszczególne obiekty określa się wybierając najmniejsze wartości różnic między kątami rozmieszczenia poszczególnych obiektów a kątami dyslokacji ŚNP przeciwnika mierzonymi względem północy z umownie przyjętego środka rejonu, na którym są rozmieszczone obiekty podlegające osłonie radioelektronicznej.

Określenie liczby M spodziewanych kierunków nalotów ŚNP przeciwnika jest równoznaczne z określeniem początkowej liczby SZ niezbędnych do zorganizowania osłony radioelektronicznej poszczególnych obiektów. Liczba M może ulec zmniejszeniu w rezultacie uwzględnienia wymagań dotyczących współdziałania SZ /np. konieczność zachowania minimalnego oddalenia katowego między sąsiednimi stacjami/. Jeżeli wartość M jest większa od wartości N liczby SZ będących w naszej dyspozycji, wtedy należy ją stopniowo zmniejszać o liczby kierunków spodziewanych nalotów na kolejne obiekty o najmniejszej ważności operacyjnej do momentu, kiedy zostanie spełniony warunek $N \geq M$.

W takim wypadku kąty dyslokacji minimalnej liczby SZ zostaną określone przez podanie kierunków spodziewanych nalotów ŚNP przeciwnika na obiekty osłony.

Pozostałe SZ rozdziela się między poszczególne kierunki nalotów na osłaniane obiekty. Rozdziału SZ dokonuje się zgodnie z priorytetem, biorąc pod uwagę wartości tzw. wag zintegrowanych. Należy zaznaczyć, że dla poszczególnych obiektów osłony wagi ogólne wyznacza się jako sumy iloczynów wartości liczbowych takich wielkości, jak: ważność operacyjna, miejsce w systemie OPK, kontrastowość, możliwość obrony przeciwlotniczej oraz rozmiary obiektu. Stacje zakłóceń przydzielone do określonego kierunku nalotu ŚNP przeciwnika rozmieszcza się symetrycznie względem niego co 15° , ze względu na wyeliminowanie zjawiska wzajemnych zakłóceń [37].

Schemat blokowy tego algorytmu przedstawiono na rysunku

12.

POCZĄTEK

DLA KAŻDEGO OBIEKTU OKREŚL KIERUNKI NALOTÓW ŚNP PRZECIWNIKA. PRZYPISZ DO POSZCZEGÓLNYCH OBIEKTÓW ŚNP O NAJMNIEJSZYCH WARTOŚCIACH BEZWZGLĘDNYCH WSPÓLCZYNNIKÓW KĄTOWYCH WZGLĘDEM OBIEKTÓW.

$N \geq M$

PRZYDZIEL KAŻDEMU OBIEKTOWI LICZBĘ SZ RÓWNA LICZBIE PRZYPISANYCH KIERUNKÓW NALOTÓW. KIERUNKI ROZMIESZCZENIA SZ ZGODNIE Z KIERUNKAMI NALOTÓW ŚNP.

CZY ROZDZIELONO WSZYSTKIE SZ

ZMNIJSZ LICZBĘ ANALIZOWANYCH KIERUNKÓW NALOTÓW ŚNP PRZYPISANE OBIEKTOWI O NAJMNIEJSZEJ WARTOŚCI WAGI OPERACYJNEJ.

OKREŚL ZAWARTOŚĆ ZINTEGROWANYCH WAG KAŻDEGO Z OBIEKTÓW I KIERUNKÓW SPODZIEWANYCH NALOTÓW ŚNP. ROZDYSPONUJ POZOSTAŁĄ LICZBĘ SZ MIĘDZY KIERUNKI SPODZIEWANYCH NALOTÓW ŚNP NA POSZCZEGÓLNE OBIEKTY UWZGLĘDNIJĄC ZINTEGROWANE WAGI

ROZMIEŚĆ DODATKOWO PRZYDZIELONE SZ SYMETRYCZNIE CO 15° W STOSUNKU DO KIERUNKU NALOTU ŚNP

CZY LICZBA DALEJ ANALIZOWANYCH OBIEKTÓW ≥ 1

CZY WSPÓLCZYNNIKI KĄTOWE SĄ SIĘDNIAMI SZ RÓŻNIA SIĘ MIĘDZY SOBĄ O 15°

Z KAŻDEJ PARY NIE SPELNIJĄCEJ PIERWSZEGO WARUNKU USUŃ TĘ, KTÓRĄ CHARAKTERYZUJE MNIEJSZA WARTOŚĆ ZINTEGROWANEJ WAGI OBIEKTU I KIERUNKU

KONIEC

Rys. 12. Schemat blokowy algorytmu przydziału SZ do osłony obiektów w zagrożonych sektorach

2.2. Algorytm przetwarzania

W niniejszym podrozdziale przedstawione zostaną algorytmy realizacji podstawowych obliczeń, które będą wykonywane w procesie rozdzielu środków SORe przeznaczonych do zakłócania obiektów radioelektronicznych przeciwnika.

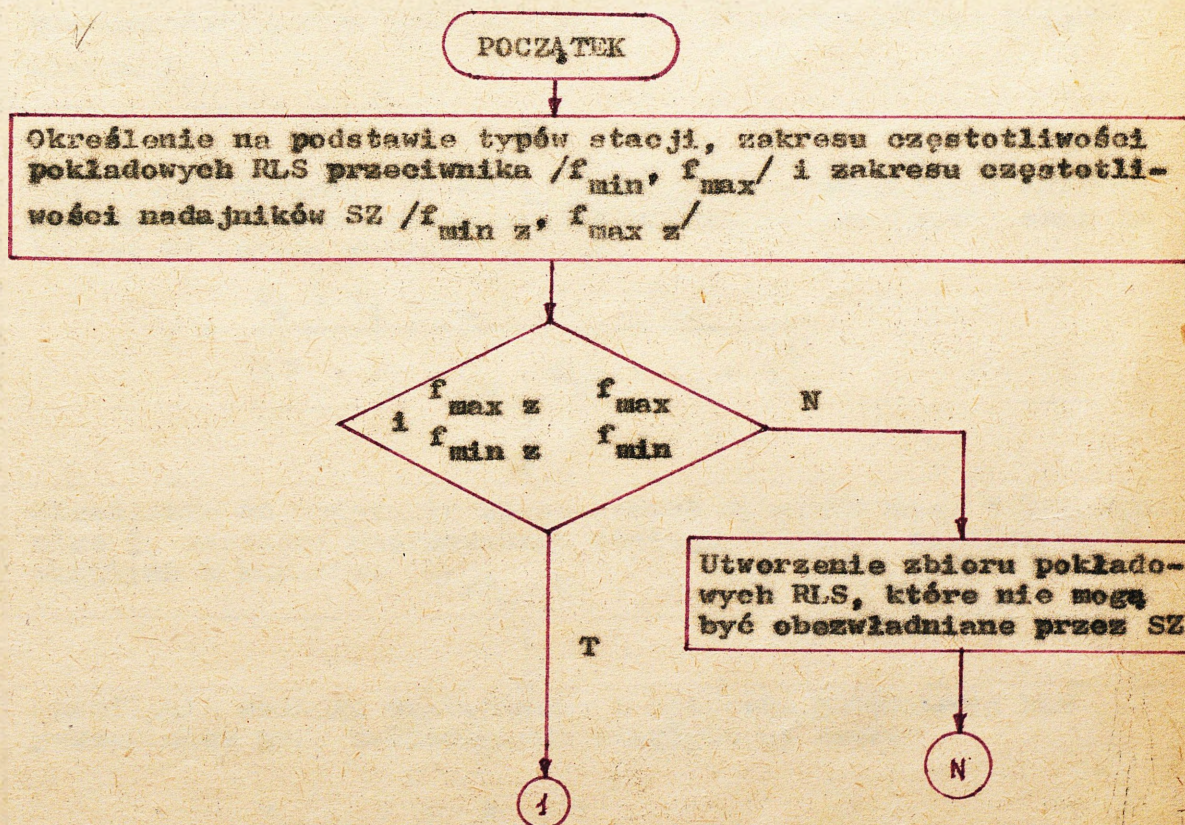
Kolejno przedstawione zostaną:

1/ ogólny algorytm określania możliwości obezwładniania pokładowych RLS przeciwnika powietrznego;

2/ ogólny algorytm określania możliwości obezwładniania łączności radiowej UKF przeciwnika;

3/ ogólny algorytm określania możliwości obezwładniania łączności radiowej KF przeciwnika.

2.2.1. Ogólny algorytm określania możliwości obezwładniania pokładowych RLS przeciwnika powietrznego



4

Obliczenie liczby skutecznie gromadzonych impulsów n_i oraz współczynnika zakłóceń K_z

$$n_i = 0,5 \cdot \frac{Q_\beta}{GNA} \cdot f_p$$

$$K_z = \begin{cases} = 0,5 & \text{dla zakłóceń ciągłych} \\ = 0,25 & \text{dla zakłóceń odzwonowych} \\ = 0,5 \cdot \frac{\Delta f_{z1}}{\Delta f_{wz}} \cdot M_{NZ}, & \text{przy } \frac{1}{2} \leq \frac{M_{NZ} \cdot \Delta f_{z1}}{\Delta f_{wz}} \leq 1 \\ = 0,5 & , \text{ przy } \frac{M_{NZ} \cdot \Delta f_{z1}}{\Delta f_{wz}} \geq 1 \end{cases} \quad \left. \begin{array}{l} \text{dla zakłóceń} \\ \text{zmienna-} \\ \text{częstotli-} \\ \text{wościowych} \end{array} \right\}$$

Określanie charakterystyk na podstawie rys. 1-12 /załącznik 2/, dla określonej liczby częstotliwości i określonej liczby skutecznie gromadzonych impulsów, progowego stosunku sygnał : zakłócenia $/q_0^2/$, odpowiadającego założonym wartościom prawdopodobieństwa wykrycia P_w i prawdopodobieństwa fałszywego alarmu P_F

Określenie wartości progowej funkcji uwzględniającej osłabienie zakłóceń przy ich oddziaływaniu na boczne listki charakterystyki anteny pokładowej RLS

