

Grey Scale #13



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



82

33

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO

im. generała broni K. Świerczewskiego

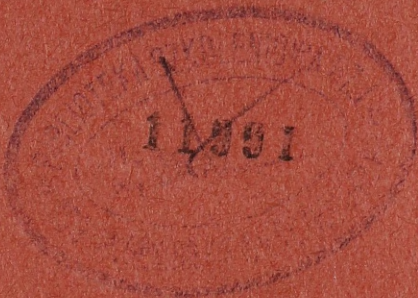
INSTYTUT DOWODZENIA
ZAKŁAD II

DO UŻYTKU
SŁUŻBOWEGO



Egz. Nr 11

OPTIMALIZACJA WYKORZYSTANIA ŚRODKÓW PRZECIWDZIAŁANIA RADIOELEKTRONICZNEGO



ARCHIWUM
BIBLIOTEKI SZKOLENIA
KADRY WYSIŁKOWEJ
im. gen. broni K. Świerczewskiego

036481

WARSZAWA

LIPIEC

1968

Stron: 138



32

33

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
im. generała broni K. Świerczewskiego

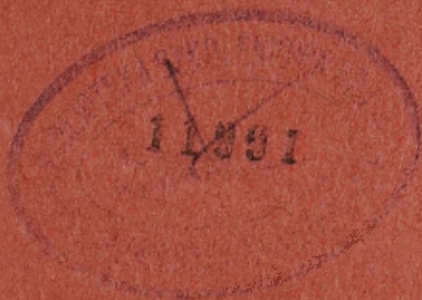
INSTYTUT DOWODZENIA
ZAKŁAD II

DO UŻYTKU
SŁUŻBOWEGO



Egz. Nr 11

OPTIMALIZACJA WYKORZYSTANIA ŚRODKÓW
PRZECIWDZIAŁANIA RADIOELEKTRONICZNEGO



AKCJONARIUSZ
INSTITUTU DOWODZENIA
ZAKŁADU II
im. gen. broni K. Świerczewskiego

036481

WARSZAWA

LIPIEC

1968

158

1
AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
im.gen.broni K.Swierczewskiego

INSTYTUT DOWODZENIA _ ZAKŁAD II

Przekł. prot. 12657. /

DO UŻYTKU
BIUROWEGO

~~TAJNE~~

egz.nr.....11

OPTIMALIZACJA WYKORZYSTANIA ŚRODKÓW PRZECIWDZIAŁANIA
RADIOELEKTRONICZNEGO



WARSZAWA

lipiec

1968 r.

ARCHIWUM
BIBLIOTEKI SZKOLENIA
AKADEMII SZTABU GENERALNEGO
im. gen. bron. K. Swierczewskiego

36481

SPIS TRESCI

	str.
W s t ę p	1
I. Kryterium ilości jednocześnie zakłóconych urządzeń radioelektronicznych	3
1. Łączność radiowa	3
2. Radionawigacja	6
3. Radiolokacja	18
4. Radiotelesterowanie	18
5. Technika podczzerwieni	22
II. Warunki taktyczno-techniczne ograniczające obszar i intensywność zakłóceń radioelektronicznych	25
1. Łączność radiowa /radionawigacja/	25
2. Radiolokacja	41
3. Technika podczzerwieni	56
III. Niektóre aspekty optymalizacji składu i wykorzystania oddziałów i pododdziałów zakłóceń	62
1. Czy pułk zmechanizowany /pcz/ winien posiadać środki zakłóceń?	65
2. Dywizja zmechanizowana /pancerna/ oddziałująca na środki radioelektroniczne przeciwnika	67
3. Armia jako główne ogniwo przeciwdziałania radioelektronicznego	71
4. Front wspiera niższe szczeble	75
IV. Wybrane zagadnienia optymalizacji ugrupowania oddziałów i pododdziałów zakłóceń oraz ich przegrupowania w czasie trwania armijnej /frontowej/ operacji zaczepnej	81
1. Łączność radiowa	81
2. Radiolokacja	100
W y k a z literatury źródłowej	136

WSTEP

Zasadniczym celem niniejszej pracy jest wytyczenie kierunków badań nad problematyką optymalizacji składu i wykorzystania środków przeciwdziałania radioelektronicznego w operacji zaczepnej armii /frontu/.

Cel powyższy realizowany jest drogą przedstawienia wybranego kryterium ilości jednocześnie zakłócanych urządzeń radioelektronicznych przeciwnika - i warunków jego ograniczenia, wskazujących łącznie na możliwości określonego zespołu środków zakłócających. W związku z powyższym prowadzi się dyskusję nad zagadnieniami składu i organizacyjnego podporządkowania oddziałów i pododdziałów przeznaczonych do prowadzenia zakłóceń i podaje najbardziej celowe sposoby ich wykorzystania.

W pracy rezygnuje się z omówienia grupy przedsięwzięć z zakresu przeciwdziałania radioelektronicznego związanych z niszczeniem sprzętu radioelektronicznego przez lotnictwo, artylerię, grupy dywersyjne itp. Całość uwagi poświęca się natomiast prowadzeniu zakłóceń.

Praca uwzględnia wszystkie główne gałęzie radioelektroniki wykorzystane w wojsku; należą do nich:

- łączność radiowa;
- radionawigacja;
- radiolokacja;
- radiotelesterowanie;
- technika podczerwieni.

Z uwagi na różny stopień możliwości technicznych w dziedzinie prowadzenia zakłóceń, odmienny charakter przyjmowanych założeń operacyjno-taktycznych oraz indywidualne podejście autorów do tematu, zagadnienia dotyczące zakłóceń poszczególnych rodzajów urządzeń zostaną omówione w bardziej lub mniej wyczerpujący sposób. Wpływa na to również niejednolite ujęcie tych problemów w literaturze wojskowej.

Z punktu widzenia rozmieszczenia wzajemnie zwalczających się środków, w niniejszej pracy wyodrębnia się następujące kierunki /relacje/ działania:

- ziemia - ziemia;
- ziemia - powietrze;

- powietrze - ziemia;
- powietrze - powietrze.

Wyjaśnia ponadto w jakiej z podanych powyżej relacji zakłócenie danego środka radioelektronicznego jest bardziej skuteczne.

Praca posiada charakter taktyczny, metoda jej opracowania opiera się głównie na krytyce publikacji oraz analizie i syntezie rozpatrywanych problemów. W ocenie kryteriów skuteczności zakłóceń bierze się pod uwagę umowną wartość skuteczności. Dogodność posługiwania się tą wartością polega na tym, że nie uwzględnia się przy niej możliwych do zastosowania przez przeciwnika metod, sposobów i urządzeń pozwalających częściowo lub całkowicie uniknąć zakłóceń. Metody, sposoby i środki zwalczania zakłóceń są bowiem bardzo różnorodne i branie ich pod uwagę utrudniałoby podawanie konkretnych i wymiernych wartości.

I. KRYTERIUM ILOSCI JEDNOCZESNIE ZAKŁÓCONYCH URZĄDZEN RADIOELEKTRONICZNYCH PRZECIWNIKA

Kryterium ilości jednocześnie zakłóconych urządzeń radioelektronicznych przeciwnika można wyrazić liczbowo, biorąc pod uwagę ich właściwości i konkretne możliwości jednej stacji zakłóceń lub innego skonstruowanego w tym celu urządzenia. Kryterium jednostkowe pomnożone przez ilość użytych środków zakłóceń da w wyniku kryterium zbiorowe dla dowolnego pododdziału lub zgrupowania.

Rozpatrzmy, jakie wartości przyjmuje omawiane kryterium przy zakłócaniu poszczególnych rodzajów urządzeń radioelektronicznych.

1. Łączność radiowa

Łączność radiową na całym świecie organizuje się dwoma podstawowymi sposobami na kierunku lub w sieci. Przy łączności na kierunku jednocześnie współpracuje ze sobą jeden nadajnik z jednym odbiornikiem, a przy łączności w sieci - jeden nadajnik z większą liczbą odbiorników, /ich liczba np. w armii USA nie przekracza zazwyczaj na szczeblu

taktycznym dziesięciu, a operacyjnym - pięciu. Praca w sieci lub na kierunku radiowym może być jedno- lub dwustronna.

Wspólną cechą każdej sieci lub kierunku radiowego jest praca środków radiowych na wybranej z danego zakresu częstotliwości oraz takież rozmieszczenie, które zapewni odebranie użytecznego sygnału. Stąd w sieci lub na kierunku radiowym pracować mogą środki określonej klasy /często tego samego rodzaju/, których odległość od siebie nie może przekraczać określonych granic /zasięgu/.

Zakłócenie łączności radiowej umożliwiają jej dwie cechy ujemne. Pierwsza z nich polega na tym, że sygnał wysłany przez nadajnik radiowy na konkretną częstotliwość może być odebrany przez dowolny odbiornik znajdujący się w zasięgu jego działania; druga natomiast - że odbiornik radiowy przyjmuje wszystkie sygnały nadane w paśmie jego aktualnej pracy. Wystarczy więc odebrać sygnał nadajnika, nastroić na częstotliwość jego pracy stację zakłócającą i nadać sygnał zakłócający, a zostanie ^{on}odebrany równocześnie z sygnałem użytecznym przez wszystkie odbiorniki pracujące na danej częstotliwości.

Łączność radiowa utrzymywana jest w relacjach ziemia - ziemia, powietrze - ziemia i powietrze - powietrze. Podział zakresów częstotliwości na poszczególne relacje i rodzaje wojsk jest w poszczególnych armiach zachodnich różny. Ostatnio przechodzi się jednak na model amerykański, według którego wojska lądowe wykorzystują zakres UKF w granicach 20-70 MHz, a siły powietrzne - w granicach 225-400 MHz. Dale krótkie w zakresie 1,5-20 MHz wykorzystywane są bez podziału. Oprócz tego w wyposażeniu wojsk znajdują się radiostacje starych typów, np. zakresu 100-156 MHz w siłach powietrznych WB.

Łączność radiową utrzymywaną w relacji ziemia - ziemia zakłócać można stosując nadajniki naziemne, samolotowe i zrzucone na spadochronach.

Obiektem zakłócania są w tym wypadku odbiorniki naziemne. Łączność w relacji ziemia - powietrze narusza się przez oddziaływanie na pracę odbiorników naziemnych lub pokładowych. Zakłócenie odbiorników naziemnych, pracujących w relacji ziemia -

powietrze odbywać się może drogą użycia nadajników tego samego rodzaju co i przy zakłócaniu łączności w relacji ziemia - ziemia. Z uwagi na osiągnięte rezultaty, najczęściej stosuje się jednak w tym celu nadajniki pokładowe i zrzucające na spadochronach. Nadajniki pokładowe, pracujące zarówno w relacji ziemia - powietrze, jak i powietrze - powietrze, zakłócać mogą być jedynie przez nadajniki naziemne i pokładowe.

Jako naziemne środki zakłóceń radiowych wykorzystuje się specjalne stacje zakłóceń oraz radiostacje wojskowe /R-118, R-110, R-102, RAF, RAT/ z przystawkami zakłócającymi.

Stacja zakłóceń krótkofalowych R-325 posiada dwa nadajniki pracujące w zakresie 1,5-6,2 i 6-25 MHz. Moc w antenie jest nie mniejsza jak 2 KW, a z przystawką mocy - 3,5 KW.

Całość urządzeń stacji przewozi się na pięciu samochodach ZIL-157.

Stacja zakłóceń ultrakrótkofalowych R-330A pracuje w zakresie 20-60 MHz. Umożliwia ona obezwładnienie środków łączności radiowej przeciwnika w jedno - pięcio - i piętnastokanałowym układzie pracy. Moc stacji odpowiednio do ilości zakłócanych kanałów wynosi 1500; 240 i 80 W. Stacja R-330 zmontowana jest na samochodzie ZIL-157.

Radiostacja RAT z przystawką zakłóceń R-328 umożliwia prowadzenie zakłóceń selektywnych w paśmie 2,5-12 MHz. Jej moc - około 900 W.

Radiostacja RAF z przystawką R-328 pracuje w zakresie 1,5 do 9,5 MHz, a jej moc wraz z przystawką zakłócającą wynosi około 400 W.

Oprócz tego znane są radzieckie stacje i nadajniki zakłóceń łączności. Stacja zakłóceń ultrakrótkofalowych "PIEREWAL" posiada trzy nadajniki zakłóceń, z których pierwszy pracuje w zakresie 20-30 MHz, drugi - 27-40 MHz, trzeci - 40-60 MHz. Moc stacji przy zakłócaniu selektywnym wynosi 1,5 KW, a przy zaporowym - 80 W. Każdy nadajnik zamontowany jest na oddzielnym transporterze opancerzonym.

Nadajnik jednorazowego użytku "OSIN" składa się z 20 nadajników i pracuje w zakresie 1,5-50 MHz. Jest on zrzucający na spadochronie w pobliżu pracujących radiostacji przeciwnika.

Jako samolotowe nadajniki zakłóceń mogą być wykorzystane specjalne stacje zakłóceń i radiostacje samolotowe z przystawkami szumowymi.

Nadajniki zakłóceń mogą pracować selektywnie i zaporowo. Pracując selektywnie jeden nadajnik zakłóceń może przeszkodzić w pracy dowolnej liczby odbiorników znajdujących się w zasięgu jego działania, a pracujących na tej samej częstotliwości. Przy zakłócaniu zaporowym jeden nadajnik zakłóceń może przeszkadzać w pracy nawet kilku kierunków lub sieci radiowych pracujących na zbliżonych częstotliwościach. Biorąc jednak pod uwagę poważny spadek mocy i praktycznie rzadkie wypadki jednoczesnej pracy radiostacji nieprzyjaciela na zbliżonych częstotliwościach w tym samym rejonie, należy przyjąć, że stacja zakłóceń może przeszkadzać w pracy tylu sieci lub kierunków radiowych, ile posiada nadajników.

Jeśli więc uwzględnimy potrzebę dostrojenia nadajnika zakłóceń do częstotliwości pracy danej sieci lub kierunku radiowego, to łatwo możemy wyznaczyć wartość funkcji badanego kryterium. Wartość ta równać się będzie jedności, jeżeli określa^{on} sieć lub kierunek radiowy traktować będziemy jako jedną całość i $\frac{1}{n}$, jeżeli pod uwagę będziemy brać ilość zakłóconych odbiorników. Jeden nadajnik zakłóceń jest bowiem w stanie obezwładnić tylko jedną sieć /kierunek radiowy/, a w niej określoną liczbę odbiorników, zależną od technicznych i taktycznych warunków prowadzenia zakłóceń.

2. Radionawigacja

Radionawigacja opiera się na systemie łączności radiowej, utrzymywanej na falach długich i ^{krótkich} ultrakrótkich, pomiędzy naziemnymi lub nawodnymi centrami i ich abonentami znajdującymi się na morzu lub w powietrzu /na okrętach bądź samolotach/.

Od normalnej łączności radiowej, łączność radionawigacyjna różni się jedynie treścią i sposobem przekazywania informacji. Na treść informacji radionawigacyjnej składa się ~~zespół~~ impulsów o określonym czasie trwania i określonej

8

częstości powtarzania. Forma przekazania to bądź praca ciągła na określonej częstotliwości, bądź z góry przygotowana odpowiedź na krótkie zapytanie. Oprócz otrzymywanej informacji radiowej podstawą do określenia miejsca położenia okrętu lub samolotu jest znajomość miejsca rozmieszczenia radiostacji, które informacje te wysyłają.

Sposoby zakłócania systemów radionawigacyjnych oraz ilość potrzebnych do tego nadajników zależą od rodzaju systemu radionawigacyjnego.

W systemach pomiaru kąta i odległości, których reprezentantem jest impulsowy system nawigacyjno-bombardierski "TACAN", współpracują ze sobą jedno urządzenie odbiorczo-nadawcze na ziemi oraz radiokompas i urządzenie nadawczo-odbiorcze na każdym z obsługiwanych samolotów. Łączność z samolotami utrzymuje się na dwóch kierunkach radiowych: pierwszym jest kierunek zapytania wysyłanego z samolotu, drugim - kierunek odpowiedzi wysyłanej z ziemi. Radiokompas pracuje w oparciu o radiostację naziemną. Sygnał odpowiedzi wysyłany jest natychmiast po odebraniu sygnału zapytania. Przepustowość systemu na torze odległości wynosi do 1000 zapytań na godzinę. Praca systemu odbywa się w sposób ciągły, w okresie czasu potrzebnym do naprowadzania samolotów na obiekty uderzeń. Zakłócenia systemu można dokonać przez obezwładnienie odbiorników samolotowych drogą zakłóceń prowadzonych z ziemi lub samolotu / relacja ziemia - powietrze bądź powietrze - powietrze/ lub drogą zakłócenia odbiornika naziemnego w relacji ziemia - ziemia lub powietrze - ziemia.