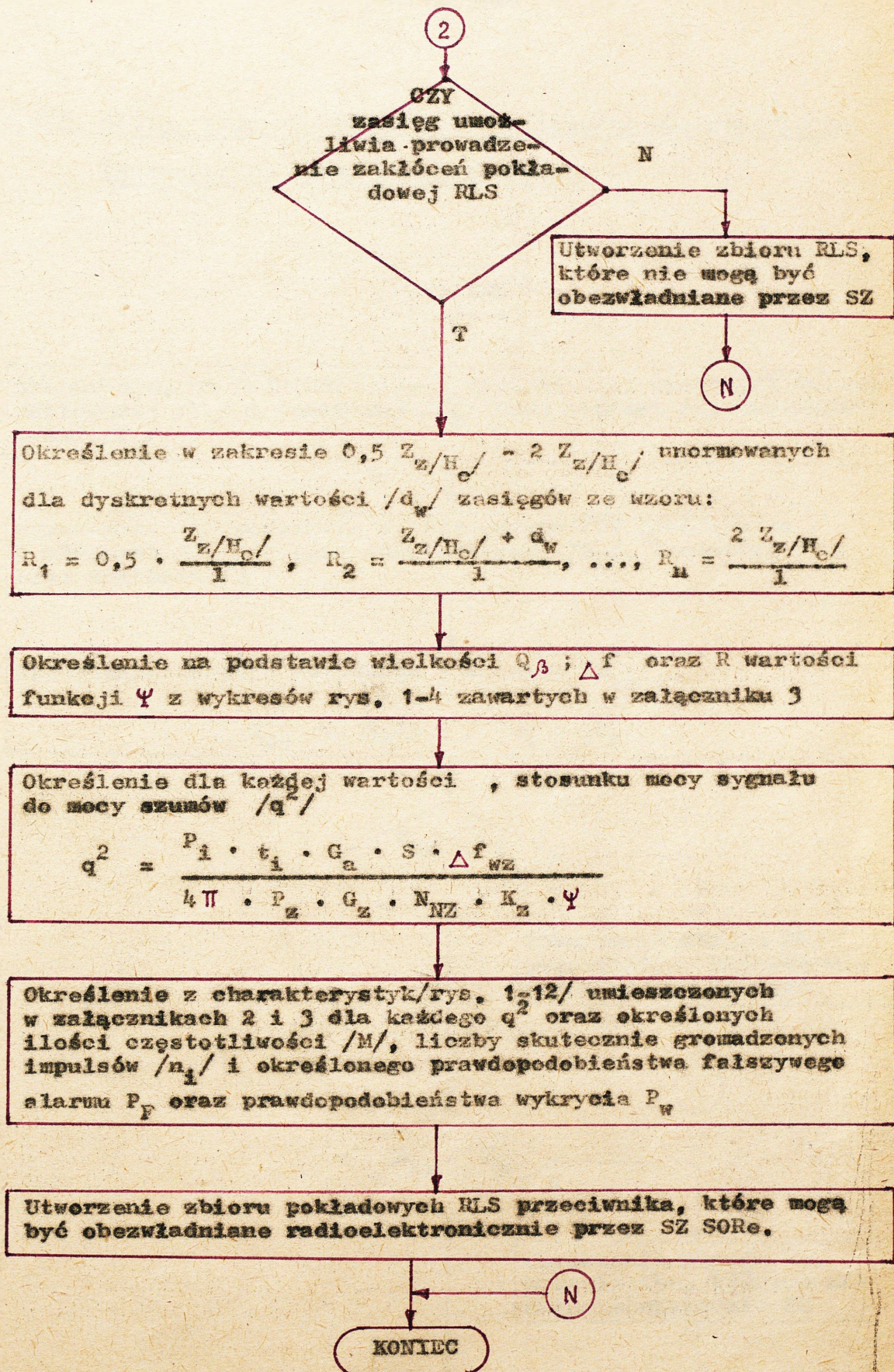
$$\Psi = \frac{P_1 \cdot t_1 \cdot G_a \cdot S \cdot \Delta f_{wz}}{4\pi \cdot P_z \cdot G_z \cdot M_{NZ} \cdot K_z \cdot q_0^2}$$

Określenie na podstawie opracowanych wykresów rys. 1-4 załącznika 3, wartości unormowanego zasięgu RLS przy zakłóceniach ciągłych z warunku: $\Psi / R_0 \cdot Q_\beta \cdot \Delta f \cdot l = 1 / = \Psi_0$

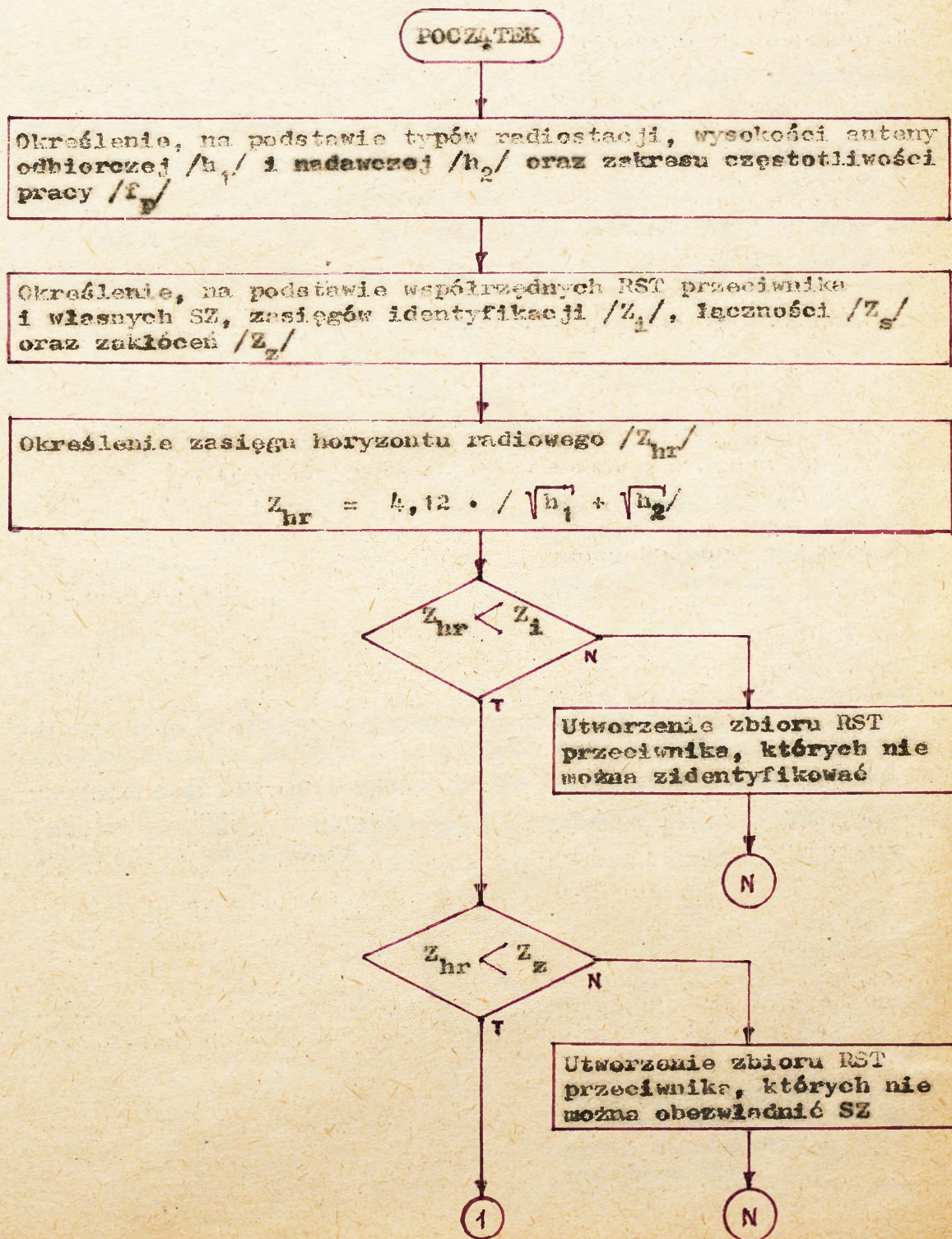
Określenie zasięgu skutecznego zakłócenia pokładowej RLS przeciwnika przy zakłóceniach ciągłych ze wzoru:

$$Z_z / H_c / = R_0 \cdot l$$

2



2.2.2. Ogólny algorytm określania możliwości obezwładniania łączności radiowej UKF przeciwnika



1

Określenie normy natężenie pola $/E_n/$

$$E_n = \frac{A_o}{h \cdot G_{AO}}$$

Wartość G_{AO} określana jest z tabeli na podstawie załącznika 12. Następnie na podstawie tablic /załącznik 4, 5 i 6/ określa się natężenie pola sygnału w miejscu rozwinięcia środków identyfikacji $/E_s/$ dla RST, których moc równa jest 30 W. /Jeżeli moc RST różni się od 30 W, to obliczoną wartość $/E_s/$ należy przeliczyć do faktycznej wartości mocy według tabeli załącznik 7/

$\frac{E_s}{E_n} \geq 1$

Utworzenie zbioru RST przeciwnika, których nie można identyfikować posiadanymi środkami SORe

N

Określenie z tabel zamieszczonych w załącznikach 4, 5, 6 natężenie pola zakłóceń w miejscu obezwładniania $/E_z/$.

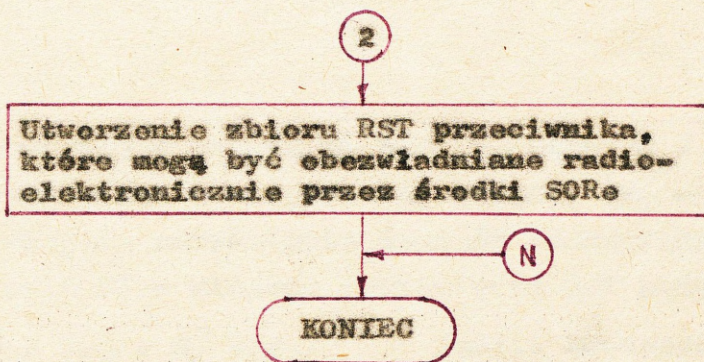
/Jeżeli moc RST jest różna od 30 W, to obliczoną wartość $/E_z/$ należy przeliczyć do faktycznej wartości mocy, według tabeli zawartej w załączniku 7/