Zakłócanie odbiornika naziemnego daje lepsze rezultaty gdyż unieemożliwia naprowadzenie na cel wszystkich samolotów korzystających z danych systemu. Samoloty te, wskutek prowadzonych zakłóceń, nie otrzymają bowiem sygnału odpowiedzi od nadajnika naziemnego, którego pracą steruje odbiornik współpracujący z samolotowymi nadajnikami zapytania. Wartość funkcji kryterium równać się będzie w tym wypadku jedności w odniesieniu do liczby obezwładnionych systemów i $\frac{1}{m}$ w stosunku do liczby pozbawionych informacji samolotów /odbiorników pokładowych, m oznacza liczbę samolotów znajdujących się

w zasięgu danego systemu radionawigacyjnego.

W wypadku zakłócenia odbiorników pokładowych, naziemne urządzenie odbiorczo-nadawcze pracuje normalnie, w oparciu o otrzymane sygnały zapytania. W zasięgu tego urządzenia mogą się znajdować również takie samoloty, których odbiorniki nie będą zakłócone. Dlatego też w wypadku tym nie zawsze można mówić o całkowitym obezwładnieniu danego systemu radionawigacyjnego.

Wartość funkcji kryterium wynosić będzie w tym wypadku $\frac{1}{n}$, gdzie n - liczba samolotów, których odbiorniki zostały skutecznie obezwładnione przez jeden nadajnik zakłóceń. Liczba ta może być równa lub mniejsza od liczby samolotów znajdujących się w zasięgu danego systemu radionawigacyjnego.

W systemach pomiaru odległości /kołowych/, których reprezentantem może być system nawigacyjno-bombardierski "SHORAN", współpracują ze sobą dwa urządzenia nadawczo-odbiorcze umieszczone na ziemi i dwa zainstalowane na każdym z naprowadzanych samolotów. Łączność utrzymywana jest w czterech kierunkach, na odmiennych częstotliwościach. Dwa z nich, to kierunki zapytania /relacja powietrze - ziemia/, a dwa pozostałe - to kierunki odpowiedzi /relacja ziemia - powietrze/. Wymiana radiowa prowadzona pomiędzy jednym zespołem naziemnym i jednym pokładowym umożliwia wyznaczenie kursu samolotu. Podobna wymiana prowadzona pomiędzy drugimi zespołami daje możliwość określenia momentu zrzutu bomb. Praca systemu odbywa się w sposób cykliczny w czasie potrzebnym do naprowadzania na cel. Na każdy cykl składa się seria impulsów zapytania i odpowiedzi. Przepustowość systemu - 20 naprowadzeń równocześnie.

Ilość nadajników potrzebnych do zakłócania tych systemów zależy od postawionego celu działania. Jeżeli jest nim wzbranianie "ślepego" bombardowania, to wystarczy zakłócić jeden odbiornik naziemny lub po jednym odbiorniku na każdym samolocie.

Wartość funkcji kryterium, przy zakłócaniu jednego z nadajników naziemnych, w świetle założonego celu działania równa się jedności. Jeden nadajnik zakłóceń może bowiem obezwładnić jeden system radionawigacyjny.

W stosunku do ilości pracujących urządzeń naziemnych wartość ta wyniesie $\frac{1}{2}$. Jedno urządzenie będzie bowiem zakłócone, a normalną pracę drugiego uważać można za bezużyteczną. Oceniając wartość funkcji badanego kryterium z punktu widzenia ilości samolotów pozbawionych informacji, należy mu przypisać wartość $\frac{1}{m}$. Żaden z samolotów nie otrzyma bowiem danych potrzebnych mu do określenia momentu zrzutu bomb.

W wypadku, gdy zakłócamy po jednym odbiorniku pokładowym na każdym samolocie - podobnie jak i przy zakłócaniu systemów pomiaru kąta i odległości - nie zawsze mówić można o pełnym obezwładnieniu systemu. Urządzenia naziemne pracują bowiem swobodnie, a ilość samolotów pozbawionych informacji zależna będzie od techniczno-taktycznych warunków prowadzenia zakłóceń. Odpowiednio do tych warunków, ilość ta może być równa lub mniejsza od ilości samolotów korzystających z danych systemu. Wartość funkcji kryterium równać się więc będzie $\frac{1}{n}$, gdzie n - ilość samolotów nie posiadających informacji o momencie zrzutu bomb.

Jeżeli celem działania jest całkowite obezwładnienie omawianego systemu radionawigacyjnego, zakłócić należy dwa odbiorniki naziemne lub po dwa odbiorniki pokładowe na każdym samolocie, który korzysta z danych tego systemu. Należy więc w tym celu wydzielić dwa nadajniki zakłóceń.

W przypadku zakłócenia odbiorników naziemnych, a ponadto biorąc pod uwagę dany system radionawigacyjny jako jedną całość, wartość funkcji badanego kryterium wyniesie dwa. Dla całkowitego obezwładnienia jednego systemu wydzielić należy bowiem dwa nadajniki zakłóceń. Jeżeli natomiast wartość tę oceniać będziemy z punktu widzenia ilości zaangażowanego sprzętu, to odpowiadać ona będzie jedności. Stosunek liczbowy użytych nadajników do obezwładnionych odbiorników naziemnych kształtować się bowiem będzie 1 : 1.

W świetle ilości samolotów pozbawionych informacji, wartość funkcji kryterium wyniesie $\frac{1}{m}$. Żaden z nich nie otrzyma bowiem danych potrzebnych do utrzymania właściwego kursu i określenia momentu zrzutu bomb.

Wartość funkcji kryterium przy zakłócaniu odbiorników pokładowych równać się będzie $\frac{2}{n}$, gdzie n - liczba samolotów

całkowicie pozbawionych informacji. Wychodząc z ilości zakłócających odbiorników pokładowych wartość ta wyniesie $\frac{2}{2n}$, co oznacza, że przy użyciu dwóch nadajników zakłóceń obeszwaładnic można po dwa odbiorniki pokładowe na każdym samolocie, który znalazł się w zasięgu skutecznego zakłócenia.

W hiperbolicznych systemach radionawigacyjnych, do których można zaliczyć angielski system "GEE" lub amerykański "LORAN", współpracują trzy lub cztery radiolatarnie naziemne i trzy - czterokanałowe urządzenia odbiorcze umieszczone na każdym samolocie lub okręcie. Wymiana radiowa odbywa się na trzech lub czterech jednostronnych kierunkach radiowych w relacji ziemia - powietrze lub ziemia - woda /w wypadku nawigowania okrętów/. Przepustowość systemu jest nieograniczana, ponieważ nie wchodzi w rachubę relacje "zapytania". Z wymienionego wyżej powodu zakłócanie systemów hiperbolicznych możliwe jest tylko przez obeszwaładnienie odbiorników pokładowych w relacji ziemia - powietrze lub powietrze - powietrze.

W systemie "GEE" występuje jedna radiostacja główna i 2-3 podległe, które są sterowane sygnałami spustowymi radiostacji głównej. Podstawę do określenia położenia samolotu stanowią dwie pary sygnałów. W każdej parze sygnałów jeden pochodzi od radiostacji głównej, drugi - od jednej radiostacji podległej.

Zakłócenie systemu "GEE" ułatwia to, że radiostacja główna posiada określoną i inną niż podległe częstotliwość powtarzania. Pozwala to wyłączać jej sygnały, a uniemożliwienie ich odebrania przez urządzenia samolotowe równa się obeszwaładnieniu całego systemu.

Zakłócenie można więc zrealizować posługując się tylko jednym nadajnikiem.

Wartość funkcji badanego kryterium przy zakłócaniu systemu GEE wynosi $\frac{1}{3n}$, gdzie n - liczba samolotów pozbawionych informacji od głównej radiolatarni systemu. Liczba 3 łączy w sobie ilość odbiorników pokładowych na każdym samolocie, z których jeden jest zakłócający, a normalna praca dwóch pozostałych nie przedstawia żadnej wartości użytkowej.

W systemie "LORAN" współpracują ze sobą dwie pary radiolatarni. W każdej parze jedna jest główna, druga - pomocnicza. Sygnały każdej pary radiolatarni pozwalają określić położenie na jednej z dwóch hiperbol, których przecięcie wyznacza poszukiwany rejon położenia samolotu /okrętu/.

Dla zakłócenia całego systemu wystarczy uniemożliwić odbiór sygnałów od jednej radiolatarni.

Wartość funkcji badanego kryterium równać się więc będzie $\frac{1}{4n}$. Oznacza to, że jeden nadajnik jest w stanie uniemożliwić wykorzystanie danych omawianego systemu radionawigacyjnego tej liczbie samolotów, która znalazła się w zasięgu jego skutecznego działania /liczba zmienna - zależna od ilości samolotów odbierających sygnały radiolatarni oraz taktyczno-technicznych warunków prowadzenia zakłóceń/. Na każdym z tych samolotów jeden odbiornik będzie aktywnie zakłócony, co nie pozwoli na określenie różnicy odległości, a tym samym na wybór właściwej hiperboli. W tej sytuacji swobodny odbiór danych w pozostałych trzech kanałach oraz posiadanie informacji o drugiej hiperboli stają się bezwartościowe.

Podane wartości funkcji kryterium odnoszą się do pojedynczych, oddzielnie rozpatrywanych systemów radionawigacyjnych. Rzecz oczywista, że każde ich grupowe lub zwiększone użycie wymaga posiadania odpowiednio dużej ilości nadajników zakłócających,

3. Radiolokacja

Urządzenia radiolokacyjne pracują na zasadzie odbioru własnego sygnału, który został odbity od przeszkody umieszczonej na drodze rozchodzenia się fal elektromagnetycznych. Z uwagi na to, urządzenia radiolokacyjne zakłócać można w sposób bierny /przez umieszczenie na drodze rozchodzenia się fal elektromagnetycznych środków powodujących ich przedwczesne lub wadliwe odbijanie, jak również rozpraszanie i pochłanianie/ bądź też aktywny /przez generowanie impulsów zakłócających/.

W zależności od miejsca rozmieszczenia i spełnianych zadań stacje radiolokacyjne podzielić można na:

- naziemne-przeznaczone do wykrywania obiektów naziemnych /ziemia - ziemia/;
- naziemne - do wykrywania celów powietrznych /ziemia-powietrze/;
- samolotowe - do wykrywania celów naziemnych /powietrze-ziemia/;
- samolotowe - do wykrywania celów powietrznych /powietrze - powietrze/.

Odrębną grupę stanowią stacje okrętowe przeznaczone do nawigacji oraz wykrywania celów nawodnych i powietrznych, a także różnego rodzaju stacje specjalne.

Do pierwszej grupy należą stacje radiolokacyjne do kierowania ogniem artylerii naziemnej, których przeważająca liczba pracuje w paśmie 10 cm i nadzorowania pola walki /zakres 3,2 cm/. Drugą grupę tworzą stacje radiolokacyjne przeznaczone do: wykrywania celów powietrznych pracujące głównie w paśmie 10-11,1 lub 22,0 - 24,7 cm; pomiaru wysokości pracujące w paśmie 3,4 i 10 cm; naprowadzania LM pracujące głównie w paśmie 9,9 - 11,1 cm oraz do kierowania ogniem artylerii przeciwlotniczej i naprowadzania rakiet pracujące w zakresie 3,12 - 3,57 lub 10 cm.

Samolotowe stacje radiolokacyjne, przeznaczone do zobrazowania terenu i obiektów naziemnych, mogą służyć do rozpoznania, nawigacji i kierowania bronią /w tym też radiolokacyjne celowniki bombowe/. Pracują one głównie w paśmie 3,2 cm. W tym samym paśmie pracują stacje radiolokacyjne przeznaczone do wykrywania i zwalczania celów powietrznych.

Artyleryjskie i przeznaczone do nadzorowania pola walki stacje radiolokacyjne zakłócać można w relacjach ziemia - ziemia i powietrze - ziemia.

Do prowadzenia zakłóceń aktywnych w relacji ziemia - ziemia można by wykorzystać stacje zakłóceń SPB - 5 lub SPB-7 zakres częstotliwości pracy, który pokrywa się z zakresem pracy stacji radiolokacyjnych, przeznaczonych do nadzorowania pola walki /3,2 cm/. Lepiej jednak do tego celu nadawałyby się specjalnie skonstruowane stacje, które posiadałyby, w odróżnieniu od stacji SPB-7, pojedyncze nadajniki zakłóceń lub swobodnie sterowane anteny. Zakłócenie aktywne omawianego typu stacji radiolokacyjnych nie jest jednak dotychczas praktykowane. Mogą do tego celu być użyte nadajniki jednorazowego użytku, które zrzuca się na spadochronach.

Zarówno przy stosowaniu nadajników naziemnych, jak i zrzuca-
nych na spadochronach wartość funkcji kryterium równa będzie
jedności. Do zakłócenia każdej, z zasady oddzielnie roz-
mieszczonej w terenie stacji radiolokacyjnej, użyć należy
bowiem oddzielnego nadajnika zakłóceń.

W bardzo szerokim stopniu do zakłócenia stacji radiolo-
kacyjnych pracujących w relacji ziemia - ziemia stosuje się
środki zakłóceń biernych. Należą do nich:

- odbijacze kątowe;
- odbijacze płaskie - ekrany;
- odbijacze dipolowe;
- pokrycie przeciwradiolokacyjne.

Odbijacze kątowe są to metalowe trójścienne różki,
dobrze odbijające fale elektromagnetyczne w kierunku opromie-
niowujących je stacji radiolokacyjnych. Powodują więc silne
świecenie ekranów. Za pomocą odbijaczy kątowych pozorować
można różnego rodzaju radiolokacyjne obiekty terenowe lub
tworzyć tzw. maski zakłóceń.

W wypadku pozoracji chodzi o to, aby obraz na ekranie stacji
radiolokacyjnej był podobny do tego, jaki powstaje po odbi-
ciu fal elektromagnetycznych od rzeczywistych obiektów. W
związku z tym obiekty małe i proste pozoruje się przy użyciu
pojedynczych odbijaczy kątowych. Do pozoracji obiektów więk-
szych /jak np. mosty/ stosuje się ich większą liczbę /20-30/.
Podobnie przedstawia się sprawa z obiektami złożonymi. Chcąc
pozorować ruch kolumn batalionu, należy użyć kilkadziesiąt
odbijaczy kątowych.

Maski zakłóceń z odbijaczy kątowych wykonuje się w celu
ukrycia znaczników obiektów rzeczywistych wśród poświaty
wywołanej odbiciem się fal elektromagnetycznych od sztucznej
przeszkody. Do wykonania tego rodzaju masek potrzeba nieraz
kilkuset odbijaczy kątowych.

Odbijacze płaskie - ekrany - są to płyty wykonane z do-
brych przewodników elektryczności, często z siatki metalowej.
Służą one do zasłaniania obiektów, które mogą być zobrazowane
na ekranie stacji radiolokacyjnej. Posiadają właściwość
lustrzanego odbijania fal elektromagnetycznych, w związku z
czym nie docierają do maskowanych w ten sposób obiektów i

odbiorników stacji radiolokacyjnych. Na ekranie powstają w wyniku tego ciemne, mało mówiące plamy. Stosuje się je głównie do ukrywania techniki wojennej.

Odbijacze dipolowe są to metalizowane taśmy lub włókna opakowane w paczki po kilkaset tysięcy sztuk. Odbijają one dobrze fale elektromagnetyczne i mogą być zrzucone z samolotów lub wystrzeliwane z dział w celu ukrycia określonych obszarów i obiektów. Stosuje się je w sposób masowy, używając naraz do kilku tysięcy paczek.

Pokrycia przeciwradiolokacyjne mogą być wykonywane fabrycznie z tworzyw i minerałów lub we własnym zakresie z materiałów podręcznych, jak słoma, chrust, gałęzie itp. Zadaniem ich jest tłumienie i rozpraszanie fal elektromagnetycznych, co w rezultacie prowadzi do osłabienia impulsów odbitych. Mogą one przykrywać maskowany obiekt bezpośrednio lub opierać się na szkieletach i ramach.

Wszystkie wymienione środki biernych zakłóceń muszą swoją konstrukcją /kształt, grubość itp./ i innymi parametrami odpowiadać zakresowi fal obserwujących stacji radiolokacyjnych. Wiele z nich posiada w tym względzie wielostronną właściwość. Niektóre muszą być dobierane odpowiednio do potrzeb. Nie sprawia to jednak zbyt dużo kłopotów. Za to wielką i podstawową ich zaletą jest to, że mogą oddziaływać na dowolną ilość obserwujących je stacji radiolokacyjnych. Jeżeli więc każde z podjętych przedsięwzięć maskowniczych - niezależnie od ilości i jakości - użytych środków uważać będziemy za określoną całość, to wartość funkcji kryterium wynosić będzie $\frac{1}{m}$, gdzie m - liczba jednocześnie użytych w danym rejonie stacji radiolokacyjnych przeciwnika.

Do prowadzenia aktywnych zakłóceń w relacji powietrze - ziemia stosuje się pokładowe stacje zakłóceń. Urządzeniem takim jest na przykład stacja SPS-2 o mocy 350 W i kierunkowej antenie.

Stacja ta promieniuje zakłócenia szumowe w paśmie 5-10 MHz. Z uwagi na kierunkowość anteny, przy użyciu jednego nadajnika można zakłócić jedną stację radiolokacyjną przeciwnika. Wartość funkcji badanego kryterium odpowiadać więc będzie jedności.

26

Wszystkie stacje radiolokacyjne pracujące w relacji ziemia - powietrze zakłóca się aktywnie i biernie w relacji odwrotnej, tj. powietrze - ziemia oraz przez zrzucanie z samolotów nadajników jednorazowego użytku.

Do stosowania aktywnych zakłóceń tego rodzaju stacji używa się różnego rodzaju nadajników jak wspomniane już SPS-2. Inne z nich generują zsynchronizowane lub niesynchronizowane zakłócenia impulsowe, które powodują powstanie na ekranie RLS tak dużej ilości impulsów podobnych do impulsu celu, że odróżnienie tego ostatniego jest niemożliwe. Niekiedy powodują one powstanie kilku lub kilkunastu fałszywych znaczników, co utrudnia operatorom ustalenie ilości biorących udział w nalocie samolotów. Przy odpowiednio wybranym czasie opóźnienia impulsu zakłócającego można pozorować ruch fikcyjnego celu, którego kurs różni się ^{lotu} od kierunku samolotu stosującego zakłócenia. Przez nadanie specjalnego sygnału zakłócającego można też do tego stopnia sparaliżować pracę stacji radiolokacyjnych automatycznie sterowanych odbiciami od obserwowanego samolotu, że zgubią one cel. Z podanych rodzajów zakłóceń, ^{najbardziej} skuteczne są zakłócenia impulsowe zsynchronizowane z częstotliwością powtarzania stacji radiolokacyjnej. W tym wypadku zakładać jednak musimy użycie jednego nadajnika zakłóceń na jedną stację radiolokacyjną, pozostałe z nich będą bowiem zakłócać w stopniu niedostatecznym. Należy więc przyjąć, że wartość funkcji badanego kryterium równa będzie jedności.

Jeżeli chodzi o zakłócenia szumowe, to musimy omówić kilka wariantów ich stosowania. Zakłócenia te - /zależnie od dokładności dostrojenia - dzielą się bowiem na selektywne i zaporowe, a pod względem sposobu promieniowania /rodzaju anteny/ - na kierunkowe i dookrężne. Zakłócać stacje radiolokacyjne mogą być rozmieszczane pojedynczo lub grupowo. Znajdując się w jednym miejscu mogą one pracować na jednej lub różnych częstotliwościach mniej lub bardziej oddalonych od siebie.

Jeśli stosujemy zakłócenia selektywne przeciwko oddzielnie stojącej stacji radiolokacyjnej lub gdy znajdujące się w jednym rejonie stacje radiolokacyjne pracują na różnych

częstotliwościach to zakłócimy niestety, tylko jeden radiolokator i w tym wypadku wartość funkcji kryterium będzie równa jedności.

W wypadku gdy zastosujemy zakłócenia zaporowe i określone anteny, możemy zakłócić znaczną liczbę stacji radiolokacyjnych określonego zakresu.

W związku z tym wartość funkcji badanego kryterium przy założeniu różnych możliwych sposobów generowania i skierowania zakłóceń zamykać się będzie w przedziale od 1 do $\frac{1}{n}$, gdzie "n" stanowi ilość zakłócanych w stopniu zadawalającym stacji radiolokacyjnych.

Stacje radiolokacyjne pracujące w relacji ziemia - powietrze zakłócać można również w sposób bierny, przez użycie odbijaczy dipolowych, kątowych i pozornych samolotów-celów.

Stosowanie odbijaczy dipolowych nie odbiega w zasadzie od sposobów podanych w części dotyczącej zakłócania radiolokatorów ziemia - ziemia z tym, że wykorzystuje się je jeszcze bardziej masowo, stawiając zasłony długości 100 km i więcej. Ukrywać one mogą przed rozpoznaniem radiolokacyjnym ~~szuki~~ bojowe dużej ilości samolotów działających w powietrzu /eskadry, pułku/.

Oprócz tego w lotnictwie operacyjnym stosuje się na samolotach bojowych indywidualne środki zakłócające tego typu ~~w postaci~~ automatów ASO-2b i ASO-2.m. Samoloty te mogą też być wyposażone w rakiety wypełnione odbijaczami dipolowymi, które wystrzeliwuje się na odległość do 15 km. Istnieje również odpowiedni wariant pocisków artyleryjskich tego typu /odległość działania 2-3 km/.

Odbijacze kątowe zrzuca się na spadochronach pojedynczo i grupowo. Powodują one powstanie na ekranach stacji radiolokacyjnych znaczników ~~podobnych~~ do tych, jakie powstają po odbiciu się fal elektromagnetycznych od samolotów. Ujemną ich cechą jest to, że przemieszczają się bardzo wolno w powietrzu.

Bardzo skutecznym środkiem zakłóceń stacji radiolokacyjnych jest stosowanie pozornych samolotów - celów. Są to małe samoloty z własnymi silnikami, które podwieszają się pod skrzydłami samolotów bombowych /nosicieli/. Dlatego też, aby miały one

skuteczną powierzchnię odbicia - równie dużą jak samoloty bojowe - wyposaża się je w odbijacze kątowe. W strefie rozpoznania radiolokacyjnego przeciwnika samoloty nosiciele odpalają cele pozorne sterując ich lotem. Jeden samolot - cel pozoruje jeden samolot rzeczywisty. Jest to bardzo skuteczny sposób pozoracji w strefie ognia rakiet przeciwlotniczych średniego i dużego zasięgu. Te ostatnie bowiem posiadają właściwość polegającą na możliwości zwalczania ograniczonej ilości celów jednocześnie.

Wartość funkcji omawianego kryterium przy biernym zakłócaniu stacji radiolokacyjnych w relacji powietrze-ziemia posiada identyczną wielkość jak przy zakłócaniu w relacji ziemia - ziemia i równa się $\frac{1}{m}$.

Stacje radiolokacyjne pracujące w relacji powietrze - ziemia zakłóca się aktywnie przy użyciu stacji zakłóceń SPB-5 lub SPB-7. Stacje tego typu posiadają po trzy nadajniki, z których dwa pracują w zakresie 3-3,35 cm, a trzeci - w zakresie 3,35-3,75 cm.

Zależnie od częstotliwości pracy pokładowych stacji radiolokacyjnych każda z tych stacji może zakłócić jeden, dwa lub trzy cele.^{x/} W wypadku gdy stacja zakłóca jeden lub dwa cele, jej dwa lub jeden nadajnik nie są wykorzystane efektywnie i co najwyżej mogą potęgować intensywność promieniowanych zakłóceń.

Stacja ta ma też tę wadę, że anteny poszczególnych nadajników są połączone i wspólnie sterowane. Stąd stacja może zakłócać dwa lub trzy cele tylko w tym wypadku, gdy lecą one w szyku zwartym. /Charakterystyka promieniowania stacji posiada rozwartość 8-11 stopni/.

Wartość funkcji kryterium ilości jednocześnie zakłócanych urządzeń przeciwnika przez jedno urządzenie zakłócające /stacje zakłóceń SPB-5/7/ z tych powodów zamykać się będzie w przedziale od 1 do 3.

- - - - -
x/ Za cel uważa się w tym wypadku samolot z pracującą stacją radiolokacyjną na pokładzie.

Bierne zakłócanie stacji radiolokacyjnych pracujących w relacji powietrze - ziemia jest szeroko stosowane i właściwie na tym polu są w największe możliwości. Rodzaje i właściwości używanych środków zakłóceń nie odbiegają w tym wypadku w zasadzie od podanych w części dotyczącej zakłóceń prowadzonych w relacji ziemia - ziemia. Zbyteczne jest więc ich powtórne omawianie.

Wartość funkcji omawianego kryterium również nie ulega zmianie i wynosi $\frac{1}{m}$.

Pozostaje omówienie zakłóceń stacji radiolokacyjnych pracujących w relacji powietrze - powietrze. Jest ono o tyle proste, że może być skwitowane stwierdzeniem, iż stacje radiolokacyjne o tym przeznaczeniu zakłócać można przy użyciu wszystkich środków stosowanych do zakłóceń RLS w relacji powietrze - ziemia - z wyjątkiem nadajników zrzucanych na spadochronach. Omawiane wartości funkcji kryterium nie ulegają też zmianom.

4. Radiotelesterowanie

Radiotelesterowanie to nic innego jak kierowanie z pewnej odległości ruchem różnych pojazdów mechanicznych za pomocą fal elektromagnetycznych. Z punktu widzenia użyteczności stosowania zakłóceń interesuje nas głównie zagadnienie odległościowego sterowania raketami kierowanymi. Są to w większości rakiety o małym zasięgu; klasy: ziemia - ziemia i ziemia - powietrze kierowane z ziemi; klasy powietrze-ziemia kierowane z powietrza oraz rakiety klasy powietrze-powietrze. Oprócz tego pociski raketowe mogą posiadać pokładowe systemy samokierowania.

Radiotelesterowanie pociskami raketowymi może odbywać się w systemie wiązki prowadzącej, w systemie dowódczym lub radionawigacyjnym.

Kierowanie w systemie wiązki prowadzącej stosuje się głównie do naprowadzania pocisków przeciwlotniczych. Posiada on

20

dwa różniące się między sobą sposoby naprowadzania. W pierwszym z nich polegającym na naprowadzaniu pocisku po krzywej pogoni, wykorzystuje się jedną stację radiolokacyjną o wąskiej charakterystyce promieniowania. Pocisk po wystrzeleniu leci wzdłuż osi geometrycznej anteny. Kierowanie odbywa się przez przesunięcie anteny w pożądanym kierunku, w wyniku czego w układzie kierowania pocisku powstaje sygnał błędu działający na mechanizm^y zmieniające położenie sterów. Obezwładnienie systemu w sposób aktywny możliwe jest przez zakłócenie szumowe lub impulsowe stacji prowadzącej bądź przez przekazanie do pocisku dodatkowego sygnału błędu, co jest dość trudne z uwagi na kierunkowość jego anteny odbiorczej i krótki czas naprowadzenia.

W drugim sposobie polegającym na kierowaniu pocisku do punktu wyprzedzającego, wykorzystuje się dwie stacje radiolokacyjne. Jedna z nich prowadzi cel, druga - pocisk. Metoda prowadzenia pocisków jest analogiczna jak w pierwszym wypadku tj. w wiązce prowadzącej. Zakłócenie tego sposobu telesterowania możliwe jest przez szumowe lub impulsowe zakłócenie stacji radiolokacyjnej prowadzącej cel lub przekazanie dodatkowego sygnału błędu do układu sterowania rakiety. Odbiornik stacji prowadzącej wykorzystany jest bowiem jedynie do kontroli położenia pocisku.

Zarówno w pierwszym, jak i w drugim sposobie naprowadzania wystarczy zakłócić jeden kanał, a wartość funkcji kryterium równa będzie jedności. Jeden nadajnik aktywnych zakłóceń jest bowiem w stanie obezwładnić jeden system naprowadzania.

Zakłócanie obu sposobów sterowania w wiązce prowadzącej odbywać się może również przez oddziaływanie na stację radiolokacyjną obserwacji okrężnej służącej do wskazywania celów stacjom prowadzącym. Sposoby zakłócania tej stacji nie odbiegają od podanych w części dotyczącej zakłócania środków radiolokacyjnych pracujących w relacji ziemia-powietrze.

W dowódczym systemie kierowania raketami oprócz stacji radiolokacyjnej obserwacji okrężnej pracują dwie stacje radiolokacyjne. Jedna z nich dokonuje pomiarów współrzędnych celu, druga - rakiety. Współrzędne te przekazywane są do przelicznika, który ustala punkt spotkania. Komendy do pocisków przekazywane są drogą radiową lub przez dodatkową modulację sygnału

wysyłanego przez stację radiolokacyjną śledzenia pocisku. Aktywne zakłócenie systemu możliwe jest w kanale śledzenia celu, śledzenia pocisku i przekazywania komendy. Wystarczy zakłócić jeden kanał, aby wartość funkcji ^{ba} danego kryterium przyjęła wartość jedności w odniesieniu do całości systemu i $\frac{1}{3}$ w odniesieniu do ilości pracujących kanałów.

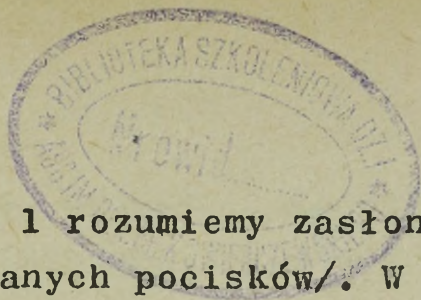
Obydwa podane wyżej systemy można zakłócić również w sposób bierny - używając odbijaczy dipolowych lub kątowych oraz samolotów-celów. Sposoby zakłóceń nie odbiegają w swej treści od podanych w rozdziale dotyczącym radiolokacji.

Kierowanie radionawigacyjne stosuje się głównie do sterowania pociskami ziemia-ziemia. Najczęściej wykorzystuje się w tym celu systemy hiperboliczne ponieważ nie wymagają one nadawania sygnałów zapytania, co zmniejsza ilość aparatury na rakiecie. Zakłócanie tego systemu radiotelesterowania możliwe jest w jednym z czterech kanałów odbiorczych rakiety przez oddziaływanie aktywne. Wartość funkcji kryterium, podobnie jak przy zakłócaniu hiperbolicznych systemów radionawigacyjnych wykorzystywanych przez lotnictwo, równa się jak $\frac{1}{4m}$

Systemy samonaprowadzania pocisków stosuje się głównie w końcowej fazie ich lotu, w relacji ziemia-ziemia, powietrze-ziemia lub powietrze-powietrze. Rozróżnia się przy tym trzy sposoby sterowania a mianowicie: aktywny, półaktywny i pasywny.

Przy aktywnym sposobie samonaprowadzania wykorzystuje się głównie urządzenia radiolokacyjne umieszczone w głowicach pocisków. W czasie lotu stacja radiolokacyjna promieniuje fale elektromagnetyczne, oświetlając niejako cel i odbiera impulsy odbite, na podstawie których steruje kątem rakiety w kierunku obiektu /powierzchni dobrze odbijającej/.