$\frac{E_z}{E_s} \geq K_z$

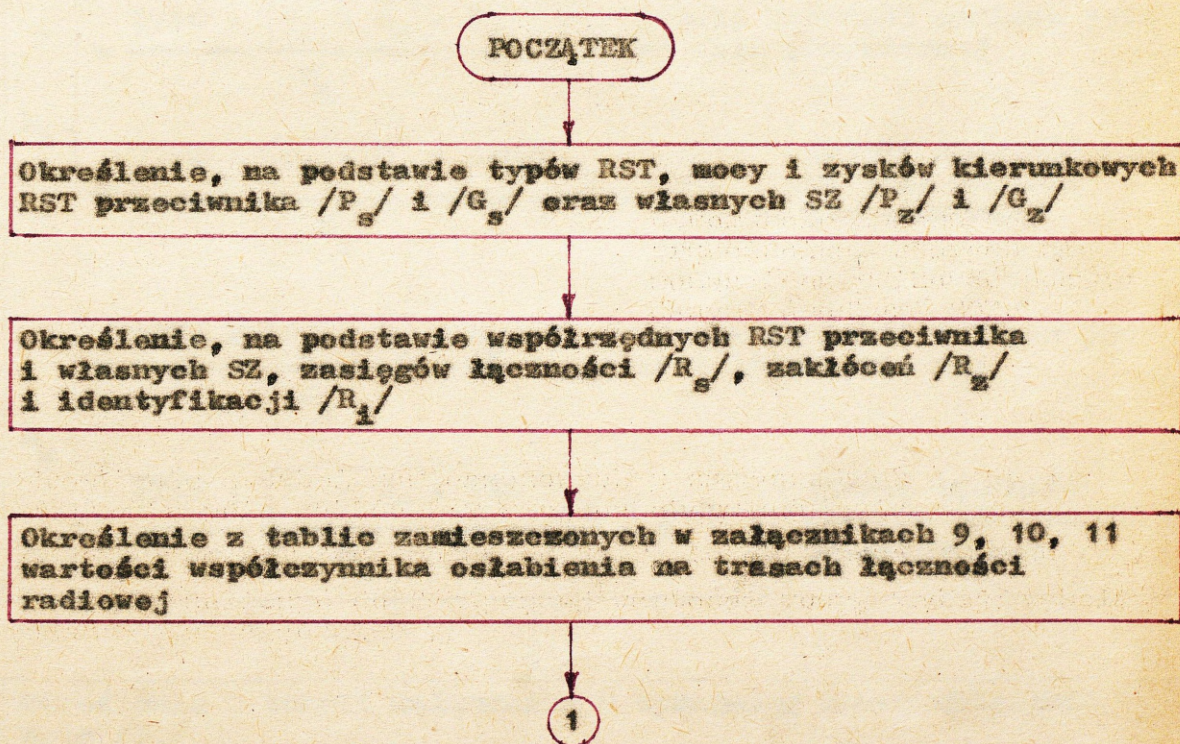
Utworzenie zbioru RST przeciwnika, których nie można obezwładniać środkami SORe

N

2



2.2.3. Ogólny algorytm określania możliwości obezwładniania łączności radiowej KP przeciwnika



1

Obliczenie wartości natężenia pola sygnału E_s identyfikowanej RST przeciwnika w miejscu rozwinięcia SZ, natężenia pola sygnału w miejscu rozwinięcia środków identyfikacji E_i oraz natężenia pola SZ w miejscu rozwinięcia RST przeciwnika E_z

$$E_s \begin{cases} = \frac{7750 \cdot \sqrt{P_s \cdot G_s \cdot F_s}}{R_s} ; & \text{jeżeli łączność radiowa jest} \\ & \text{na fali przyziemnej} \\ = \frac{7750 \cdot \sqrt{P_s \cdot G_s} \cdot \sin \varphi_{F2}}{R_s} \cdot e^{-\Gamma_z} ; & \text{jeżeli łączność radio-} \\ & \text{wa jest na fali} \\ & \text{przestrzennej} \end{cases}$$

$$E_i \begin{cases} = \frac{7750 \cdot \sqrt{P_s \cdot G_s \cdot F_s}}{R_i} ; & \text{jeżeli łączność radiowa jest} \\ & \text{na fali przyziemnej} \\ = \frac{7750 \cdot \sqrt{P_s \cdot G_s} \cdot \sin \varphi_{F2}}{R_i} \cdot e^{-\Gamma_i} ; & \text{jeżeli łączność radio-} \\ & \text{wa jest na fali} \\ & \text{przestrzennej} \end{cases}$$

$$E_z \begin{cases} = \frac{7750 \cdot \sqrt{P_s \cdot G_s \cdot F_s}}{R_z} ; & \text{jeżeli łączność radiowa jest} \\ & \text{na fali przyziemnej} \\ = \frac{7750 \cdot \sqrt{P_s \cdot G_s} \cdot \sin \varphi_{F2}}{R_z} \cdot e^{-\Gamma_i} ; & \text{jeżeli łączność} \\ & \text{radiowa jest na fali} \\ & \text{przestrzennej} \end{cases}$$

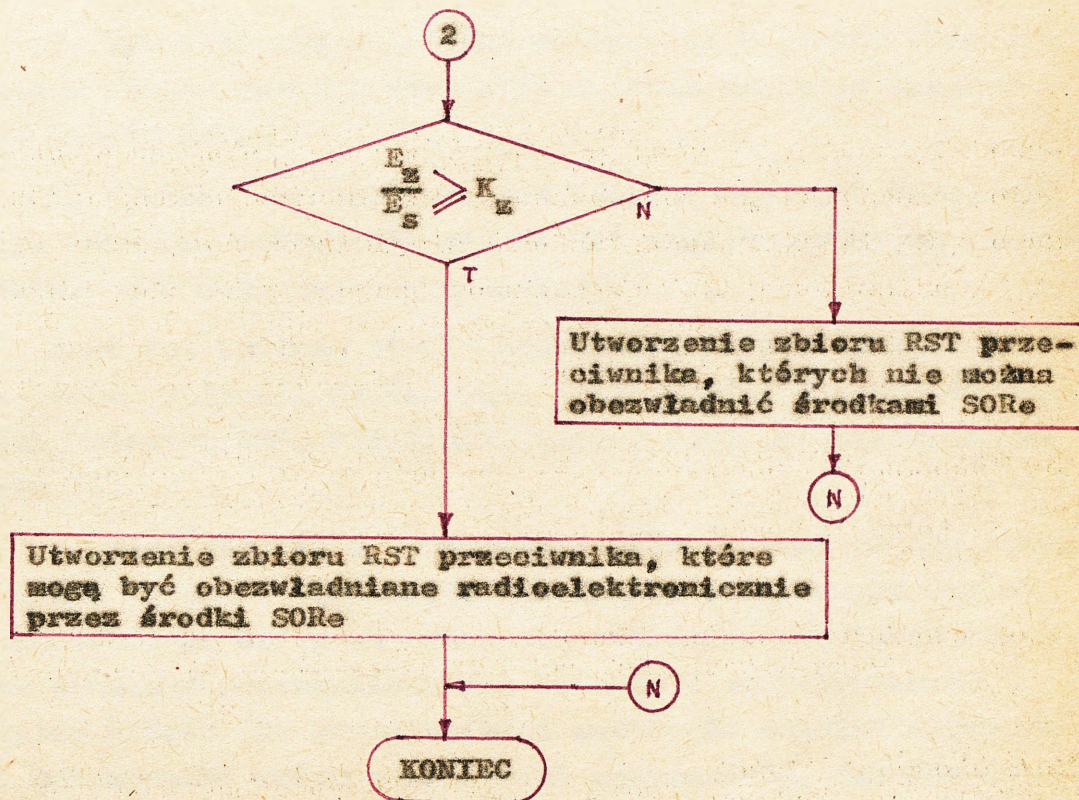
Określenie z tabeli załącznika 8 wymaganej normy natężenia pola E_n

$$\frac{E_i}{E_n} > 1$$

Utworzenie zbioru RST przeciwnika, których nie można identyfikować środkami SORe

2

N



2.3. Kolejność i sposób postępowania podczas oceny możliwości bojowych SORe wojsk OPK

Przyjmując za podstawę przedstawione wymagania i założenia teoretyczne, wypracowano następującą kolejność i sposób postępowania w czasie oceny możliwości bojowych SORe wojsk OPK.

1. Sztab /zespół badawczy/ opracowuje model /modele/ nalotu ŚNP oraz warianty użycia posiadanych sił i środków SORe /warianty działań bojowych/.

2. Oblicza się oczekiwaną liczbę obezwładnionych zakładnicami obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego dla każdego z rozpatrywanych wariantów działań bojowych SORe względem każdego modelu nalotu z uwzględnieniem wyłącznie potencjalnych możliwości, przy założeniu, że potrzeby informacyjne będą w pełni zaspokojone, a dowodzenie - optymalne.

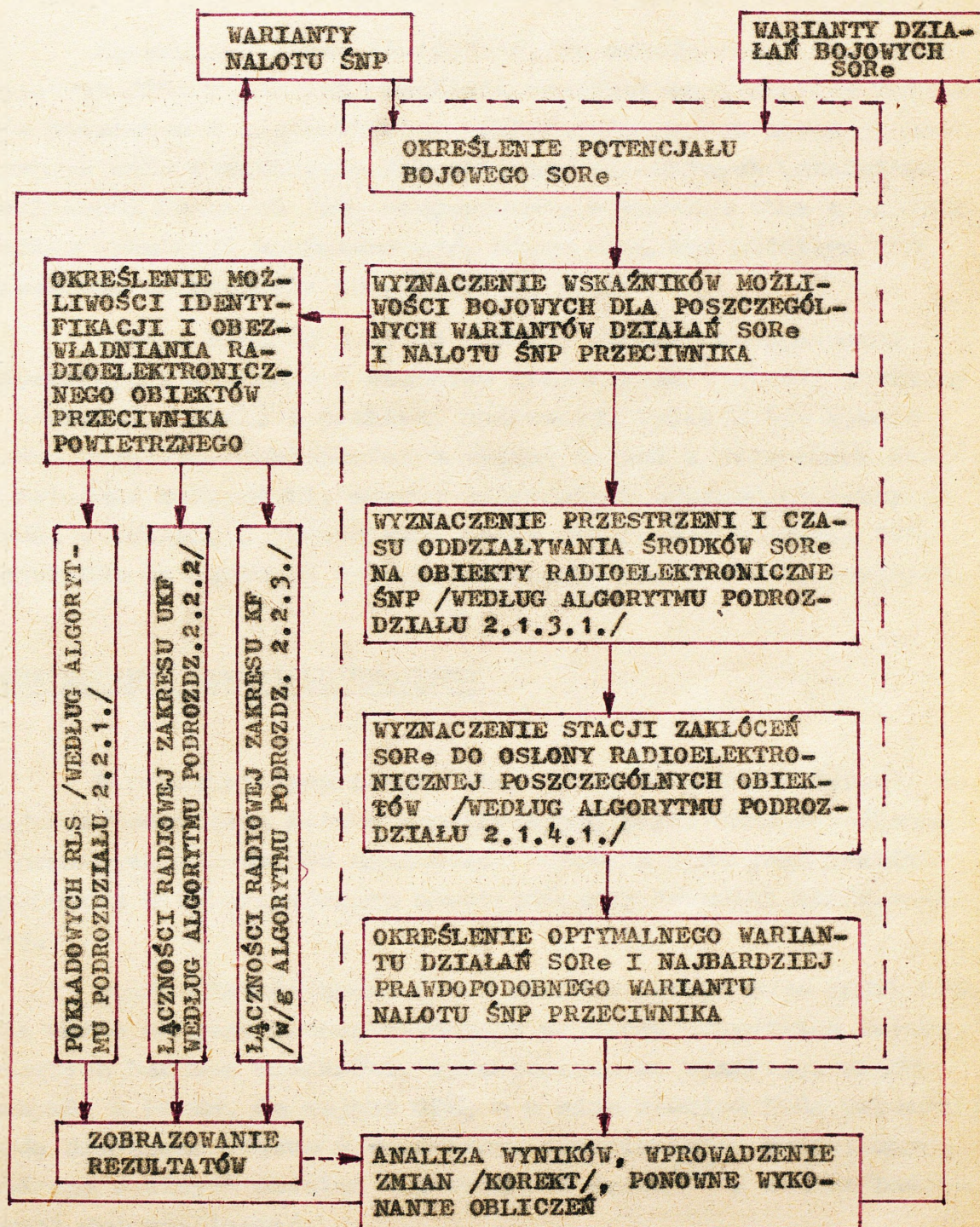
3. Wyznacza się wskaźniki możliwości bojowych SORe dla każdego z rozpatrywanych wariantów działań względem każdego modelu nalotu ŚNP.

4. Wybiera się taki wariant działań bojowych SORe, dla którego wartości wskaźników możliwości względem różnych wariantów nalotu ŚNP mają najwyższą wartość.

Jest to, ogólnie mówiąc podstawowa kolejność postępowania z punktu widzenia wyznaczania /obliczania/ wskaźników możliwości bojowych SORe wojsk OPK, której ideę przedstawiono na rysunku 14.

Zakłada się, że wykorzystanie proponowanej metody oceny możliwości bojowych SORe wojsk OPK wymaga dodatkowych danych oraz określonego czasu na wykonanie obliczeń. Umożliwia ona jednak dokładne przeanalizowanie każdego z rozpatrywanych wariantów nalotu ŚNP przeciwnika i wariantów działań bojowych SORe. Dokonywanie zmian w sposobach rozpoznania, dowodzenia i współdziałania pozwoli na wypracowywanie takich wariantów użycia posiadanych sił i środków SORe, w których przyjęte wskaźniki możliwości bojowych osiągają maksymalne wartości. Dokonując zmian w rozpatrywanych wariantach działań bojowych SORe należy powtórnie wykonać obliczenia i przeprowadzić analizę wskaźników możliwości bojowych.

Jest to metoda oceny możliwości bojowych SORe nadająca się do zastosowania, wówczas gdy sztaby dysponują odpowiednim czasem planowania działań bojowych. Może być ona przeznaczona dla sztabów i zespołów naukowych, jako narzędzie badawcze, w celu przeprowadzania dokładnych analiz i dokonywania ocen będących podstawą doskonalenia SORe wojsk OPK. Może być również stosowana w grach decyzyjnych.



Rys. 13. Kolejność postępowania w ocenie możliwości bojowych SORe

Reasumując można stwierdzić, że metoda oceny możliwości bojowych SORe wojsk OPK umożliwia wszechstronną analizę wariantów rozwiązań z zastosowaniem zobiektywizowanych metod naukowych, w celu wyznaczenia /określenia/ mierzalnych wskaźników możliwości bojowych /np. eksperymenty z modelem SORe z zastosowaniem symulacji komputerowej/, które mogą być podstawą lub wskazówką do podjęcia decyzji przez decydenta.

Wydaje się, że jest to słuszny sposób postępowania, zapewniający łączenie i właściwe wykorzystanie wiedzy ludzkiej i techniki, teorii i praktyki badawczej. Tylko w ten sposób można zapobiec rozbieżnościom między celami i potrzebami badań, a metodami badawczymi, między założeniami operacyjne-taktycznymi, a treścią i wskaźnikami oceny możliwości bojowych SORe wojsk OPK niezbędnymi do wypracowywania wariantów decyzyjnych.

PODSUMOWANIE ROZDZIAŁU DRUGIEGO

W rozdziale poprzednim niniejszej rozprawy założono, że najodpowiedniejszą metodą umożliwiającą praktyczne określanie mierzalnych wskaźników możliwości bojowych SORe jest analiza systemowa z wykorzystaniem elektronicznej techniki obliczeniowej.

Pomimo istniejącego już w okresie pokoju SORe wojsk OPK, nie można za jego pomocą dokonywać pomiarów wszystkich interesujących badacza wielkości. Ograniczenia te wynikają, między innymi, z faktu, że wojska OPK, a w nich również SORe prowadzić będą działania bojowe z konkretnym przeciwnikiem powietrznym, którego realnych działań bojowych nie można^{12/} w celach badawczych przeanalizować.

^{12/} W czasie ćwiczeń z wojskami rozgrywa się tylko niektóre, wybrane epizody działań bojowych przeciwnika powietrznego z wykorzystaniem własnego lotnictwa /głównie jako pozorację celów powietrznych/.

Jednakże możliwość sprawdzenia teoretycznych przesłanek SORe, dokonywania na nim empirycznych obserwacji i wyciągania na tej podstawie logicznych wniosków, a także możliwość wielokrotnego powtarzania eksperymentów przy nieporównywalnie niższych kosztach ich przeprowadzenia, przemawia za poważniejszym zainteresowaniem się tą metodą badawczą.

Zastosowanie symulacji komputerowej w badaniach systemu wymaga korzystania w szerokim zakresie z modeli matematycznych. W zależności od sformułowanych celów badawczych, a także umiejętności projektantów oraz możliwości techniki obliczeniowej, można budować modele matematyczne o różnym stopniu szczegółowości i wierności odwzorowywanej rzeczywistości.

Zastąpienie systemu rzeczywistego jego matematycznym modelem umożliwia niepełne odwzorowanie tego systemu. Jednak zaletą tej metody jest możliwość opisu dowolnego systemu z taką dokładnością, na jaką pozwala rozwój aparatu matematycznego, czas, jakim się dysponuje oraz możliwości elektronicznej techniki obliczeniowej.

Funkcjonowanie proponowanej metody w procesie organizowania osłony radioelektronicznej obiektów i wojsk systemu OPK pozwoli na wzrost wiarygodności podejmowanych decyzji oraz zwiększenie celowości i skuteczności obezwładniania radioelektronicznego, a także ekonomiczności wykorzystania sił i środków SORe wojsk OPK.

Dlatego też opracowane i przedstawione w niniejszym rozdziale algorytmy uwzględniają logiczną kolejność czynności, jakie należy wykonać w celu zwiększenia efektów zakłóceń w każdej sytuacji radioelektronicznej.

Wojska OPK powinny dysponować programami realizującymi powyższe algorytmy, w których należy wcześniej wprowadzać dane dotyczące osłanianych obiektów i systemu obezwładniania radioelektronicznego. Natomiast dane dotyczące ŚNP przeciwnika oraz ich wyposażenia radioelektronicznego należy wprowadzać na bieżąco - od momentu rozpoczęcia nalotu.

Wynikiem realizacji poszczególnych algorytmów będzie wartość współczynnika zakłóceń K_z określającego stosunek mocy zakłóceń do mocy sygnału dla każdej zakłócanej stacji radiolokacyjnej bądź radiostacji. Szybkość uzyskania tych danych umożliwia natychmiastową reakcję SORe, polegającą na manewrze zakłóceniami odpowiednio do bieżących zmian w sytuacji radioelektronicznej.

Realizacja przedstawionych algorytmów dla założonych wariantów nalotu ŚNP przeciwnika pozwala uzyskać dane wyjściowe do prognozowania zmniejszenia strat osłanianych radioelektronicznie obiektów w porównaniu ze stratami, jakie poniosłyby one bez stosowania osłony radioelektronicznej.

ZAKOŃCZENIE

W pracy przedstawiono całokształt zagadnień dotyczących oceny możliwości bojowych systemu obozwiadniania radioelektronicznego wojsk OPK. Ponieważ zapotrzebowanie w stacje zakłóceń wchodzące w SORe jest znacznie większe od realnych możliwości, zachodzi więc konieczność optymalizacji zarówno podziału stacji zakłóceń do osłony radioelektronicznej poszczególnych obiektów, jak i kierowania ich pracą w celu uzyskania największych efektów zakłóceń.

Podczas podejmowania decyzji o użyciu sił i środków SORe należy uwzględnić wiele mających decydujący wpływ na wykonanie zadania bojowego czynników, dotyczących taktyki i możliwości bojowych przeciwnika powietrznego oraz wojsk OPK. Aby wykonać to zadanie siły i środki SORe mogą być wykorzystywane w różny sposób. W tej sytuacji podjęcie decyzji będzie polegało głównie na dokonaniu wyboru najlepszego z możliwych sposobów realizacji zadania bojowego. Najczęściej nazywa się je wariantami działań bojowych. Poprawność takiej decyzji zależy w głównej mierze od umiejętności rozwiązywania niżej omówionych problemów.

Pierwszy z nich dotyczy trafności wyboru podstawowych czynników, które mają decydujący wpływ na możliwości bojowe. Czynniki te determinują z kolei możliwe sposoby /warianty/ użycia posiadanych sił i środków SORe w zakłócaniu obiektów radioelektronicznych przeciwnika powietrznego.

Drugi problem dotyczy wyboru takiego wariantu działań bojowych, który zapewni najlepsze wykonanie zadania. Wyboru dokonuje się na podstawie określonych kryteriów wykorzystując do tego wskaźniki możliwości bojowych pozwalające ocenić i porównać skutki powziętej decyzji.

W tym celu poszukuje się właśnie metody oceny możliwości bojowych, aby wypracować różne warianty decyzji, a następnie wybrać najlepszy z nich.

Wreszcie trzeci problem polega na dostosowaniu metody i kryteriów oceny możliwości bojowych SORe do potrzeb dokonywania analiz i prognoz przez dowódców, sztaby i zespoły naukowo-badawcze.

Przedstawiona w rozprawie metoda oceny możliwości bojowych systemu obezwładniania radioelektronicznego ma służyć rozwiązaniu niektórych z tych problemów. Rozprawa ta stanowi próbę wniesienia skromnego wkładu do dalszego rozwoju teorii i praktyki wojsk OPK.

Z przeprowadzonych badań wynika, że hipoteza o celowości zastosowania analizy systemowej, a w niej metody modelowania matematycznego, do oceny możliwości bojowych systemu obezwładniania radioelektronicznego wojsk OPK jest jak najbardziej słuszna.

Opracowana i zaproponowana w rozprawie metoda badawcza może być skutecznym narzędziem do rozwiązywania problemów decyzyjnych; służy przede wszystkim do oceny możliwości bojowych, a także do prowadzenia badań ułatwiających formułowanie kierunków doskonalenia systemu obezwładniania radioelektronicznego. Może ona również znaleźć zastosowanie w grach decyzyjnych, umożliwiając ówczesnym sprawdzenie i weryfikowanie podejmowanych decyzji.

Zastosowanie analizy systemowej, jako metody badawczej, umożliwiło uwzględnienie reguł badań systemowych, z których za najistotniejsze uznano traktowanie przedmiotu badań jako systemu. Umożliwiło to wyodrębnienie podstawowych elementów /modułów/ systemu obezwładniania radioelektronicznego oraz jego uwarunkowań wewnętrznych i zewnętrznych, a także sformułowanie celów i zasad działania.

Zgodnie z zadaniami badawczymi, przyjęto odpowiedni stopień uogólnienia opracowanego modelu i algorytmów oceny możliwości bojowych SORe. Wyeksponowano w nich podstawowe elementy oraz ich funkcje.