Zakłócenie tego rodzaju samokierowania jest dość łatwe. Można mianowicie zakłócić stację radiolokacyjną na pocisku w sposób aktywny w relacji ziemia-powietrze lub powietrze-powietrze. W tym wypadku wartość funkcji kryterium równa się jedności. Każdy pocisk należy bowiem - z uwagi na kierunkowość jego anteny zakłócać oddzielnie. Atakowany obiekt można też ukryć w obłoku odbijaczy dipolowych, co stosuje się głównie przeciwko pociskom powietrze-powietrze. Wtedy wartość funkcji



kryterium przyjmuje wartość $\frac{1}{m}$ - /przez 1 rozumiemy zasłonę, a przez m ilość jednocześnie skierowanych pocisków/. W wypadku tym stosować można również samoloty - pozorne cele. Najbardziej jednak racjonalne wydaje się użycie odbijaczy kątowych zrzucanych na spadochronach /w wypadku osłony samolotów/ lub ustawianie ich na ziemi /w wypadku osłony obiektów terenowych/. Odbijacz kątowy jest bowiem tani, a w przypadku obiektów naziemnych może być używany przez długi okres czasu czekając niejako na atak pocisku. Wystarczy, aby posiadał dużą skuteczną powierzchnię odbicia /większą niż obiekt/, a pocisk zboczy w jego kierunku.

Zarówno w przypadku użycia pozornych samolotów - celów, jak i odbijaczy kątowych wartość funkcji kryterium odpowiada jedności. Wymienione środki są bowiem niszczone uderzeniem pocisków w jeden konkretnie wybrany cel pozorny.

Przy półaktywnym sposobie samonaprowadzania odbiornik jest umieszczony na pocisku, a nadajnik energii na stanowisku sterowania znajdującym się na ziemi, okręcie lub samolocie. Po opromieniowaniu celu przez obce źródło, energia elektromagnetyczna odbierana jest przez odbiornik pocisku. Zakłócenie tego sposobu samonaprowadzania jest bardzo trudne, ponieważ stacja opromieniowująca ma wąską charakterystykę promieniowania i oświetla jedynie wybrany cel. W związku z tym użycie odbijaczy kątowych i samolotów - celów jest problematyczne. Najlepiej jest w tym wypadku w sposób aktywny lub bierny /odbijacze dipolowe/ zakłócić odbiornik stacji opromieniowującej, która nie wykryje wówczas celu. Wartość funkcji kryterium przy zakłóceniach aktywnych wynosi - 1, a przy biernych $-\frac{1}{m}$.

Przy biernych systemach samonaprowadzania na pocisku znajduje się jedynie odbiornik wykorzystujący promieniowanie obiektu. W ten sposób kierowany jest między innymi amerykański pocisk "SHRIKE" wykorzystujący fale wysyłane przez stacje radiolokacyjne. Istnieje też cała gama pocisków, głównie powietrze-powietrze, wykorzystujących promieniowanie cieplne.

Zakłócenie radiolokacyjnych systemów biernego samokierowania nie zostało dotychczas rozwiązane. Najlepsze rezultaty osiąga się w tym wypadku przez wyłączenie stacji radiolokacyjnych

skrócenie czasu ich pracy, odwracanie anteny itp. Są to jednak półśrodki pozostające często w sprzeczności z wymaganiami natury taktycznej.

Łatwiejsze jest zakłócenie tego rodzaju systemów pracujących w oparciu o promieniowanie cieplne. Użyć w tym wypadku można bowiem imitatorów wydzielających więcej ciepła niż obiekty rzeczywiste. Układy kierowania podczerwonego /jako bardzo czułe/ skierują w tym wypadku pocisk w kierunku imitatora, powodując naturalnie jego zniszczenie. Wartość funkcji kryterium równa się w tym wypadku jedności, co jest bardzo opłacalne. Wartość imitatora jest bowiem bardzo mała w porównaniu z wartością obiektu. Niestety, ten sposób zakłócania możliwy jest głównie przy osłonie obiektów naziemnych i częściowo morskich. Do osłony samolotów znajdujących się w powietrzu jest on nieprzydatny.

5. Technika podczerwieni.

Promieniowanie podczerwone obejmuje zakres fal 0,76-1000 mikrośóów. Źródłem promieniowania cieplnego są naturalne /słońce, gwiazdy/ i sztuczne promienniki oraz ciała ogrzane. Każdy promiennik wysyła fale niewidzialne o określonym zakresie długości i z określonym natężeniem. Im wyższa temperatura ciała, tym większe natężenie promieniowania i krótsza fala w punkcie eksperymentalnym.

Zgodnie z przeznaczeniem przyrządy pracujące w podczerwieni dzieli się na:

- specjalne przystosowane aparaty fotograficzne;
- przyrządy obserwacji pola walki, celowniki nocne do dział i karabinów oraz przyrządy do prowadzenia w nocy pojazdów mechanicznych, tworzące razem grupę noktowizorów;
- termonamierniki rozpoznawcze i samokierujące pociski na cele;
- urządzenia do przeszukiwania i śledzenia termicznych właściwości terenu, w tym również będące w opracowaniu podczerwone celowniki bombowe;
- urządzenia łączności i sygnalizacji;
- urządzenia rozpoznania reflektorów podczerwonych /metaskopy, lunety fosforograficzne/.

Pierwsze dwie grupy środków umożliwiają obserwpwanie obrazu rzeczywistego o odwróconej tonacji barw czarno-białych. Pozostałe przedstawiają umowny sygnał świetlny, dźwiękowy lub przyrządomierniczy /wychylenie wskazówki/.

Warto dodać, że pierwsze dwie grupy środków pracują na zasadzie odbioru fal podczerwonych wysłanych przez promienniki /słońce, gwiazdy, księżyc, który jest swego rodzaju retranslatorem i specjalne reflektory/ po odbiciu ich od obiektów, które w zależności od swej struktury wewnętrznej i zewnętrznej odbijają, pochłaniają i rozpraszają w różny sposób fale poszczególnych zakresów. Przyrządy te pracują w zakresie bliskiej podczerwieni.

Następne dwie grupy środków wykorzystują faktycznie posiadany potencjał cieplny obiektów, który - aby go można było wykryć powinien być większy od temperatury otoczenia /powietrza, ziemi, wody itd/. Pracują one w zakresie dalszej podczerwieni.

Ostatnie dwie grupy środków pracują na zasadzie odbierania ^{sygnałów} wysłanych przez własne lub obce promienniki fal podczerwonych.

Uniwersalnym środkiem możliwym do zastosowania przeciwko wszystkim środkom pracującym w zakresie podczerwieni okazują się areozole /dymy, sztuczne mgły/. Substancjami nadającymi się najlepiej ~~do~~ ^{do} celu są - jeśli chodzi o pochłanianie - czterochlorek krzemu i kwas chlorosulfonowy, a w przypadku rozpraszania - ciekły olej, który daje cząstki średnicy 17 mikronów. Skutek jest - naturalnie w przypadku fal dłuższych /daleka podczerwień/ promieniowanych przez ciała ogrzane - mniejszy niż w wypadku fal krótszych /bliska podczerwień/ odbijanych przez objekty. W każdym jednak wypadku stosowanie areozoli wydaje się celowe.

Przy wyznaczaniu liczbowej wartości ^f funkcji omawianego kryterium występuje ta sama trudność co przy jej wyznaczaniu w przypadku stosowania środków biernych, służących do zakłóceń radiolokacyjnych. Środki do wytwarzania dymów posiadają bowiem na ogół małą wydajność /świece, instalacje/, a zasłonny dymne tworzy się przy użyciu większego lub mniejszego ich zespołu. Przyjmiemy więc, że jedność oznacza określony zespół środków dymotwórczych. W tym wypadku wartość funkcji kryterium

25
wyniesie $\frac{1}{m}$, gdzie m - dowolna, aktualnie stosowana przez przeciwnika liczba środków pracujących w zakresie fal podczerwonych.

Normalną pracę noktowizorów, środków łączności i fotografię podczerwoną /błony filmowe/ zakłócać można aktywnie przez oświetlenie obiektów lub stawianie zasłon świetlnych na określonych rubieżach. Użyć w tym celu można materiałów pirotechnicznych i naftowych, reflektorów, lamp błyskowych oraz broni przyszłości-laserów. Wartość funkcji badanego kryterium równać się będzie w tym wypadku $\frac{1}{m}$, każdy bowiem z wymienionych środków zakłócać może taką ilość urządzeń, jaka się znajdzie w zasięgu jego działania. Największe wątpliwości można w tym względzie mieć do reflektorów i laserów posiadających wąskie charakterystyki promieniowania. Wartość funkcji naszego kryterium może bowiem przy ich użyciu odpowiadać jedności, szczególnie w przypadku zakłócania urządzeń umieszczanych na samolotach.

W celu zakłócania normalnej pracy termometriów i urządzeń przeznaczonych do przeszukiwania i śledzenia termicznych właściwości terenu stosuje się środki i zabiegi zmierzające do obniżenia temperatury obiektów nagranych /chłodzenie/ lub do ich odizolowania od otoczenia /azbestowe ekrany i pokrywy izolacyjne/. Oprócz tego stosuje się imitatory ciepłe, które są bardzo skutecznym środkiem przeciwko pociskom kierowanym. Wartość omawianego kryterium, w odniesieniu do oddziaływania na pociski kierowane równa się jedności, a w wypadku mylenia termometriów rozpoznawczych i urządzeń do przeszukiwania i śledzenia termicznych właściwości terenu $\frac{1}{m}$. Wartość funkcji kryterium w drugim wypadku jest bardziej korzystna, ponieważ jeden imitator wprowadzać może w błąd dowolną liczbę obserwujących go urządzeń.

II. WARUNKI TAKTYCZNO-TECHNICZNE OGRANICZAJĄCE OBSZAR i INTENSYWNOŚĆ ZAKŁÓCEN RADIOELEKTRONICZNYCH

W poprzednim rozdziale omówiliśmy możliwości poszczegól-
nych środków zakłóceń w zakresie ilości jednocześnie
obezwładnianych urządzeń przeciwnika. Nie braliśmy przy
tym pod uwagę szeregu ważnych parametrów warunkujących moż-
liwości utrzymania wystarczająco ścisłego kontaktu radio-
elektronicznego pomiędzy urządzeniem zakłócającym i zakłó-
canym. Chodziło bowiem jedynie o ustalenie proporcji, jakie
powinny być zachowane pomiędzy poszczególnymi środkami.
Obecnie wypełnimy powstałą w rozważaniach lukę podając, kiedy
przedstawione w poprzednim rozdziale wartości funkcji kryte-
rium będą spełnione ze względu na techniczne i taktyczne
właściwości zakłócania.

Jest bowiem rzeczą oczywistą, że nie zawsze będzie to moż-
liwe z uwagi na takie parametry techniczne, jak: moc nadaj-
ników zakłóceń, czułość zakłócanych odbiorników oraz zyski
kierunkowe ich anten. Oprócz tego na efektywność prowadzonych
zakłóceń wpływają tego rodzaju warunki natury taktycznej,
jak: aktualne ukierunkowanie anten, rodzaj prowadzonej pracy
i wzajemne usytuowanie urządzeń zakłócających i zakłócanych.

Wpływem tych parametrów na rozpiętość granic, w których
efektywność prowadzonych zakłóceń jest wystarczająca do obez-
władnienia środków radioelektronicznych nieprzyjaciela, zaj-
miemy się obecnie.

Po wystarczająco szerokim wprowadzeniu do problematyki
przeciwdziałania radioelektronicznego zawartym w pierwszym
rozdziale, odstępimy obecnie od oddzielnego omawiania zagadnień
związanych z radionawigacją i radioterestowaniem^m. Są to dzie-
dziny ściśle związane z łącznością radiową, radiolokacją i
techniką podczerwieni i jako takie zostaną przedstawione
razem z nimi.

1. Łączność radiowa /radionawigacja/

Powszechnie wiadomo, że jedynⁿ z warunków zapewniają-
cych zarejestrowanie sygnału dowolnego nadajnika przez
urządzenie odbiorcze jest odpowiednio duże natężenie pola
elektromagnetycznego na jego wejściu. Wielkość tego natężenia

oznaczamy literą E. Podczas zakłócenia łączności radiowej dążymy do tego, aby natężenie pola zakłócania było większe lub równe natężeniu pola użytecznego. Wyrażamy to nierównością:

$$E_z \geq E_s$$

gdzie: E_z - natężenie pola zakłóceń; E_s - natężenie pola użytecznego.

Stosunek natężenia tych pól nazwano współczynnikiem skuteczności zakłócania i oznaczono symbolem k_z

$$k_z = \frac{E_z}{E_s} \dots /2.1/.$$

Wartości współczynnika k_z zależne są od szeregu czynników zmiennych, w związku z czym określane są w każdym wypadku metodą matematyczną lub na podstawie specjalnych nomogramów. Ich przybliżone wartości dla dookrężnych anten odbiorczych wynoszą przy zakłócaniu:

- pracy słuchowej /telegrafia na falach ciągłych/ - 0,8 ÷ 1
/wymagana dokładność dostrojenia częstotliwości sygnału zakłócającego do zakłócanego w granicach 10 ÷ 25 H_z /;
- pracy telegraficznej z manipulacją częstotliwości akustycznej - 1 /dokładność dostrojenia w granicach 200 H_z /;
- łączności telefonicznej z modulacją częstotliwości - 1,2 ÷ 1,4 /dokładność dostrojenia rzędu 300 H_z /;
- łączności telefonicznej z modulacją amplitudy - 0,5 /dokładność dostrojenia rzędu 300 H_z /.

Aktualne natężenie zarówno użytecznego, jak i zakłócającego pola elektromagnetycznego mierzone na wejściu odbiornika, dla warunków rozchodzenia się fal przyziemnych /łączność i zakłócanie w relacji ziemia-ziemia/, jest proporcjonalne do pierwiastka mocy nadajnika i zysku jego anteny i odwrotnie proporcjonalne do kwadratu odległości. A więc

$$E_z = A \frac{\sqrt{P_z \cdot G_z}}{R^2} \dots \dots \dots (2.2);$$

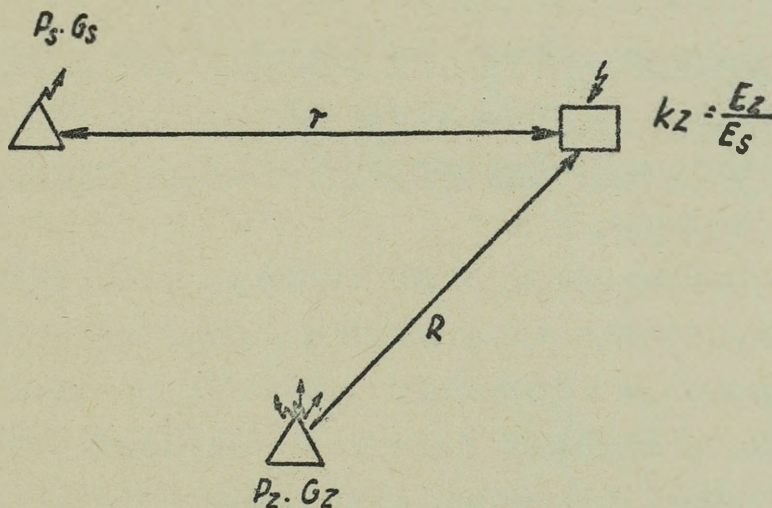
$$E_s = A \frac{\sqrt{P_s \cdot G_s}}{r^2} \dots \dots \dots (2.2);$$

gdzie: A - współczynnik proporcjonalności.

Dlatego też, chcąc zachować optymalne wartości współczynnika zakłócania k_z , spełniona powinna być dla fal przyziemnych zależność wyrażona tzw. równaniem zakłóceń, które powstaje w wyniku podstawienia równania /2,2/ i /2,3/ do równania /2.1/.

$$P_z \cdot G_z \cdot r^4 = P_s \cdot G_s \cdot R^4 \cdot k_z^2 \dots \dots \dots /2,4/,$$

gdzie: P_z - moc nadajnika zakłóceń;
 G_z - zysk anteny nadajnika zakłóceń;
 P_s - moc radiostacji nieprzyjaciela;
 G_s - zysk anteny radiostacji nieprzyjaciela;
 r - odległość odbiornika od własnej radiostacji;
 R - odległość odbiornika od nadajnika zakłóceń;
 k_z - współczynnik skuteczności zakłóceń.



Rysunek 2.1. Zakłócenie na fali przyziemnej.

Dokonajmy krótkiej analizy wyrażenia /2.4/.
 Wartość k_z oblicza się i przyjmuje jako stałą dla zakłócenia określonego rodzaju łączności radiowej. Wyraża ona pożądany stopień zakłóceń i z uwagi na to nie może ulec zmniejszeniu. Znana i niezmienna przy określonym rodzaju pracy /zakłócenia selektywne, zaporowe/ jest też moc nadajnika zakłóceń. Wartość P_s , G_s i r są również stałe.