Takie podejście do rozwiązania problemu, zgodnie z przyjętą hipotezą roboczą, miało na celu nadanie wiódcej i integru-

jącej roli proponowanej metodzie badawczej, traktowanej jako baza metodyczna i merytoryczna w rozwijaniu dalszych badań, dotyczących szczegółowych ocen możliwości bojowych poszczególnych elementów SORe wojsk OPK.

W przedstawionej rozprawie nie opracowano programów przystosowanych do elektronicznej techniki obliczeniowej, a poprzestano tylko na określeniu algorytmów wykorzystywanych w metodzie oceny możliwości bojowych SORe. Rozwiązanie tego problemu uczyni dopiero tę pracę w pełni użyteczną i praktyczną.

BIBLIOGRAFIA

1. S. Antczak, "Analiza systemowa w planowaniu działań bojowych wojsk OPK", *Myśl Wojskowa* 1984 nr 5.
2. S. Antczak, E. Zabłocki, "Ocena efektywności działań bojowych wojsk OPK /rozprawa habilitacyjna/", ASG WP 1985.
3. *Biuletyn informacyjny*, MON 1976 nr 2/122/.
4. W. Brzostek, "Armijny system obezwładniania radioelektronicznego środków i systemów dowodzenia przeciwnika /rozprawa habilitacyjna/", ASG WP 1984.
5. Z. Dubrawski, "Pułk zakłóceń radioelektronicznych wojsk OPK", ASG WP 1985.
6. Z. Dubrawski, "Wybrane problemy walki radioelektronicznej wojsk OPK", *Zeszyty Naukowe ASG WP*, 3/54/88.
7. G. Fishman, "Symulacja komputerowa. Pojęcia i metody", Warszawa 1981.
8. Hekport, Ulman, "Postroenie i analiz vycislitelnych algoritmov", Moskwa 1979.
9. M. Jarczyński, "Automatyzacja walki radioelektronicznej", *Biuletyn informacyjny* 1979 nr 2/129/.
10. B. Jawerski, "Kierunki doskonalenia systemu OPK w warunkach walki radioelektronicznej", *Zeszyty Naukowe ASG WP*, 2/81/.
11. T. Jemioło, "Podejmowanie decyzji o radioelektronicznym obezwładnianiu celów powietrznych", *Myśl Wojskowa* 1978 nr 5.
12. T. Jemioło, "Czynniki określające możliwości bojowe pododdziałów zakłóceń łączności radiowej wojsk OPK", *Myśl Wojskowa* 1976 nr 3.
13. H. Kierebiński, "Modelowanie walki podstawowych rodzajów wojsk OPK na szczeblu taktycznym z zastosowaniem symulacji komputerowej /rozprawa doktorska/", ASG WP 1984.

14. E. Kołodziński, "Skuteczność działania systemu OP", WAT 1980.
15. "Kompendium sił zbrojnych państw NATO", MON 1987.
16. J. Konieczny, "Inżynieria systemów działania", Warszawa 1983.
17. Z. Kukuła, J. Smoter, "Sztuka operacyjna wojsk OPK". Część II, ASG WP 1979.
18. R. Kulczycki, "Zastosowanie symulacji komputerowej do doskonalenia i kierowania ogniem związku taktycznego /oddziału/ wojsk rakietowych OPK /rozprawa habilitacyjna/", ASG WP 1979.
19. R. Kulikowski, "Analiza systemowa i jej zastosowanie", Warszawa 1977.
20. Z. Magnucki, "Prognoza rozwoju środków obezwładniania radioelektronicznego wojsk lądowych w aspekcie wymagań operacyjne-taktycznych i przewidywanego postępu technicznego /rozprawa doktorska/", ASG WP 1979.
21. K. Matuszkiewicz, J. Tulisza, "Metody oceny efektywności zakłócenia przez lotnictwo środków radioelektronicznych obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela /rozprawa doktorska/", ASG WP 1983.
22. "Metodyka wojskowych badań naukowych", ASG WP 1983.
23. "Metodyka obliczeń operacyjne-taktycznych obezwładniania radioelektronicznego", Sztab Gen. WP 1979.
24. "Obliczanie skuteczności oddziaływania aktywnych zakłóceń na środki radioelektroniczne", MON 1979.
25. "Określanie obiektów rażenia i obezwładniania radioelektronicznego w oparciu o analizę zautomatyzowanego systemu kierowania nieprzyjaciela", Sztab Gen. WP 1979.
26. "Organizacja dowodzenia lotnictwem taktycznym w siłach powietrznych państw NATO", DWOPK 1979.

27. Palijs, "Radioelektronnaja borba", Moskwa 1981.
28. H. Piekarski, "Walka radioelektroniczna", Warszawa 1980.
29. H. Piekarski, "Założenia i zasady walki radioelektronicznej /rozprawa habilitacyjna/", ASG WP 1980.
30. H. Piekarski, "Zasady organizacji walki radioelektronicznej w Siłach Zbrojnych PRL", ASG WP 1976.
31. "Pokładowe systemy radioelektroniczne sił powietrznych państw NATO w zabezpieczeniu działań bojowych lotnictwa", DWOPK 1986.
32. W. Pokruszyński, "Sztuka operacyjna wojsk OPK", ASG WP 1985.
33. W. Pokruszyński, E. Zabłocki, S. Antczak, "Komputerowy model symulacyjny działań bojowych wojsk w systemie obrony powietrznej /konceptja rozwiązania problemu/", ASG WP 1983.
34. P. Sienkiewicz, "Inżynieria systemów", MON 1983.
35. M. Simonnard, "Programowanie liniowe", Warszawa 1967.
36. B. Tarabanow, "Kriterii efektywności borby z powietrznym przeciwnikiem", Wojennaja Mysl 1979, nr 3.
37. J. Telep, "Doskonalenie osłony radioelektronicznej obiektów w ugrupowaniu operacyjnym armii w operacji zaczepnej /rozprawa habilitacyjna/", ASG WP 1985.
38. "Tymczasowe zasady organizacji i prowadzenia walki radioelektronicznej w wojskach OPK", DWOPK 1983.
39. S.A. Wakin, L.N. Szustow, "Zasady przeciwdziałania radioelektronicznego", MON 1972.
40. E. Zabłocki, A. Adamczyk, "Metoda oceny efektywności wykorzystania lotnictwa myśliwskiego korpusu OPK /rozprawa doktorska/", ASG WP 1978.
41. E. Zabłocki, "Organizacja działań bojowych w oddziałach wojsk OPK", ASG WP 1980.

42. E. Zabłocki, S. Antczak, A. Adamczyk, Z. Groszek, Z. Dubrawski, "Kompleksowy model symulacyjny działań bojowych wojsk w systemie OP - ZENIT /projekt koncepcyjny/", ASG WP 1986.
43. "Zasady dowodzenia i systemy łączności, w tym satelitarnej w Siłach Zbrojnych NATO", MON 1983.
44. "Zasady organizacji łączności i wymiany radiowej w zakresie KF w siłach powietrznych państw NATO", MON 1981.
45. "Zasady organizacji i prowadzenia walki radioelektronicznej przez Siły Zbrojne PRL", Sztab Gen. WP 1985.

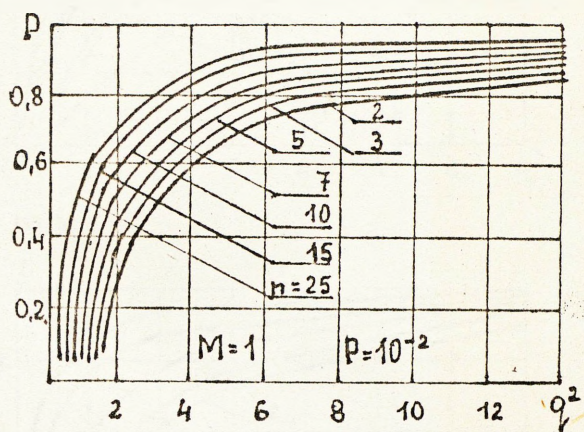
Z A Ł A C Z N I K I

Podstawowe dane taktyczno-techniczne niektórych stacji radiolokacyjnych sił powietrznych państw NATO

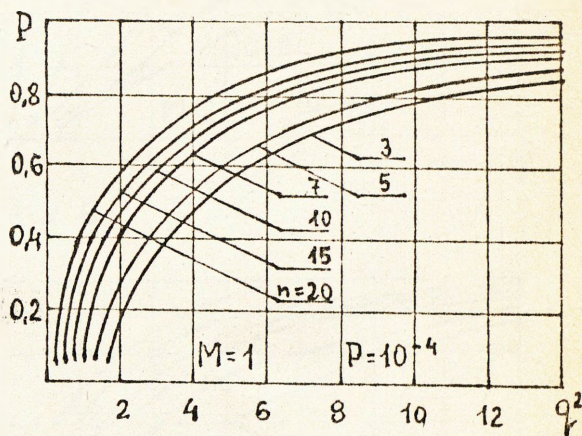
Lp.	Typ pokładowej RLS	Nosiciel	Zakres częstotliwości /MHz/	Moc /kW/	Czas trwania impulsu / μ s/	Częstotliwość powtarzania impulsu /Hz/	Szerokość charakterystyk promieniowania anteny		Zasięg /km/	Uwagi
							Azymut / $^{\circ}$ /	Elewacja / $^{\circ}$ /		
1.	AN/AWG-9	F-14	9000-10000	10			3	3	95	
2.	AN/APG-63	F-15	8000-20000	25	0,2; 0,5				180	
3.	AN/APG-66	F-16	10000	170					150	
4.	AN/APQ-113; 114	F-111	16000-16400	70	0,5; 1	670; 800	1,6	3	200	
5.	AN/APQ-161; 163	FB-111	16000-16400	70	0,5; 1	670; 800	1,6	3	200	
6.	AN/APQ-120	F-4	8700- 9400	165	0,4 \pm 0,02; 2 \pm 1	330; 1600	3,3	3,3	110	
7.	AN/APQ-130	F-111	16000-16400	79	0,1; 0,4; 2,2	300; 900; 1500; 1800	0,75	0,75	200	
8.	"PEVE MOVER"	TR-1; F-111	8000-10000	10					200	
9.	AN/APQ-109	F-4	9700	50	0,1; 0,3	740; 2520			60	
10.	R-21A	F-104	9345 \pm 125	220	0,6; 1,4	640; 1280	3,2	3,2	40	
11.	R-14A	F-105	9345 \pm 30	75 \pm 25	0,4; 1,7	800; 1200	5,4	6,2	40	
12.	AN/APQ-128	F-111	16700-17000	30	0,2	3600; 4045	8,25	8,25	80	
13.	AN/APQ-140	B-1	18000-20000	100					100	
14.	AN/APQ-159	F-5	8000-20000	90					80	
15.	"FOX HUNTER"	TORNADO	8000-10000	80					185	
16.	AIDA III	MIRAGE 5	8000-10000	80			18	18	35	
17.	"CYRANO"-2;4	MIRAGE 3	8000-10000	200					155	
18.	"TARAN"	MIRAGE 3	8500- 9250	250	0,5	333; 1200; 2000	6	5	50	



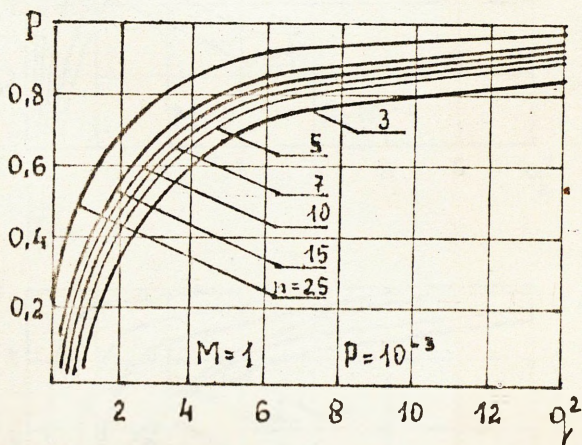
Charakterystyki wykrywania RLS dla zadanych wartości M , P i n potrzebne do określania progowego stosunku sygnał/zakłócenia q_0^2



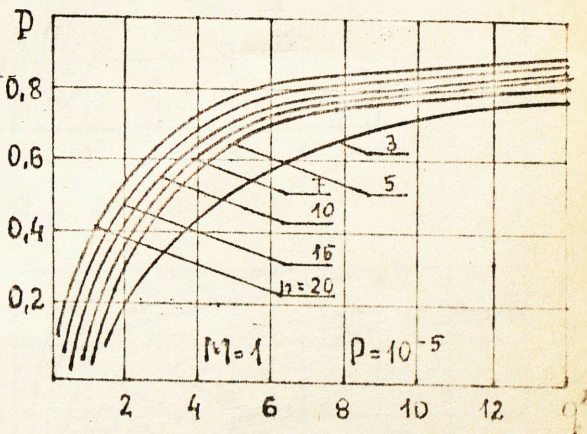
Rys. 1



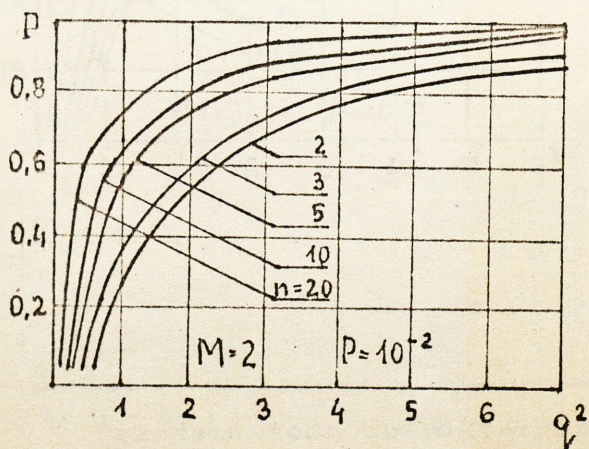
Rys. 2



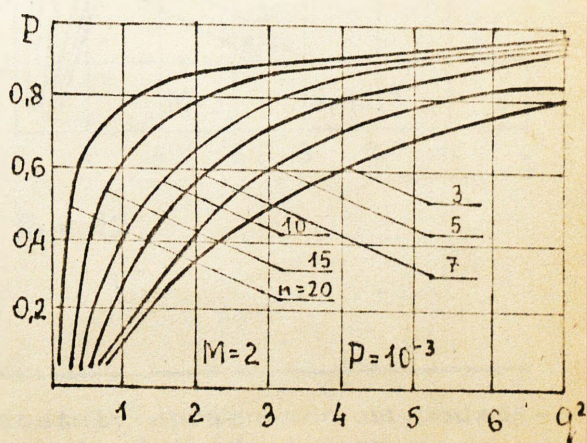
Rys. 3



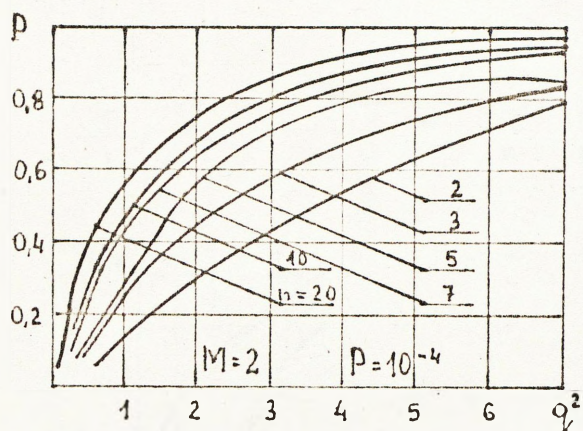
Rys. 4



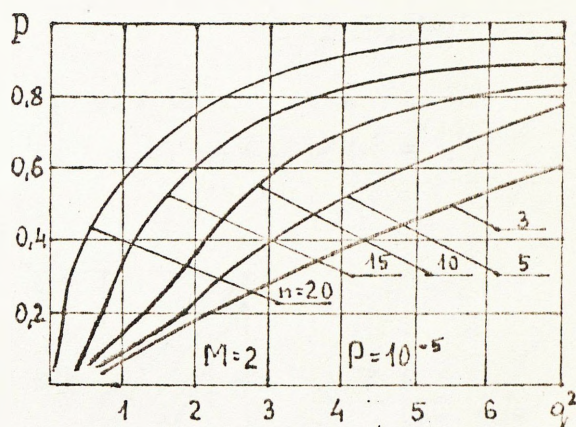
Rys. 5



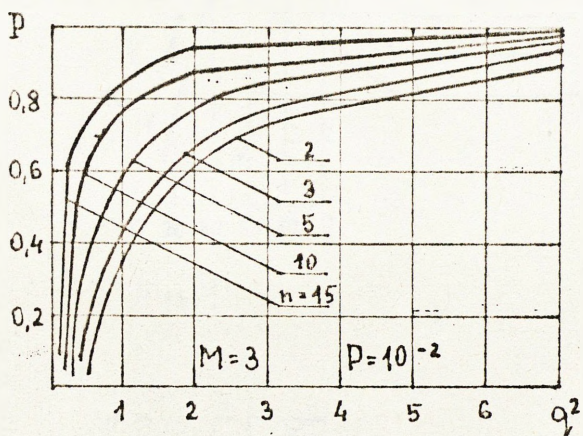
Rys. 6



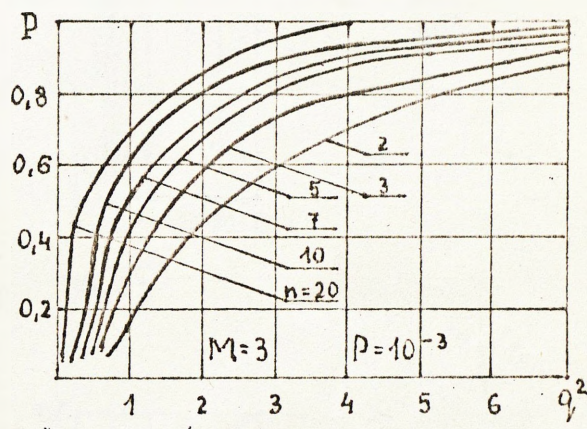
Rys. 7



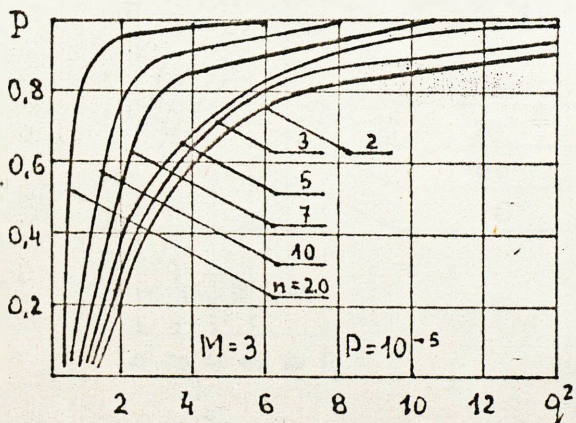
Rys. 8



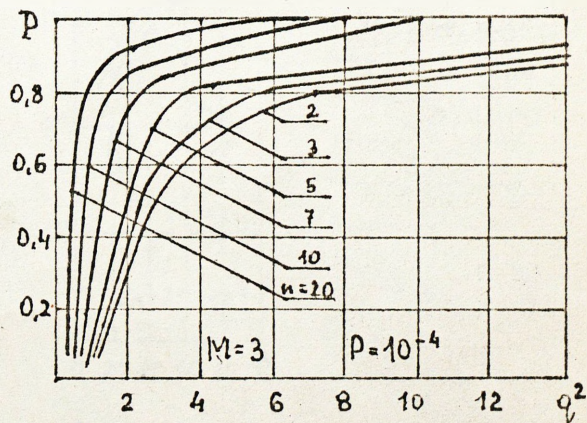
Rys. 9



Rys. 10



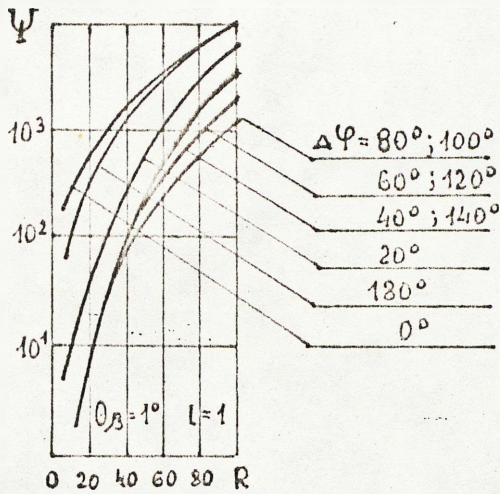
Rys. 11



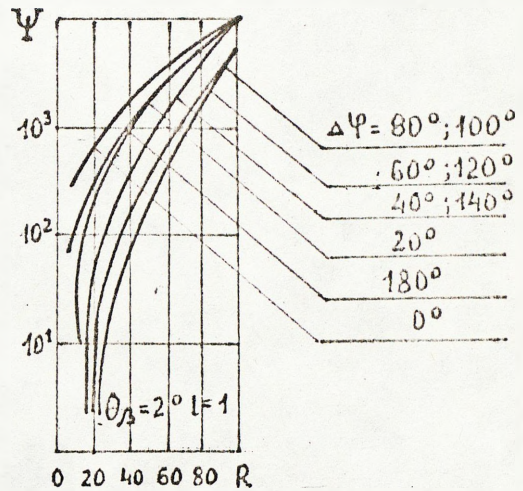
Rys. 12

1/ Przedstawione charakterystyki zostały opracowane na podstawie podręcznika "Obliczanie skuteczności oddziaływania aktywnych zakłóceń na środki radiolokacyjne", s. 20-24.