Można je określić z większą lub mniejszą dokładnością na podstawie znajomości struktury organizacyjnej wojsk przeciwnika, jego wyposażenia w sprzęt radiowy i prowadzonego rozpoznania.

Pozostają dwie wartości, a mianowicie G_z , która zależy od konstrukcji stacji zakłóceń może być stała lub zmienna i R , którą w miarę utrzymywanego przez wojska terenu i przyjętych zasad ugrupowania środków zakłócających możemy dowolnie dysponować. Dlatego też wyrażenie /2.4/ wygodniej jest przekształcić, otrzymując:

$$R = r \sqrt{\frac{P_z \cdot G_z}{P_s \cdot G_s \cdot k_z^2} \dots \dots \dots /2.5//}$$

Równanie /2.5/ określa graniczną odległość, na jaką przy posiadaniu przez odbiornik przeciwnika anteny dookrężnej można odsunąć nadajnik zakłóceń, aby przy stałych wartościach r , P_z , G_z , P_s i G_s wartość k_z nie uległa zmianie.

Można więc powiedzieć, że równanie to jest miernikiem dostatecznego kontaktu radioelektronicznego przy zakłóceniu przez nadajnik naziemny łączności na fali przyziemnej w relacji ziemia - ziemia.

Gdy zaistnieją warunki do zmniejszenia odległości R , wartość współczynnika k_z wzrośnie i efekt zakłóceń będzie większy. W wypadku gdy nadajnik zakłóceń rozmieścimy dalej, niż wskazuje na to wartość R , efekt zakłóceń spadnie poniżej założonego minimum. W wypadku tym, jeżeli to jest możliwe, musimy zastosować w nadajniku zakłóceń antenę o tak dużej kierunkowości, aby zwiększona wartość G_z zrekonpensowała zwiększenie odległości R . Jeżeli okaże się to niemożliwe, zakłócenie staje się niecelowe.

Dla polepszenia słyszalności, na odbiornikach radiowych stosuje się często anteny kierunkowe, których główny listek jest skierowany na własny nadajnik. W wypadku tym warunki zakłócenia stają się gorsze, ponieważ sygnały zakłócające mogą być odbierane w bocznym lub tylnym listku. Dla wypadku tego równanie /2.5/ musimy uzupełnić i przedstawić w postaci wzoru /2.6/:

$$R = r \sqrt{\frac{P_z \cdot G_z \cdot G_{OT}}{P_s \cdot G_s \cdot G_{OG} \cdot k_z^2}} \dots \dots /2.6/,$$

gdzie: G_{OT} - zysk kierunkowy anteny odbiorczej w tylnym /bocznym/ listku;

G_{OG} - zysk kierunkowy anteny odbiorczej w głównym listku

Podane wartości dotyczyły - jak to łatwo można było zauważyć - zakłócenia pracy kierunku radiowego. Jeżeli weźmiemy pod uwagę zakłócenia sieci radiowej, to omawiane zagadnienie zmienia się o tyle, że poszczególne odbiorniki radiowe mogą się znajdować w różnej odległości od nadajnika korespondującego. Mamy więc z zasa^{dy} do czynienia z kilkoma różnymi wartościami r . Dlatego też chcąc wyznaczyć granice skuteczności zakłócenia wszystkich odbiorników danej sieci, musimy wziąć pod uwagę najmniejszą wartość r . Skuteczne zakłócenie odbiornika rozmieszczonego najbliżej własnej radiostacji spełni również z określoną nadwyżką warunki zakłócenia pozostałych odbiorników rozmieszczonych dalej. Stopień ich zakłócenia będzie bowiem wyższy i proporcjonalny do wzrostu odległości od nadajnika prowadzącego korespondencję radiową.

Omawiane zagadnienie zakłóceń łączności radiowej utrzymywanej na fali przyziemnej przez nadajniki pracujące na tego samego rodzaju falach, rozpatrzmy na przykładzie. Jeżeli założymy, że zakłócamy łączność w batalionach i brygadach przeciwnika, maksymalna moc nadajników radiowych, która wynosi 16W, przy użyciu stacji zakłóceń R-330 A lub radzieckiej PIEREWAŁ o mocy 1500 W, to przy stosowaniu dookrężnych anten i współczynnika $k_z = 1$ okaże się, że przy stokrotnej przewadze mocy uzyskujemy jedynie trzykrotną przewagę w zasięgu /pierwiastek czwartego stopnia z liczby 100 równa się w przybliżeniu 3,16/. Jeśli więc do równania /2.5/ podstawimy wartość obliczanego pierwiastka i przyjmiemy, że łączność w batalionie przeciwnika utrzymana jest na odległość $r = 1 \div 2$ km, a w brygadzie $r = 4 \div 6$ km, to zasięg skutecznych zakłóceń R wyniesie odpowiednio: dla zakłócenia łączności batalionu $3 \div 6$ km, a brygady - $12 \div 18$ km. Stacji zakłóceń R 330A z uwagi na zamontowanie jej aparatury na samochodzie ZIL-157 i bezpieczeństwo nie można rozmieścić w terenie bliżej jak $6 \div 10$ km od linii styczności bojowej wojsk. Wynika stąd, że przy użyciu tego rodzaju

stacji nie jesteśmy w stanie zakłócić łączności batalionu, a łączność radiową w brygadzie możemy obezwładnić tylko częściowo.

Stację zakłóceń PIEREWAŁ rozmieścić można - ze względu na zamontowanie jej aparatury w transporterze opancerzonym - znacznie bliżej linii styczności bojowej. Odległość ta wynosić może 2÷3 km. Dlatego też przy użyciu tego rodzaju stacji można skuteczniej obezwładnić łączność pierwszorzętowych oddziałów i pododdziałów przeciwnika.

Zawsze jednak zużycie mocy będzie nadzwyczaj duże w stosunku do osiągniętych rezultatów. Przyjeliśmy bowiem, że stacje zakłóceń oddziałują na jedną wybraną częstotliwość pracy przeciwnika. Jeśli natomiast przyjmiemy prowadzenie zakłóceń zaporowych w określonym paśmie, to się okaże, że ogólna moc zakłóceń zmaleje. Dla stacji R-330A wynosi ona przy pięciokanałowym układzie pracy 240 W, a przy piętnastokanałowym układzie pracy - 80 W. Są to moce za małe, aby prowadzić zakłócenia w stosunku do sieci radiowych, których środki pracują na małych odległościach dzielących nadajniki od odbiorników.

Przy zakłócaniu łączności radiowej na wyższych szczeblach organizacyjnych /dywizja, armia/, gdzie odbiorniki znajdują się w znacznie większych odległościach od nadajników korespondujących, prowadzenie zakłóceń jest znacznie łatwiejsze.

Celowość prowadzenia zakłóceń określają więc w każdym wypadku: rzeczywiste możliwości stacji zakłóceń, warunki ich taktycznego wykorzystania oraz rodzaj i sposób ugrupowania radiowych środków łączności przeciwnika.

Łączność ziemia-ziemia na falach jonosferycznych utrzymana jest na znacznej odległości /60-100 i więcej kilometrów/. Zawdzięcza się to lepszemu przenikaniu fal przestrzennych i dobremu ich odbijaniu przez jonosferę. Natężenie fali jonosferycznej określa się za pomocą wzorów:

$$E_s = A \frac{\sqrt{P_s \cdot G_s}}{r} \dots\dots\dots /2.7/$$

$$E_z = A \sqrt{\frac{P_z \cdot G_z}{R}} \dots\dots\dots/2.8/$$

gdzie: $r = 2 \sqrt{H^2 + \frac{D^2}{4}}$; $R = 2 \sqrt{H^2 + \frac{D_z^2}{4}}$

- H - wysokość jonosferycznego odbicia fal /200-500 km/;
 - D - Odległość nadajnik - odbiornik;
 - D_z - odległość, stacja zakłóceń-odbiornik;
 - r - długość drogi sygnału użytecznego;
 - R - długość drogi sygnału zakłóceń.
 - D - odległość pomiędzy odbiornikiem i nadajnikiem.
- Równanie zakłóceń przyjmuje w tym wypadku postać.

$$P_z \cdot G_z \cdot r^2 = P_s \cdot G_s \cdot R^2 \cdot kz^2 \dots\dots\dots /2.9/$$

Przy wykorzystaniu do zakłócenia fal odbitych przez jonosferę nie obliczamy dopuszczalnej odległości odsunięcia nadajnika zakłóceń od zakłócanego odbiornika. Odległość tę zakłada się z góry i przyjmuje jako równą odległości korespondujących środków /D_z = D/, do odpowiada największemu natężeniu pola zakłóceń w punkcie odbioru. Odległość zakłócenia można określić również praktycznie przez nasłuch pracy radiostacji przeciwnika. Nadajniki zakłóceń należy rozmieszczać tam, gdzie słyszalność jest najlepsza. Stąd przy zakłóceniu na fali jonosferycznej obliczamy tylko moc nadajnika zakłóceń i oceniamy, czy jest ona wystarczająco duża. Dokonujemy tego posługując się wzorem, który jest przekształceniem równania zakłóceń dla fal jonosferycznych.

$$P_z = \frac{P_s \cdot G_s \cdot R^2 \cdot kz^2}{G_z \cdot r^2} \dots\dots\dots /2.10/$$

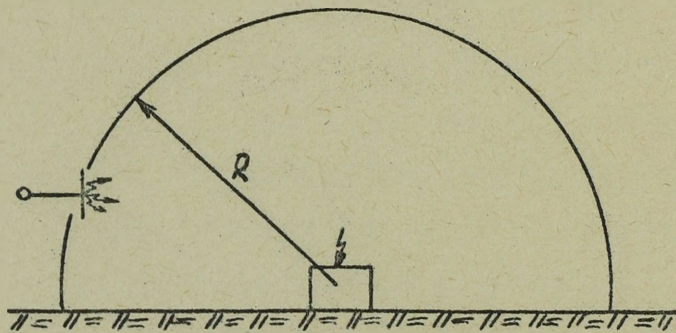
W wypadku gdy moc nadajnika zakłóceń, jakim dysponujemy, jest równa lub większa od obliczanej za pomocą wzoru /2.10/, kontakt radioelektroniczny pomiędzy nadajnikiem zakłóceń a zakłóconym odbiornikiem jest wystarczający do pełnego obezwładnienia lub wskazuje na możliwość osiągnięcia zwiększonych efektów prowadzonych zakłóceń.

Ponieważ wyrażenie /2.10/ wyznacza graniczną wartość mocy i umożliwia określanie przydatności nadajników zakłóceń, należy przyjąć, że opisuje ono badane przez nas zjawisko efektywności prowadzonych zakłóceń na fali jonosferycznej.

Podczas oceny możliwości zakłóceń na fali przyziemnej nadajnikiem zakłóceń umieszczonym na samolocie korzystamy ze wzoru 2.4, do którego wprowadzamy współczynnik korelacyjny "M", którego wielkość zależna jest od wysokości lotu samolotu. W tym wypadku wzór na odległość skutecznych zakłóceń przyjmuje postać:

$$R = r \sqrt{\frac{P_z \cdot G_z \cdot M}{P_s \cdot G_s \cdot k_z^2}} \dots \dots \dots /2.11/$$

Jeżeli wartość R uważać będziemy za promień, z punktem przyłożenia w miejscu rozmieszczenia zakłócanego odbiornika, to wszystkie punkty położone na powierzchni półkuli wyznaczonej za jego pomocą spełnią wartość graniczną, dla której wielkość współczynnika efektywności zakłóceń k_z będzie dostateczna do przerwania łączności.



Rysunek 2.2. Wielkość obszaru zakłócenia łączności naziemnej przy zakłóceniu z samolotu.

Punkty położone wewnątrz tej półkuli /punkty położenia samolotu z nadajnikiem zakłóceń/ spełniają przedstawione wymaganie z nadwyżką poziomu zakłóceń, natomiast punkty położone na zewnątrz wymagań tych nie spełniają. Równanie

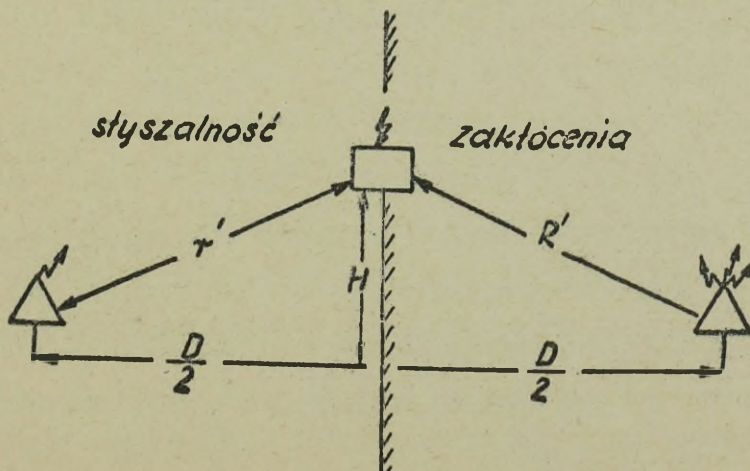
/2.11/ jest więc matematycznym odzwierciedleniem dostatecznego kontaktu przy zakłócaniu łączności naziemnej z samolotem.

Podczas zakłócania samolotowych odbiorników utrzymujących łączność z nadajnikami rozmieszczonymi na ziemi spotykamy się ze zjawiskiem stałej zmiany odległości pomiędzy wzajemnie zwalczającymi się środkami. Samolotowy odbiornik zbliża się bowiem lub oddala od korespondującego z nim nadajnika naziemnego i jednocześnie oddala się lub przybliża do nadajnika zakłóceń. W wypadku tym chodzi o wyznaczenie granicy, od której przy stałych parametrach równania zakłóceń dla fali przestrzennej /2.9/, r na tyle wzrośnie, a R na tyle zmaleje, że zakłócenie stanie się skuteczne /współczynnik efektywności zakłóceń kz osiągnie niezbędną do zakłócania wartość/. Zależnie od wielkości wydzielanego z równania /2.9/ współczynnika:

$$K = \sqrt{\frac{P_z \cdot G_z}{P_s \cdot G_s \cdot kz^2}} \dots\dots\dots /2.12/,$$

mamy w tym wypadku do czynienia z trzema różnymi sytuacjami.

Pierwsza i najbardziej oczywista sytuacja zaistnieje wówczas, gdy współczynnik $K = 1$, to jest gdy $P_z \cdot G_z = P_s \cdot G_s \cdot kz^2$. W tym wypadku wartość $R = r$, a więc każdej odległości skutecznych zakłóceń równa się odpowiednia odległość, do której może być utrzymana łączność. Jeżeli odległość od naziemnej radiostacji nieprzyjaciela do nadajnika zakłóceń oznaczy się literą "D", to granicę podziału pomiędzy strefą słyszalności i zakłóceń, niezależnie od wysokości i kursu lotu samolotu, stanowić będzie płaszczyzna pionowa prostopadła do linii łączącej naziemną radiostację przeciwnika ze stacją zakłóceń i przecinająca tę odległość w punkcie $\frac{D}{2}$.



Rysunek 2.3. Usytuowanie strefy zakłóceń przy $K = 1$.

Na rysunku /2.3/ pokazano wybrane położenie samolotu /odbior-
nika radiowego/ lecącego na określonej wysokości H.

Położeniu temu odpowiada pochyła odległość słyszalności r'
oraz tego samego rodzaju odległość skutecznego zakłócenia R' .
W praktyce wartość r i R mogą przyjmować - zależnie od wyso-
kości i kursu lotu samolotu - wartości od najmniejszych,
bliskich wartości $\frac{D}{2}$, do największych ograniczonych zasięgiem
słyszalności stosowanego sprzętu radiowego.

Zachodzi pytanie, czy wartość współczynnika $K=1$
jednoznacznie wyznacza granicę podziału strefy słyszalności
i zakłóceń. Jeżeli chodzi o radioelektronikę, to na pewno tak.
W pojęciu taktyki odpowiedź musi być jednak przecząca. Dla
wyjaśnienia problemu założmy, że samolot, na którego pokładzie
zainstalowany jest odbiornik leci na małej wysokości wzdłuż
prostej łączącej radiostację naziemną z nadajnikiem zakłóceń
w kierunku na ten ostatni. W wypadku tym możemy przyjąć, że
 $r + R = D$.