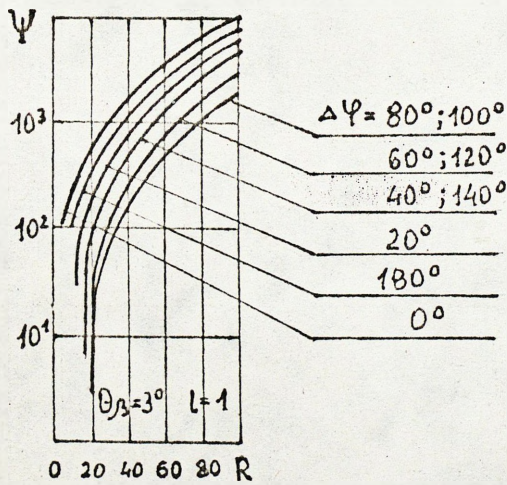
Unormowany zasięg R_0 zakłócania RLS dla zadanych wartości θ_β i $\Delta\varphi$ oraz $l = 1/z$ warunku $\Psi/R_0, \theta_\beta, \Delta\varphi, l=1/z = \Psi_0/2/$



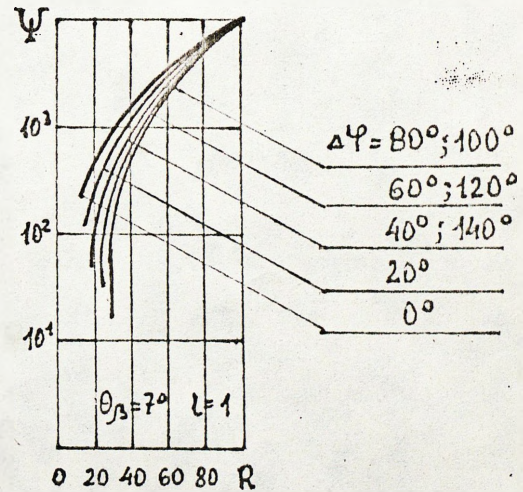
Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3



Rys. 4

2/ Wykresy unormowanych zasięgów R_0 zakłócania RLS zostały opracowane na podstawie podręcznika "Obliczanie skuteczności oddziaływania aktywnych zakłóceń na środki radiolokacyjne", s. 32.

Wartość natężenia pola elektromagnetycznego /podłoże wilgotne/

Częstotliwość pracy /MHz/	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	
	Natężenie pola elektromagnetycznego / $\frac{\mu V}{m}$ /										
Odległość łącz. zakłócanej /km/											
1	3000	2000	1500	1400	1200	1000	900	700	600	500	
1,5	1300	900	700	600	500	420	380	320	300	240	
2	700	490	390	340	300	240	200	180	150	140	
2,5	400	320	230	200	180	150	140	120	100	90	
3	310	220	170	150	140	120	100	90	70	60	
3,5	210	160	130	120	100	80	70	60	50	42	
4	170	130	100	90	80	60	55	49	40	33	
4,5	140	110	90	70	60	50	42	37	32	29	
5	120	90	65	54	49	39	34	30	24	20	
5,5	95	70	52	44	38	32	30	26	20	17	
6	80	59	42	38	32	28	24	20	17	14	
6,5	68	49	37	33	29	22	20	17	14	12	
7	58	40	32	30	25	20	17	15	13	11	
7,5	50	37	30	27	20	17	15	13	11	9,8	
8	40	32	25	22	18	15	14	12	10	8,5	
8,5	38	30	20	18	15	13	12	10	9	7	
9	34	24	18	16	14	12	11	9	8	6	
9,5	31	21	17	15	13	10,4	9,8	8	7	5,8	
10	29	20	15	14	12	10	9	7	6	5	
15	14	8	7	6	5	4,2	3,8	3,3	2,9	2,4	
20	6,4	5	4	3,5	3	2,5	2	1,8	1,6	1,4	
25	4	3,2	2,9	2,1	1,8	1,6	1,4	1,2	1	0,8	
30	3	2	1,8	1,5	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	
40	1,5	1	0,8	0,65	0,55	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	
50	0,62	0,5	0,4	0,33	0,3	0,24	0,2	0,18	0,15	0,14	
60	0,33	0,28	0,2	0,18	0,15	0,14	0,11				

Wartości natężenia pola elektromagnetycznego
/podłóżo o średniej wilgotności/

Częstotliwość pracy /MHz/	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80
	Nateżenie pola elektromagnetycznego / $\frac{\mu V}{m}$ /									
Odległość łącz. zakłócającej /km/										
1	2000	1700	1300	1100	900	800	700	550	500	400
1,5	900	800	590	480	400	340	300	270	250	200
2	500	400	300	250	210	190	160	140	130	110
2,5	300	270	200	170	150	130	110	90	80	70
3	200	160	140	120	100	88	72	60	52	48
3,5	150	130	100	80	70	60	50	40	38	34
4	120	100	80	68	60	49	40	35	30	27
4,5	100	80	60	50	45	38	32	28	24	20
5	98	60	49	40	38	30	25	21	19	17
5,5	75	50	40	34	30	25	20	17	15	14
6	52	40	33	29	24	20	17	15	13	12
6,5	45	35	28	24	20	18	15	13	11	10
7	40	30	24	20	19	15	13	11	10	9
7,5	34	28	20	17	16	14	12	10	9	8
8	30	24	17	15	14	12	10	8,5	8	6,5
8,5	26	20	15	14	13	10	9	8	6,3	5,8
9	22	17	14	13	11	9	8	7	6	5
9,5	20	15	13	11	10	8	7	6	5	4
10	18	14	11	10	9	7	6	5	4,8	3,9
15	9	7	5	4,2	4	3,2	2,6	2,2	2	1,9
20	4,8	3,6	3	2,4	2	1,8	1,5	1,3	1,2	1
25	2,9	2,1	1,8	1,5	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6
30	1,9	1,5	1,2	1	0,9	0,7	0,6	0,5	0,48	0,4
40	0,9	0,6	0,5	0,4	0,34	0,3	0,25	0,21	0,18	0,15
50	0,4	0,3	0,22	0,2	0,15	0,13	0,12			

Wartość natężenia pola elektromagnetycznego /podłoże słuche/

Częstotliwość pracy /MHz/	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80
	Natężenie pola elektromagnetycznego / $\frac{\mu V}{m}$ /									
1	900	700	600	500	400	360	310	280	220	190
1,5	390	300	250	220	190	160	140	120	110	95
2	200	170	150	140	120	100	90	70	60	50
2,5	140	110	100	90	75	60	52	44	39	34
3	100	80	70	60	50	40	39	31	28	24
3,5	78	60	50	42	38	31	29	22	19	17
4	57	42	39	34	30	24	20	17	15	13
4,5	42	36	31	28	22	19	17	14	12	10
5	37	30	27	21	18	15	14	12	10	8
5,5	30	23	20	17	14	13	11	9	8	7,5
6	27	20	17	14	13	11	9,5	7,5	6,5	5,5
6,5	20	17	14	12	10	9	7,5	6	5	4,5
7	18	14	13	10	9	8	7	5	4,5	4
7,5	15	12	11	9	7,5	6,5	5,5	4,5	4	3,5
8	14	11	10	8	7	6	5	4	3,5	3
8,5	13	9	8	7	6	5	4	3,5	3	2,8
9	11	8	7	6	5	4,5	3,9	3,2	2,9	2,4
9,5	9,5	7,5	6	5	4,5	4	3,5	3	2,5	2
10	9	7	5,9	4,8	4	3,6	3,1	2,8	2,1	1,8
15	3,9	3	2,8	2	1,8	1,5	1,4	1,1	0,9	0,8
20	2	1,6	1,5	1,2	1	0,9	0,75	0,64	0,5	0,45
25	1,4	1	0,9	0,75	0,7	0,6	0,5	0,4	0,35	0,3
30	0,9	0,7	0,55	0,44	0,4	0,39	0,3	0,25	0,2	0,15
40	0,5	0,3	0,25	0,19	0,17	0,16	0,14	0,11		

Wartości do przeliczania natężenia pola elektromagnetycznego, jeżeli moc radiostacji różni się od 30 W

Moc promieniowania /W/																																																												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	300	500	700	2000	2500	3000	5000	10000																																
Wartości do przeliczania natężenia pola elektromagnetycznego / $\frac{\mu V}{m}$ /																																																												
																													0,12	0,14	0,2	0,3																												
																														0,12	0,15	0,23	0,32	0,5																										
																														0,12	0,15	0,16	0,22	0,28	0,32	0,48	0,7																							
																															0,15	0,18	0,22	0,24	0,32	0,4	0,48	0,68	1																					
																															0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,2	0,23	0,28	0,31	0,35	0,5	0,6	0,7	1	1,5														
																																0,11	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19	0,2	0,21	0,26	0,3	0,36	0,4	0,45	0,65	0,8	0,9	1,3	2											
																																0,15	0,17	0,2	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,3	0,39	0,45	0,55	0,65	0,7	0,95	1,3	1,4	2	3										
																																0,11	0,12	0,13	0,14	0,2	0,23	0,28	0,3	0,33	0,35	0,37	0,39	0,41	0,51	0,6	0,72	0,85	0,95	1,3	1,7	1,9	2,8	4						
																																0,12	0,15	0,17	0,18	0,19	0,2	0,21	0,28	0,31	0,38	0,44	0,5	0,55	0,57	0,6	0,68	0,7	0,8	1	1,3	1,4	1,5	2,2	2,8	3	4,5	7		
																																0,16	0,18	0,22	0,25	0,26	0,27	0,29	0,3	0,32	0,49	0,55	0,68	0,75	0,8	0,88	0,91	0,98	1	1,3	1,5	1,8	2,1	2,3	3,2	4	4,8	6,5	10	
																																0,15	0,22	0,27	0,3	0,35	0,37	0,39	0,4	0,44	0,49	0,7	0,8	0,92	1,1	1,2	1,3	1,35	1,4	1,5	1,9	2,2	2,7	3	3,2	4,8	6	7	10	15
																																0,2	0,3	0,37	0,4	0,48	0,5	0,54	0,6	0,62	0,66	0,96	1,1	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,5	2,9	3,5	4	4,5	6,4	8,2	9	13	20
																																0,3	0,45	0,55	0,65	0,73	0,75	0,8	0,9	0,92	1	1,4	1,6	2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,9	3	3,8	4,2	5,2	6,2	7	13	13	16	20	30
																																0,4	0,65	0,75	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	2	2,4	2,8	3	3,2	3,4	3,7	3,9	4,1	5	6	7,2	8,5	9,5	17	17	19	27	40
																																0,54	0,8	0,93	1,1	1,3	1,95	1,4	1,5	1,6	1,7	2,5	2,9	3,5	4	4,2	4,4	4,8	5	5,2	6,8	7,8	9,2	11	12	23	21	24	34	50
																																0,72	1,1	1,3	1,5	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,5	3,2	4	4,8	5,2	5,8	6	6,5	7	7,5	9	10	13	15	16	32	29	32	45	70
																																1,1	1,5	1,9	2,3	2,5	2,6	2,8	3	3,1	4,4	5	6	7	8	8,5	9	9,5	10	10,5	13	15	17	21	23	50	41	48	65	100
																																1,5	2,5	2,8	3	3,8	3,9	4	4,4	4,8	5	7,5	9	10	12	13	13,5	14	15	15,5	20	23	28	31	35	60	60	70	100	150
																																2	3	3,5	4	4,9	5	5,3	5,8	6	8,5	9,5	12	13,5	15	16	17	18	19	20	25	30	35	40	44	100	80	90	130	200
																																3	4,6	5,9	6,8	8	8,5	8,8	9,5	10	10,5	15	17	21	23	25	26	28	30	31	40	44	52	60	70	130	130	140	200	300
																																4	6	7	9	10	10,5	11	12	12,5	13	20	23	28	30	32	34	36	39	40	50	60	70	80	90	160	160	190	270	400
																																5	8	9,8	11,5	13	13,5	14	15	16	17	25	30	36	40	42	44	48	49	50	68	76	94	102	125	220	205	240	340	500
																																7	12	14	15	19	19,5	20	20,5	21,5	23	35	40	48	52	58	60	65	70	75	90	105	140	150	170	320	295	320	470	700
																																10	15	18	22	25	26	27	29	30	32	48	55	70	75	80	90	92	98	100	130	150	185	205	230	500	400	460	680	1000
																																15	23	27	30	38	40	42	45	47	50	70	90	100	120	125	130	140	150	155	200	220	270	300	340	650	600	700	1000	
																																20	30	36	42	49	50	52	55	60	68	95	110	140	150	160	170	180	190	200	260	300	360	400	440	950	800	900		
																																30	45	50	60	72	80	84	90	95	100	150	170	200	220	240	260	280	290	300	390	420	510	600	680					
																																40	60	70	85	100	105	120	125	130	140	200	230	280	300	330	350	380	400	410	510	600	750	850	1000					
																																50	80	95	110	135	145	150	155	160	170	250	300	360	400	410	430	460	490	500	660	760	920							
																																70	100	130	150	170	180	190	200	210	225	310	400	460	500	550	600	610	660	700	900	1000								
																																110	160	190	210	260	270	280	300	305	320	480	560	660	700	800	820	900	940	980										
																																150	210	250	300	350	370	390	405	410	470	610	710	900	1000															
																																200	300	380	420	500	510	580	600	610	700	1000																		
																																300	460	500	620	700	750	800	900	950	1000																			
																																420	600	700	880	1000																								
																																540	800	1000																										



Normy natężenia pola elektromagnetycznego

Rodzaj pracy	Tlg/dzień/	Tlf/dzień/	Tlg /noc/	Tlf /noc/
Częstotliwość pracy /MHz/	Norma natężenia / $\frac{\mu V}{m}$ /			
1,5	0,25	2,1	10	22
2	0,5	2,6	14	29
2,5	0,7	3,1	17	33
3	0,9	3,7	18	37
3,5	1,2	4	19	40
4	1,5	5	19,5	40,5
4,5	1,8	5,5	19,7	41
5	2	5,9	19,7	40,5
5,5	2,2	6	19,5	40
6	2,4	6,3	19	39
6,5	2,5	6,5	18	37
7	2,6	6,6	17	36
7,5	2,7	6,7	16,5	35
8	2,8	6,6	16	34
8,5	2,9	6,5	15,5	32
9	2,9	6,5	15	30
9,5	2,9	6,3	14,9	29
10	2,9	6	14	28
11	2,8	5,6	13	26
12	2,7	5,4	12	24
13	2,6	5	11	21
14	2,55	4,5	9,9	20
15	2,5	4,4	9	18
16	2,4	4,4	8,5	17
17	2,3	4	7,9	16
18	2,2	3,8	7,5	15,5

Załącznik 9

Wartości $\sin \varphi_{F_2} \cdot e^{-\Gamma_2}$ dla $f_{E_{kr}} = 1$ MHz

Częstotliwość pracy /MHz/	Wartości $\sin \varphi_{F_2} \cdot e^{-\Gamma_2}$ dla $f_{E_{kr}} = 1$ MHz								
	2	4	6	8	10	12	14	16	
60	0,05	0,042	0,034	0,02	0,01	0,004	0,0012	0,00046	
70	0,06	0,054	0,042	0,025	0,013	0,0054	0,0019	0,0006	
80	0,07	0,062	0,05	0,03	0,015	0,0062	0,0022	0,0007	
90	0,08	0,07	0,06	0,034	0,018	0,0074	0,0027	0,00086	
100	0,089	0,08	0,061	0,039	0,02	0,0082	0,003	0,00095	
150	0,13	0,12	0,098	0,064	0,033	0,014	0,005	0,0017	
200	0,18	0,16	0,13	0,08	0,05	0,015	0,0078	0,0024	
300	0,25	0,22	0,19	0,15	0,084	0,038	0,015	0,005	
400	0,31	0,25	0,24	0,2	0,12	0,06	0,028	0,01	
500	0,38	0,18	0,19	0,23	0,15	0,084	0,042	0,019	

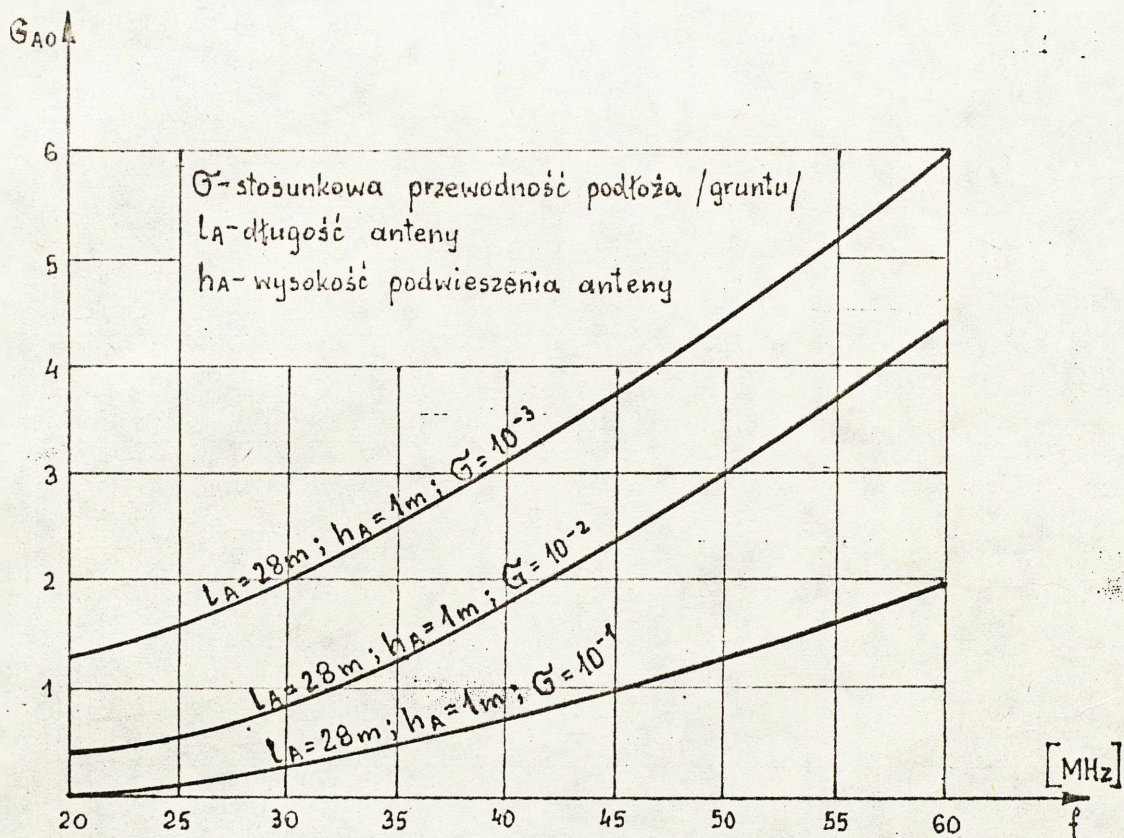
Wartości $\sin \varphi_{F_2} \cdot e^{-\sqrt{z}}$ dla $f_{D_{kr}} = 2$ MHz

Częstotliwość pracy /MHz/	Wartość $\sin \varphi_{F_2} \cdot e^{-\sqrt{z}}$ dla $f_{D_{kr}} = 2$ MHz							
	2	4	7	8	10	12	14	16
60	0,0085	0,026	0,02	0,018	0,009	0,0045	0,0015	0,0004
70	0,01	0,031	0,026	0,021	0,011	0,005	0,0017	0,0005
80	0,012	0,036	0,031	0,025	0,013	0,006	0,002	0,0006
90	0,014	0,04	0,035	0,03	0,015	0,0065	0,0024	0,0007
100	0,015	0,044	0,038	0,032	0,016	0,0072	0,0028	0,0008
150	0,02	0,064	0,58	0,048	0,025	0,011	0,0044	0,0014
200	0,027	0,085	0,077	0,06	0,034	0,016	0,0067	0,0022
300	0,034	0,12	0,12	0,095	0,054	0,029	0,012	0,005
400	0,037	0,14	0,15	0,15	0,08	0,043	0,02	0,009
500	0,034	0,15	0,17	0,16	0,12	0,06	0,034	0,015

Wartości $\sin \varphi_{F_2} \cdot e^{-\Gamma_{\Sigma}}$ dla $f_{B_{kr}} = 3 \text{ MHz}$

Częstotliwość pracy /MHz/ odległość naz. zakłócającej /km/	Wartości $\sin \varphi_{F_2} \cdot e^{-\Gamma_{\Sigma}}$ dla $f_{B_{kr}} = 3 \text{ MHz}$							
	2	4	6	8	10	12	14	16
50	0,016	0,013	0,0092	0,0074	0,0030	0,0013	0,0005	0,0004
70	0,018	0,015	0,011	0,009	0,0042	0,0015	0,0006	0,00048
80	0,012	0,017	0,014	0,01	0,005	0,0018	0,00072	0,00058
90	0,024	0,02	0,015	0,012	0,0056	0,002	0,00083	0,00064
100	0,028	0,022	0,022	0,013	0,006	0,0023	0,0009	0,00073
150	0,039	0,033	0,029	0,02	0,0098	0,0038	0,0013	0,0012
200	0,049	0,042	0,044	0,029	0,013	0,0052	0,0015	0,0019
300	0,07	0,065	0,041	0,038	0,024	0,01	0,0016	0,004
400	0,09	0,09	0,044	0,061	0,04	0,018	0,0014	0,008
500	0,1	0,11	0,041	0,09	0,058	0,03	0,0011	0,014

Wykresy zależności zysku kierunkowego anteny odbiorczej od częstotliwości



Wykonano w 5 egz.

Egz. nr 1-5 Bibl.Nauk.DZS
Wyk. mjr Z.DUBRAWSKI
Druk EG dnia 11.11.1988 r.
Nr ks.masz. Pf-224/OSz