Zakładając dwie różne wartości D , na przykład 100 i 50 km,
przekonamy się łatwo, że wraz ze zmniejszeniem wartości D ule-
gają zmniejszeniu wartości r i R . W pierwszym wypadku wynoszą
one bowiem po 50, a w drugim po 25 km. Zmiana wartości odle-
głości D ze 100 na 50 km nie wpłynęła na istniejącą prawidło-
wość radioelektroniczną, w której $r = R$.

Jeżeli jednak weźmiemy pod uwagę, że zmiany tej dokonano dro-
gą przesunięcia nadajnika zakłóceń /naziemna radiostacja prze-
ciwnika znajduje się zarówno w pierwszym, jak i drugim wypadku
w tym samym rejonie/, to się okaże, że granica strefy słyszal-
ności i zakłóceń przesunęła się o 25 km w pożądanym przez nas
kierunku. Odległość słyszalności wynosi bowiem dla tego wypad-
ku 25, a nie jak poprzednio - 50 km. Jest to bardzo ważne z
taktycznego punktu widzenia, ponieważ zbyt duże oddalenie na-
dajnika zakłóceń od nadajnika, pracę którego zakłócamy, powodo-
wać może "wybieganie" czoła strefy słyszalności przed linię
styczności bojowej wojsk. W praktyce należy więc dążyć - na-
turalnie w ramach dopuszczalnych granic do rozmieszczenia na-
dajników zakłóceń w jak najmniejszej odległości od naziemnych
nadajników nieprzyjaciela. Zakłócenie pokładowych odbiorników
nastąpi bowiem w tym wypadku na bliższych odległościach.

Przy znanym rozmieszczeniu naziemnej radiostacji przeciwnika i nadajnika zakłóceń, a więc przy znanej wartości D , granicę podziału pomiędzy strefą słyszalności i zakłóceń, dla $K = 1$ łatwo można wyznaczyć graficznie lub algebraicznie, ponieważ stanowi ją prostopadła płaszczyzna pionowa przechodząca przez punkt $-\frac{D}{2}$. Płaszczyzna ta spełnia zależność, w której każda dowolnie obrana wartość:

$$r = R \dots\dots\dots /2.13/.$$

Jest więc ona geometrycznym miejscem wszystkich punktów położenia samolotów, w których nastąpi pełne zakłócenie odborników pokładowych. Można więc stwierdzić, że wyrażenie /2.13/ jest miernikiem wystarczająco ścisłego kontaktu radioelektronicznego przy zakłócaniu łączności, utrzymywanej w relacji ziemia-powietrze, przez nadajnik naziemny. Gdy samolot minie płaszczyznę podziału stref i będzie zdążał w kierunku własnej radiostacji naziemnej, słyszalność sygnałów użytecznych będzie coraz to lepsza, natomiast gdy będzie leciał w kierunku stacji zakłóceń, słyszalności tej nie będzie, ponieważ poziom sygnałów zakłócających będzie coraz wyższy.

W praktyce istnieją w omawianym wypadku pewne kłopoty z zakłóceniem korespondencji radiowej wysyłanej przez nadajniki rozmieszczone w pobliżu linii styczności bojowej wojsk. Nadajniki zakłóceń rozmieszczać bowiem należy na podobnie małych odległościach. Wymagana moc nadajników zakłóceń może być jednak w tym wypadku $/K = 1/$ równa mocy naziemnych radiostacji przeciwnika, a w wypadku gdy pod uwagę weźmiemy rodzaj modulacji zakłócanego sygnału, może być nawet znacznie mniejsza. Moc nadajnika wywiera znaczny wpływ na jego gabaryty i manewrowość. Z tego, co zostało powiedziane wyżej, wynika że przy posiadaniu nadajników zakłóceń odpowiedniej „klasy można prowadzić zakłócenia nawet w niewielkich odległościach od linii styczności bojowej wojsk. Stopień ich zagrożenia będzie bowiem analogiczny do stopnia zagrożenia naziemnych nadajników przeciwnika, których korespondencja podlega zakłóceniu /naturalnie w urządzeniach odbiorczych umieszczonych na samolotach/.

W sytuacji gdy współczynnik "K" jest mniejszy lub większy od jedności, graniczną wartość podziału strefy słyszalności i zakłóceń tworzy powierzchnia półkuli. Po ustaleniu wartości

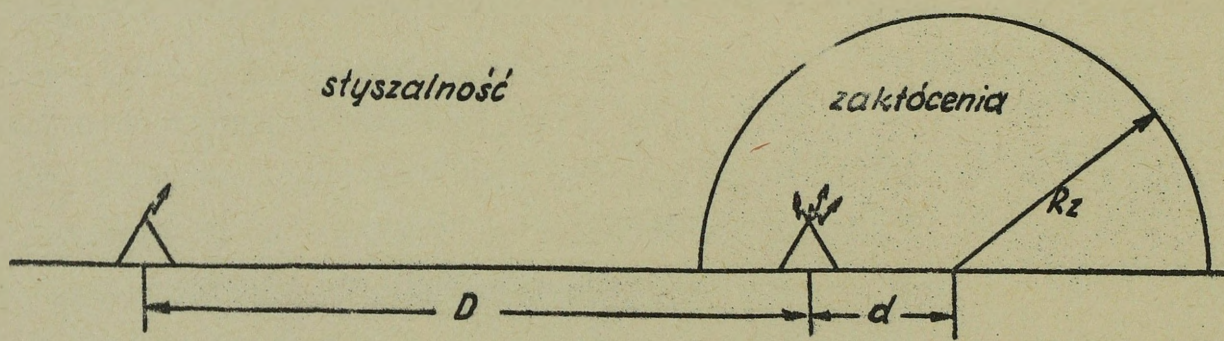
współczynnika "K" według wzoru /2.12/ przechodzimy do obliczenia promienia kuli "R" na podstawie wyrażenia:

$$R = D \frac{K}{1-K^2} \dots\dots\dots /2.14/$$

oraz wartości przesunięcia środka kuli od miejsca rozmieszczenia stacji zakłóceń:

$$d = K \cdot R \dots\dots\dots /2.15/$$

W wypadku gdy $K < 1$, a więc wtedy, gdy iloczyn $P_z \cdot G_z < P_s \cdot b_s \cdot k_z^2$, otrzymujemy dodatnie wartości R i d. Wyznaczają one powierzchnię graniczną oraz strefę zakłóceń, która jest półkulą. Środek tej półkuli przesunięty jest o wartość d w kierunku przeciwnym do rejonu rozmieszczenia naziemnej radiostacji nieprzyjaciela. W pozostałej przestrzeni słyszalność jest dobra lub zadowalająca. Wyrażenie /2.14/ i 2.15/ wyznaczają więc granicę efektywności prowadzonych zakłóceń.



Rysunek 2.4. Usytuowanie strefy zakłóceń przy $K < 1$

Przy omawianiu tej sytuacji, podobnie jak i w wypadku $K = 1$, wraz ze zmniejszeniem wartości "D" zmniejsza się również wartość "R", lecz czoło strefy zakłóceń przybliża się w kierunku radiostacji nieprzyjaciela. Z punktu widzenia taktyki jest więc celowo grupować stacje zakłóceń jak

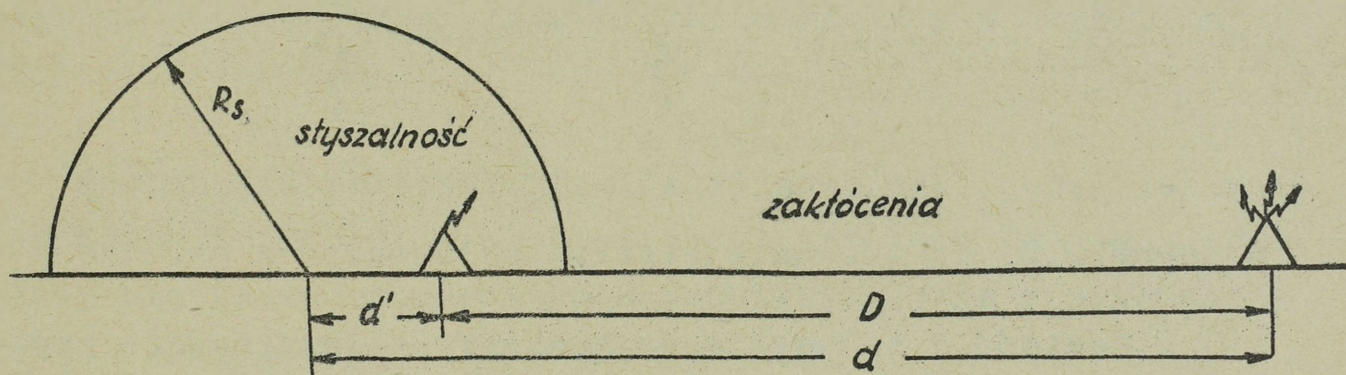
najbliższej linii styczności wojsk. Sytuacja ta stwarza największej trudności w zakresie prowadzenia zakłóceń, przewaga mocy jest bowiem po stronie przeciwnika.

W wypadku gdy $K > 1$, a więc wtedy, gdy $P_z \cdot G_z > P_s \cdot G_s \cdot k_z^2$, otrzymujemy ujemne wartości R i d . Wyznaczają one powierzchnię graniczną i obszar słyszalności, który jest półkulą.

Środek tej półkuli przesunięty jest od radiostacji przeciwnika o wartość

$$d' = d - D \dots\dots\dots /2.16/$$

w stronę przeciwną, od rejonu rozmieszczenia nadajnika zakłóceń. W przestrzeni objętej półkulą słyszalność jest dobra, natomiast poza nią dominują zakłócenia. Granice obszaru efektywności zakłóceń podobnie jak i przy $K < 1$, opisują równania /2.14 i 2.15./



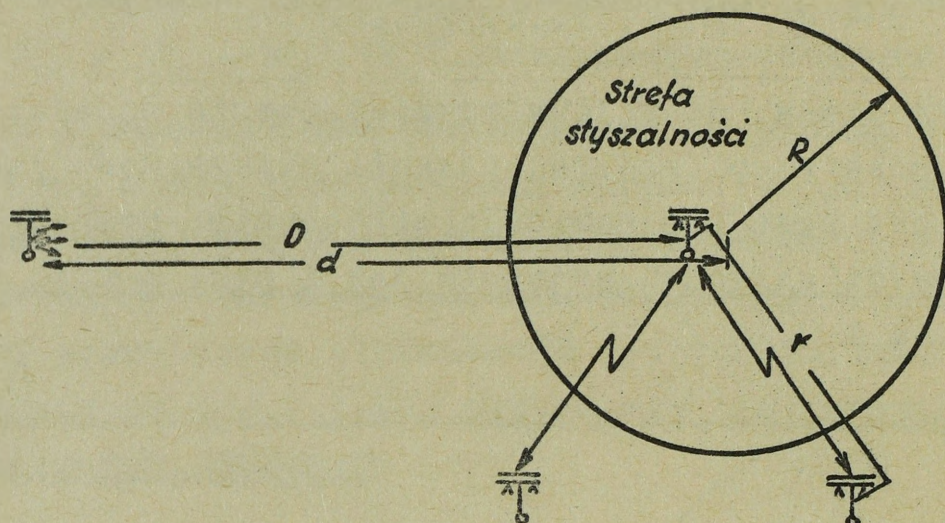
Rysunek 2.5. Usytuowanie strefy słyszalności i zakłóceń przy $K > 1$

Jest to najbardziej z podanych, dogodna do prowadzenia zakłóceń sytuacja, przewaga mocy znajduje się bowiem po stronie nadajnika zakłóceń. Jednak i w tym wypadku zmniejszenie odległości D jest również korzystne, prowadzi bowiem do zmniejszenia rozmiarów strefy słyszalności.

Przy określaniu powierzchni granicznej pomiędzy strefą zakłóceń i słyszalności, w wypadku zakłócenia łączności lotniczej utrzymywanej w relacji powietrze-powietrze, nadajnikami zakłóceń umieszczonymi na samolotach /a więc również

w relacji, powietrze-powietrze/, posługujemy się również wzorami /2.12, 2.14, 2.15/:

Rzecz zrozumiała, że przy tego rodzaju zakłóceniach współczynnik K winien być znacznie większy od jedności ponieważ w innym wypadku zakłócenie byłoby niemożliwe. /Samolot zakłócający musiałby zbliżyć się na zbyt małą, a tym samym niebezpieczną odległość do zakłóconych samolotów/.



Rysunek 2.6. Usytuowanie strefy zakłóceń.

Wartość R i d wyznaczają strefę słyszalności, która jest kulą o promieniu R , ze środkiem przesuniętym o wartość d w stronę przeciwną od położenia samolotu z nadajnikiem zakłóceń na pokładzie. Powierzchnia tej kuli stanowi granicę pomiędzy strefą słyszalności i zakłóceń. Równanie /2.14 i 2.15/ wyznaczają więc i tym razem granice efektywności zakłóceń prowadzonych jednak w relacji powietrze-powietrze przez nadajniki umieszczone na samolotach i przy założonej odległości "D".

W praktyce taktycznej chodzi jednak o coś wręcz odwrotnego. Zadanie określa bowiem zazwyczaj od jakiej minimalnej odległości r pomiędzy samolotami przeciwnika, łączność ma być przerwana. Jak widać z rysunku 2.6 warunek ten zostaje spełniony w przybliżeniu wtedy, gdy $r \geq R$. Znając zatem wartość współczynnika K , po przekształceniu równania /2.14/ otrzymamy odległość D z jakiej będziemy mogli tego dokonać

$$D = \frac{R \cdot \sqrt{1 - k^2}}{k} \dots\dots\dots /2.17/$$

Na samolotach własnych zamontować można nadajniki zakłóceń o mocy 300-500 W z anteną promieniującą dookreźnie. Obliczenia wykazują, że przy użyciu tego rodzaju nadajników można zakłócić łączność z odległości 7-10 razy większej niż odległość pomiędzy korespondującymi samolotami. Można więc prowadzić zakłócenia nawet pomiędzy parami samolotów jednego klucza, które leżą /zgodnie z działaniami prowadzonymi w Wietnamie/ na odległości 500-900 m. Zakłócenia łączności pomiędzy poszczególnymi kluczami jednej grupy /odstęp czasowy 1-5 minut/ jest całkiem realne i obejmuje znaczny obszar. To samo dotyczy zakłócenia łączności pomiędzy samolotami rozpoznawczymi a uderzeniowymi /odstęp czasowy do 20 minut/. Zakłócenia łączności utrzymanej pomiędzy samolotami jednej pary /odległość 60-100 m/ jest jednak nierealne, z uwagi na potrzebę znacznego przybliżenia się do zakłócanych obiektów.

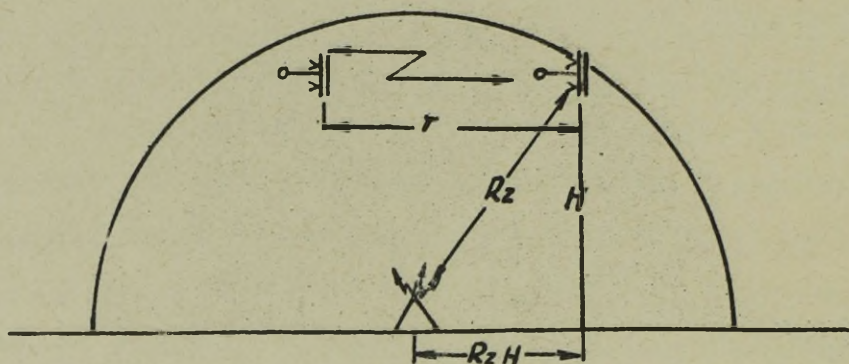
Poszukując wartości granicznej przy zakłóceniu łączności w relacji samolot - samolot przez nadajnik naziemny posługujemy się wzorem otrzymanym z przekształcenia równania zakłóceń dla fali przestrzennej, w którym

$$R = r \sqrt{\frac{P_z \cdot G_z}{P_s \cdot G_s \cdot k_z^2}} \dots\dots\dots /2.18/$$

W zależności wyrażonej równaniem /2.18/ po podstawieniu wszystkich znanych wartości znajdujących się pod pierwiastkiem pozostają dwie współzależne wartości nieznanne, a mianowicie r i R. R - określa promień strefy zakłóceń, a r - odległość pomiędzy korespondującymi samolotami.

W praktyce taktycznej wartość r przyjmuje się i traktuje jako znaną. Jeżeli więc chce się zakłócać łączność w kluczu samolotów, należy przyjąć r równe 100-200 m, a jeżeli zamiarem jest zakłócenie łączności pomiędzy bombowcami i myśliwcami osłony, r może być równe 1000 lub 2000 m. Kierując się celami praktycznymi, wartość R można obliczyć dla wielu założonych

wartości r . Pozwoli to ocenić skuteczność prowadzonych zakłóceń w różnych sytuacjach taktycznych.



Rysunek 2.7. Usytuowanie strefy zakłóceń przy zakłócaniu łączności lotniczej z ziemi.

Po podstawieniu do równania /2.18/ założonej wartości r obliczamy promień półkuli zakłóceń, której powierzchnia stanowi granicę pomiędzy obszarem słyszalności i zakłóceń. Środek tej półkuli znajduje się w miejscu rozmieszczenia nadajnika zakłóceń. Równanie /2.18/ jest więc miernikiem dostatecznego kontaktu radioelektronicznego dla prowadzenia zakłóceń łączności w relacji samolot-samolot droga użycia nadajnika naziemnego.

W omawianym przypadku zakłócenie łączności utrzymywanej na bliskich odległościach /np. w kluczu samolotów/ jest równie nierealne jak i przy zakłócaniu prowadzonym w relacji powietrze-powietrze. Moc nadajników zakłóceń musiałaby bowiem być zbyt duża. Możliwe jest natomiast prowadzenie zakłóceń łączności między grupami samolotów. Przy posiadaniu naziemnego nadajnika zakłóceń o mocy 3-5 kW i zysku antenowym 5-10 można zakłócić łączność pomiędzy korespondentami znajdującymi się w odległości 1-2 i więcej kilometrów od siebie w promieniu około 100 km.

2. Radiolokacja

Przy aktywnym zakłócaniu stacji radiolokacyjnych spotykamy się ze zjawiskiem, w którym chodzi najczęściej o to, aby impuls świetlny powstały na ekranie wskutek odebrania sygnału odbitego od celu był niewidoczny na tle zakłóceń, lub o to, aby powstałe na ekranie pozorujące znaczniki były identyczne lub bardzo podobne do znaczników celu /obiekty/.

Służą temu, jak wiadomo, zakłócenia szumowe i impulsowe. Zarówno podczas stosowania zakłóceń szumowych, jak i impulsowych musi być spełniona ściśle określona zależność pomiędzy mocą sygnału zakłócającego i odbitego od celu docierającego do układów odbiorczych stacji radiolokacyjnej. Zależność tę nazywa się współczynnikiem skuteczności zakłóceń i wyraża w postaci zależności:

$$k_z^2 = \frac{P_{sz}}{P_{so}} \dots\dots\dots /2.19/$$

- gdzie: k_z - współczynnik zakłóceń;
- P_{sz} - moc sygnału zakłócającego, mierzona na wejściu odbiornika;
- P_{so} - moc sygnału odbitego zmierzona na wejściu odbiornika.

Wielkość tego współczynnika dla zakłóceń szumowych przyjmuje się nie mniejszą jak 2÷3.

Moc sygnału zakłócającego P_{sz} obliczyć można po przekształceniu równania zasięgu radiolatarni /2.20/. Otrzymamy wtedy równanie /2.21./

$$D_z = \sqrt{\frac{P_z \cdot G_z \cdot G_{RLS} \cdot \lambda^2}{4 \pi^2 \cdot P_{sz}}} \dots\dots\dots /2.20/$$

$$P_{sz} = \frac{P_z \cdot G_z \cdot G_{RLS} \cdot \lambda^2}{4 \pi^2 D_z^2} \dots\dots\dots /2.21/$$

Moc sygnału odbitego obliczamy po przekształceniu równania zasięgu stacji radiolokacyjnej /2.22/, otrzymując równanie /2.23/.

$$D_c = \sqrt[4]{\frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS} \cdot \lambda^2 \cdot \delta}{(4\pi)^3 \cdot P_{SO}}} \dots\dots\dots /2.22./$$

$$P_{SO} = \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS} \cdot \lambda^2 \cdot \delta}{(4\pi)^3 \cdot D_c^4} \dots\dots\dots /2.23/$$

Na podstawie ^{niu} równań /2.21/ i /2,23/ do równania /2.19/ otrzymujemy równanie zakłóceń radiolokacyjnych nazywane też równaniem przeciwradiolokacji; ma ono następującą postać:

$$P_z \cdot G_z \cdot 4\pi \cdot D_c^4 = P_{RLS} \cdot G_{RLS} \cdot \delta \cdot D_z^2 \cdot k_z^2 \dots\dots\dots /2.24/,$$

- gdzie: D_z - zasięg radiolatarni;
- D_c - zasięg stacji radiolokacyjnej;
- P_z - moc nadajnika zakłóceń;
- G_z - zysk antenowy nadajnika zakłóceń;
- P_{RLS} - moc zakłócanej stacji radiolokacyjnej;
- G_{RLS} - zysk antenowy zakłócanej stacji radiolokacyjnej;
- δ - skuteczna powierzchnia odbicia obiektu; celu /samolotu lub obiektu naziemnego/;
- λ - długość fali.

Przedstawione równanie właściwe jest dla fal przestrzennych. W wypadku gdy w grę wchodzi wpływ ziemi należy uwzględnić jeszcze jeden czynnik. Wówczas równanie /2.24/ przyjmuje postać:

$$P_z \cdot G_z \cdot 4\pi \cdot D_c^4 = P_{RLS} \cdot G_{RLS} \cdot \delta \cdot D_z^2 \cdot k_z^2 \cdot V^2 \dots\dots /2.25/$$

Gdzie: V - czynnik uwzględniający wpływ ziemi na rozchodzenie się fal radiolokacyjnych.

W wypadku gdy zakłócenia aktywne stosowane są z samolotu śledzonego przez stację radiolokacyjną lub gdy stację zakłóceń rozmieszczono w pobliżu osłanianego obiektu $D_c = D_z$. Równanie /2.24/ można wtedy uprościć otrzymując:

$$P_z \cdot G_z \cdot 4\pi \cdot D^2 = P_{RLS} \cdot G_{RLS} \cdot \sigma \cdot k_z^2 \quad \dots \quad /2.26/$$

Z równań /2.20 i 2.22/ wynika, że moc stacji radiolokacyjnej jest proporcjonalna do czwartej potęgi odległości, a moc nadajnika zakłóceń do jej drugiej potęgi. W związku z tym im większa jest odległość od stacji radiolokacyjnej do obserwowanego przez nią celu, tym mniejsza wymagana moc nadajnika zakłóceń, potrzebna do jej obezwładnienia.

Wartość tej mocy dla uzyskania efektu zakłóceń z dowolnej odległości od RLS obliczyć można po przekształceniu równań /2.24 i 2.26/. Winna być ona równa:

$$P_z \cdot G_z = P_{RLS} \cdot G_{RLS} \cdot \sigma \cdot \frac{D_z^2}{4\pi \cdot D_c^4} \cdot k_z^2 \quad \dots \quad /2.27/$$

$$P_z \cdot G_z = \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS} \cdot \sigma \cdot k_z^2}{4\pi \cdot D^2} \quad \dots \quad /2.28/$$

Moc nadajników zakłócających jest jednak konstrukcyjnie ustalona. Dla urządzeń samolotowych nie przekracza ona wielkości 300 W, a dla naziemnych - 500-1000 W. Moc stacji radiolokacyjnych jest znacznie większa. Przykładowo: amerykańska stacja radiolokacyjna służąca do wykrywania celów powietrznych typu AN /MPS-14 posiada moc 5000 KW. W związku z tym obserwujemy zjawisko, w którym do pewnej określonej odległości moc impulsu zakłócającego mierzona na układach wejściowych odbiornika ma przewagę nad mocą impulsu odbitego. Po przekroczeniu tej odległości moc sygnału odbitego jest większą i znacznik celu staje się widoczny na tle zakłóceń. Odległość tę określić można po przekształceniu równań /2.24 i 2.26/. Dla wypadku, gdy nadajnik zakłóceń znajduje się na samolocie maskującym szlak bojowy innych samolotów, odległość tę z racji często występującego urzutowania w przestrzeni określa się na podstawie zależności:

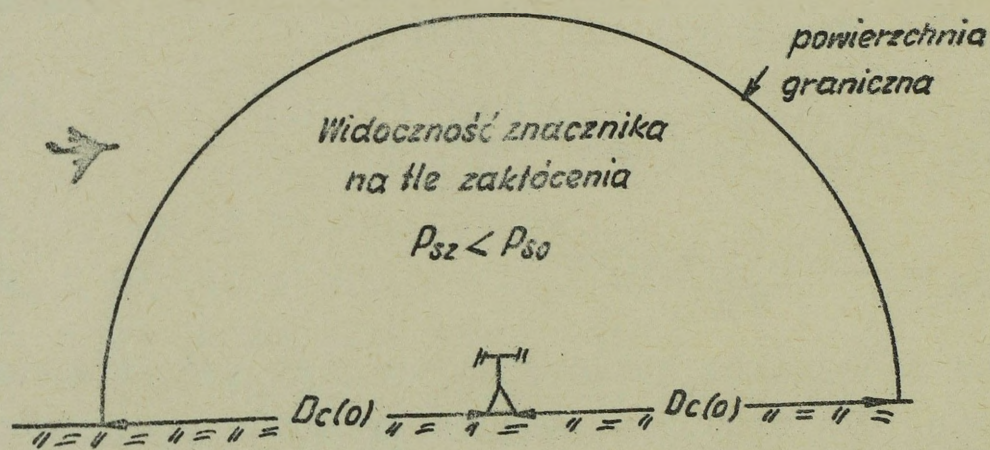
$$D_{C(0)} = \sqrt[4]{\frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS} \cdot \sigma \cdot k_z^2 \cdot D_z^2}{4\pi \cdot P_z \cdot G_z}} \quad \dots \quad /2.29/$$

Natomiast dla wypadku gdy stacja radiolokacyjna obserwuje samolot prowadzący zakłócenia lub gdy leci on w szyku osłanianych samolotów obowiązuje zależność:

$$D_c(o) = \sqrt{\frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS} \cdot S \cdot k_z^2}{4\pi \cdot P_z \cdot G_z}} \quad /2.30/$$

gdzie: $D_c(o)$ - promień strefy otwartej

Rozpatrując zatem zagadnienie wystarczająco ściśle-go kontaktu radioelektrycznego pomiędzy urządzeniem zakłócającym i zakłócanym z punktu widzenia intensywności zakłóceń - należy stwierdzić, że wartość graniczna przedstawiają równania /2.29 i 2.30/.

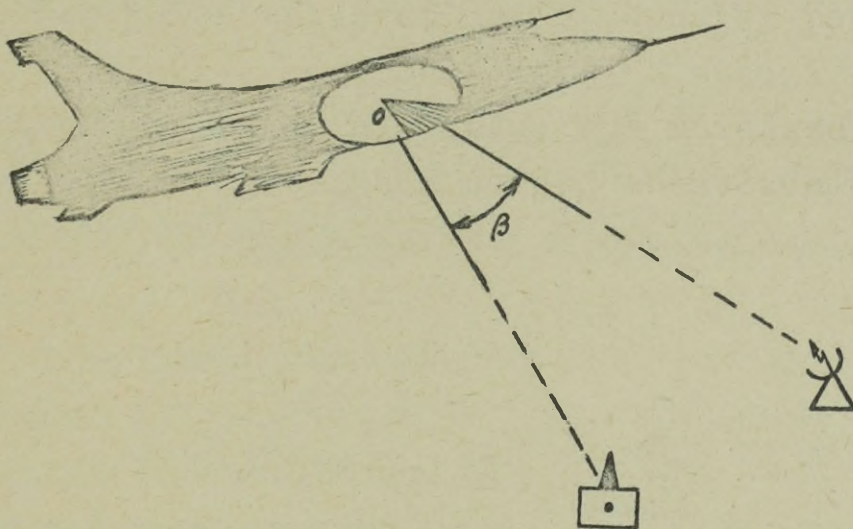


Rysunek 2. 3. Strefa otwarta RLS w przekroju pionowym.

Powierzchnię graniczną stanowi w tym wypadku powierzchnia półkuli o promieniu $D_c(o)$ z punktem przyłożenia w miejscu rozmieszczenia stacji radiolokacyjnej. Dla wszystkich punktów położenia obserwowanego przez RLS samolotu, znajdujących się wewnątrz tej półkuli, omawiana zależność skuteczności zakłócanej nie jest spełniona, natomiast dla punktów położonych na zewnątrz - jest spełniona.

Strefę, w której jest możliwe obserwowanie znacznika celu na tle zakłóceń, nazywa się często w literaturze fachowej strefą otwartą.

Przedstawione zależności wystarczająco ścisłego zakłócenia kontaktu radioelektronicznego, jakie istnieją pomiędzy stacjami radiolokacyjnymi, a stacjami zakłóceń, nie uwzględniają w pełni wpływu kształtu i wielkości posiadanych przez stacje radiolokacyjne i zakłócające wiązek promieniowania oraz pomijają problem rozwartości kątowych jakie występują niekiedy pomiędzy osłanianymi obiektami i stacjami zakłóceń.



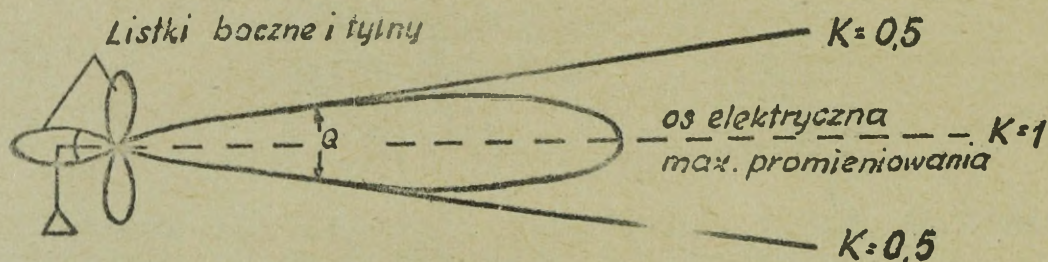
Rysunek 2.9. Wpływ rozwartości kątowej B pomiędzy obiektem a stacją zakłóceń na rozmieszczenie znaczników na ekranie RLS.

Chodzi bowiem o to, że pomimo wystarczająco dużej intensywności zakłóceń szumowych mogą one być zobrazowane na innej części ekranu RLS niż impuls od celu /obiekту/. W związku z czym nie osiąga się zamierzonego celu działania. Zagadnienie to wyjaśnia rysunek 2.9.

Istnieją stacje radiolokacyjne o wąskich wiązkach, których szerokość mierzona na połowie maksymalnego natężenia nie przekracza 6 stopni. Inne stacje radiolokacyjne posiadają bardzo szerokie wiązki promieniowania w płaszczyźnie pionowej, a wąskie w płaszczyźnie poziomej, lub odwrotnie.

Kształt wiązki promieniowania zależy od rodzaju anteny, która odpowiednio do zdolności skupiania energii elektromagnetycznej posiada większy lub mniejszy zysk kierunkowy. Zyski te dochodzą w przypadku RLS do kilku tysięcy. Ukierunkowanie anten nadajników zakłóceń, szczególnie samolotowych jest znacznie mniejsze. Duże ukierunkowanie skomplikowało^{by} bowiem ich naprowadzenie na zakłócone stację radiolokacyjną. Wielkość i kształt wiązek promieniowania zarówno stacji radiolokacyjnych, jak i stacji zakłóceń zależą od mocy nadajników i konstrukcji anten oraz rodzaju pracy i podyktowane są spełnianymi zadaniami.

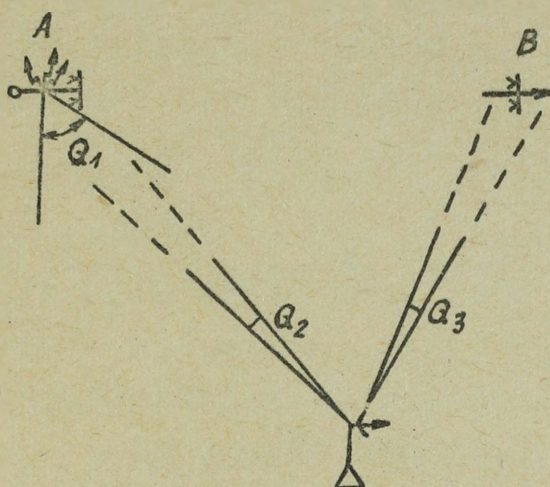
Natężenie pola elektromagnetycznego w wiązce promieniowania największe jest w jej centrum, tj. na osi elektrycznej, i opada w miarę oddalania się od niej.



Rysunek 2.10. Szerokość wiązki promieniowania w płaszczyźnie pionowej O mierzona na połowie poziomu energetycznego promieniowania.

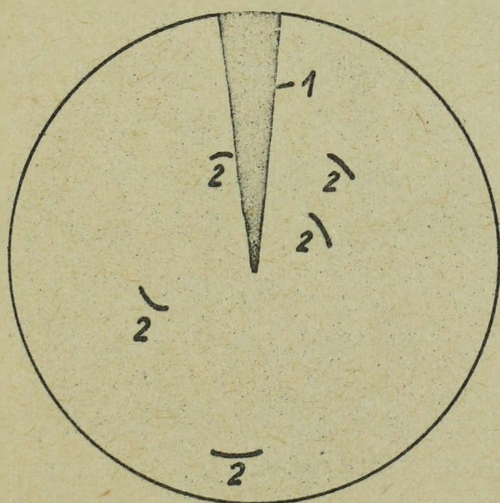
Pierwszym więc warunkiem zapewniającym skuteczność zakłóceń jest wzajemne pokrycie się wiązki promieniowania stacji zakłócającej z wiązką promieniowania stacji radiolokacyjnej, która to jest jednocześnie jej wiązką odbiorczą. Łatwiejsza w tym względzie jest sprawa w przypadku stacji radiolokacyjnych obserwacji dookrężnej, których wiązki promieniowania są szerokie w pionie i których anteny obracają się w granicach 360° ; trudniejsza w wypadku stacji o wąskich wiązkach i ukierunkowanej pracy w czasie śledzenia celów. Np. w stacjach kierowania

ogniem artylerii przeciwlotniczej i radiolokacyjnych celownikach bombowych./



Rysunek 2.11. Wpływ położenia wiązki promieniowania RLS i nadajnika zakłócającego na rozjaśnienie wskaźnika RLS. Położenie Q_2 -RLS zakłócana, położenie Q_3 -RLS niezakłócona śledzi cel B.

W wypadku gdy nadajnik zakłóceń znajduje się w dużej odległości od zakłóconej RLS, moc sygnałów zakłócających na wejściu do odbiornika jest mała, a największy potencjał energetyczny ma ta część pola, która rozprzestrzenia się wzdłuż osi elektrycznej anteny zakłócającej. W tej sytuacji sektor zakłócenia jest wąski i swoją szerokością na wskaźnikach panoramicznych odpowiada w przybliżeniu szerokości charakterystyki kierunkowej anteny zakłóconej RLS.



Rysunek 12. Widok ekranu RLS przy dużym oddaleniu nadajnika zakłóceń. Sektor zakłóceń-1. Znaczniki od celów - 2.

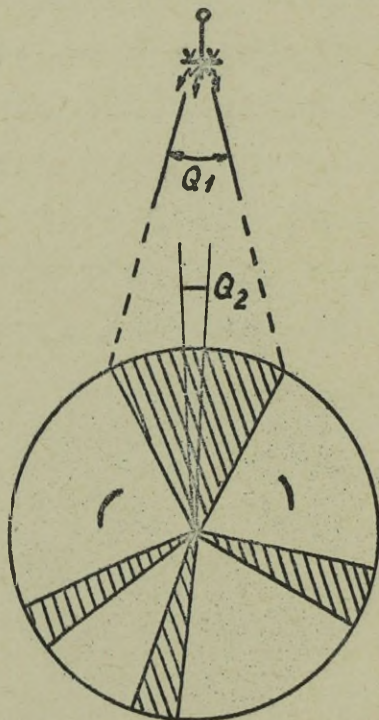
Efektywność takich zakłóceń jest mała, ponieważ na ekranie RLS widoczne są wszystkie znaczniki od celów, które nie znalazły się w wąskim sektorze zakłóceń. Dla wypadku tego należy przyjąć, że kątowe oddalenie osłanianych zakłóceniami obiektów nie może być większe niż pół szerokości wiązki kierunkowej RLS, czyli że:

$$L \leq \frac{Q}{2} \dots\dots\dots /2.31/$$

gdzie: L - kątowe rozwarście pomiędzy nadajnikiem zakłóceń i osłanianym obiektem;

Q - szerokość wiązki promieniowania RLS.

Przy średnich odległościach sektor zakłóceń na kierunku głównego listka wiązki promieniowania RLS rozszerza się i występują dodatkowe wąskie sektory zakłóceń na kierunku listków bocznych i tylnego.



Rysunek 2.13. Widok ekranu RLS przy średnim oddaleniu nadajnika zakłóceń.

Dzieje się tak dlatego, ponieważ udział w zakłóceniu bierze szersza część wiązki promieniowania stacji zakłóceń. Inaczej mówiąc, poziom energetyczny przestrzeni objętej zakłóceniami w coraz to większym oddaleniu od osi elektrycznej anteny nadajnika zakłóceń jest wystarczający do rozjaśniania ekranu RLS. Ponadto wraz ze zbliżeniem się nadajnika zakłóceń jego wiązka promieniowania na RLS o pracy okrężnej /zawdzięczając stałym obrotom anteny/ jest "widziana" pod szerszym kątem przez stację radiolokacyjną. W związku z tym szerokość głównego sektora zakłóceń na ekranie RLS jest proporcjonalna do szerokości wiązki stacji zakłóceń, która "omniana" jest przez wiązkę odbiorczą stacji radiolokacyjnej. Wyjaśnia to w pewnym sensie rysunek 2.12. Wraz ze zbliżaniem się nadajnika zakłóceń energia zakłócająca jest też na tyle duża /mniejszy wpływ środowiska, krótszy czas rozchodzenia się fal/ że może być odebrana przez listek tylny i boczny. Stąd dodatkowe sektory zakłóceń na wskaźniku stacji.

Przy małym oddaleniu nadajnika zakłóceń prawie cały ekran RLS jest rozjaśniony. Intensywność poświaty jest jednak mniejsza od jasności znaczników od celów /obiektów/. Wchodzi bowiem w rachubę zależność wyrażona równaniami /2.29 i 2.30/.

Kątowa wartość sektora zakłóceń na wskaźniku RLS zależna jest - jak powiedziano wyżej - od natężenia pola zakłóceń, odległości, kierunkowości anten oraz czułości odbiornika i innych dość skomplikowanych czynników. Wielkość tego sektora można określić eksperymentalnie lub za pomocą złożonych wzorów matematycznych, które w tym miejscu przytaczane nie będą.

Wartość kątowego oddalenia nadajnika zakłóceń od osłanianego obiektu, w wypadku gdy rozjaśniony na ekranie RLS sektor ma znaczną szerokość, nie może być większa od połowy wartości tego sektora. Jeśli więc wartość rozjaśnionego na ekranie RLS sektora oznaczymy przez A , to:

$$L \leq \frac{A}{2} \dots\dots\dots /2.31a/$$

gdzie: L - kątowa wartość rozwarcia pomiędzy nadajnikiem zakłóceń i maskowanym obiektem.

Środki zakłóceń biernych podzielić można pod względem oddziaływania na przychodzące od RLS fale elektromagnetyczne na:

- odbijające w kierunku RLS;
- odbijające w sposób lustrzany;
- pochłaniające i rozpraszające.

Do środków odbijających fale w kierunku RLS należą odbijacze dipolowe i kątowe.

Pierwsze z nich wykorzystuje się głównie do ukrywania i pozorowania obiektów powietrznych.

W wypadku użycia ich do ukrywania stosuje się je masowo, a pożądany efekt zakłóceń uzyskuje się wówczas, gdy:

$$P_z \geq k_T \cdot P_c \dots\dots\dots /2,32/$$

gdzie: P_z - moc sygnału zakłóceń mierzona na wejściu odbiornika RLS;

P_c - moc sygnału odbitego od celu mierzona na wejściu odbiornika;

k_T - współczynnik tłumienia.

$$k_T^2 = \frac{P_z}{P_s} \dots\dots\dots /2,33/$$

gdzie: P_z - moc sygnału zakłócającego;

P_s - moc sygnału odbitego od celu /mierzone na wejściu odbiornika/.

W wypadku nieposiadania przez RLS układów przeciwzakłóceń i odległości maskowanych samolotów od obserwującej RLS w granicach 100-120 km współczynnik k_T przyjmuje się równy jedności. W innych wypadkach do jego obliczenia stosuje się specjalne wzory matematyczne uwzględniające szereg parametrów natury technicznej i taktycznej.

Ponieważ zarówno impuls odbity od celu, jak i od odbijaczy dipolowych przebywa podwójną drogę, moc sygnałów powracających do RLS obliczyć można za pomocą równań:

$$P_c = \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS} \cdot \lambda^2 \cdot \sigma_c}{(4\pi)^3 \cdot D_c^4} \dots\dots\dots /2.34/$$

$$P_z = \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS} \cdot \lambda^2 \cdot \sigma_z}{(4\pi)^3 \cdot D_z^4} \dots\dots\dots /2.35/$$

- gdzie: P_{RLS} - moc stacji radiolokacyjnej;
 G_{RLS} - zysk kierunkowy anteny RLS
 λ - długość fali RLS;
 σ_c - skuteczna powierzchnia odbicia celu;
 σ_z - skuteczna powierzchnia odbicia dipoli w strefie odbijającej /obłoku/;
 D_c - odległość do celu;
 D_z - odległość do obłoku zakłócającego.

Przyjmując, że $D_c = D_z$, co można uzasadnić tym, że ukrywane samoloty dla spełnienia warunku maskowania muszą się znajdować wewnątrz obłoku zakłóceń lub za nim /w drugim wypadku sytuacja jest bardziej sprzyjająca, bowiem $D_c > D_z$ i podstawiając równanie 2.34 i 2.35 do wyrażenia /2.33/ otrzymamy:

$$\sigma_z = k_T^2 \cdot \sigma_c \dots\dots\dots /2.36/$$

W praktycznym użyciu odbijaczy dipolowych zarówno do ukrywania i pozorowania celów powietrznych jak i oddziaływania na zapalniki zbliżeniowe dąży się jednak do tego aby:

$$\sigma_z > k_T^2 \cdot \sigma_c \dots\dots\dots /2.37/$$

Miernikiem wystarczająco ścisłego kontaktu pomiędzy RLS i strefą odbijającą w wypadku użycia odbijaczy dipolowych będzie więc równanie zasięgu stacji radiolokacyjnej /2.22/, w którym za wyrażeniem /2.37/ $\sigma = \sigma_z$.

Odbijacze kątowe stosuje się do pozorowania celów powietrznych oraz do ukrywania i pozorowania obiektów naziemnych.

W wypadku pozorowania obiektów powietrznych i naziemnych zobrazowanych ~~na~~ jednostkow^{wej} powierzchni odbicia^{x/} RLS /technika bojowa, samoloty, czołgi itd./ skuteczna powierzchnia odbicia odbijacza kąowego powinna być równa lub większa od skutecznej powierzchni odbicia obiektu rzeczywistego, co można wyrazić w postaci zależności:

$$\sigma_0 \geq \sigma_{ob} \quad \dots\dots\dots /2.38/$$

gdzie σ_0 - skuteczna powierzchnia odbicia odbijacza kąowego;

σ_{ob} - skuteczna powierzchnia odbicia obiektu.

W wypadku pozorowania obiektów dużych, których znacznik powstaje na ekranie RLS wskutek odbicia energii elektromagnetycznej od wielu jednostkowych powierzchni odbicia, jak również w wypadku budowy masek wyrównawczych i zakłócających, które z zasady zajmują duże i różnorodne pod względem zdolności do odbijania fal przestrzenie, skuteczne powierzchnie odbicia użytych odbijaczy powinny być równe lub większe od skutecznej powierzchni odbicia elementów obiektów rzeczywistych i uwzględniać skuteczną powierzchnię odbicia tła, co wyraża zależność:

$$\sigma_0 \geq \sigma_{ob} \pm \sigma_T \quad \dots\dots\dots /2.39/$$

gdzie: σ_T - skuteczna powierzchnia odbicia tła.

W wypadku tworzenia masek zakłóceń przeciwradiolokacyjnych z odbijaczy kąowych rozstawia się je w odstępach nie przekraczających parametru rozróżnialności RLS w odległości a ich skuteczne powierzchnie odbicia mogą być różne. W wypadku pozoracji - w zależności od charakteru maskowanych obiektów i założonych celów - skuteczne powierzchnie odbicia poszczególnych odbijaczy bywają z zasady różne, a odległości między nimi mogą być większe niż parametr rozróżniacza RLS.

x/ Jednostkowa powierzchnia odbicia - obszar ograniczony rozróżnialnością RLS w odległości i azymucie.

Skuteczną powierzchnię odbicia najczęściej stosowanych kwadratowych i trójkątnych odbijaczy kątowych określić można na podstawie wzorów:

$$\sigma_{\square \max} = \frac{12 \pi \cdot a^4}{\lambda^2} \dots\dots\dots/2.40/$$

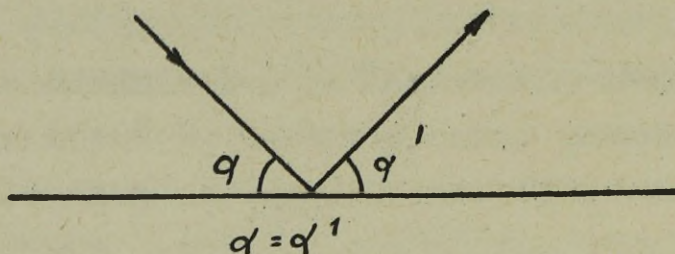
$$\sigma_{\Delta \max} = \frac{4 \pi \cdot a^2}{3 \lambda^2} \dots\dots\dots/2.41/$$

gdzie a - długość ściany odbijacza kąтового;
 λ - długość fali P³.

Środkiem wystarczająco ścisłego kontaktu radioelektronicznego jest w tym wypadku równanie zasięgu RLS /2.22/, w którym za wyrażeniami /2.38 i 2.39/ $\sigma = \sigma_0$

W wypadku stosowania środków odbijających w sposób lustrzany oraz pochłaniających i rozpraszających fale elektromagnetyczne zachodzi zjawisko odwrotne do dotychczas rozpatrywanych. Przy stosowaniu tych środków zależy bowiem na tym, aby kontakt radioelektroniczny pomiędzy stacją radiolokacyjną a obiektami został przerwany. Fala radiolokacyjna jest bowiem odbijana pod kątem padania, pochłaniana, lub rozpraszana, a ilość powracającej energii jest tak znikoma, że nie może być zobrazowana. W związku z tym rozpatrywane zagadnienie należy odwrócić, podając wyrażenia matematyczne opisujące przypadki wystarczająco dużej skuteczności przerwania kontaktu radioelektronicznego pomiędzy RLS i obserwowanymi obiektami.

Środkiem służącym do lustrzanego odbijania fal elektromagnetycznych są odbijacze płaskie - ekrany. Zasada ich działania polega na odbiciu fali pod kątem padania.



Rysunek 14. Zasada odbicia lustrzanego

Dla spełnienia tego warunku powierzchnia odbijająca powinna być ciągła, a w wypadku użycia w tym celu siatki metalowej średnica oczek nie może być większa niż $\frac{1}{6} \div \frac{1}{8}$ długość fali stosowanego radiolokatora.

Ekran płaski mogą "pracować" również na zasadzie nakładania fal odbitych od obiektu i maski. W tym wypadku średnica oczek stosowanej siatki winna być odpowiednio dobrana, a oddalenie maski od obiektu powinno zapewniać nakładanie się fal w przeciwnych fazach, co prowadzi w rezultacie do całkowitego lub znacznego ich wygaszenia:

Analiza równania zasięgu radiolokacji

$$D = \sqrt[4]{\frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS} \cdot \lambda^2 \cdot \mathcal{S}}{(4\pi)^3 \cdot P_{min}}} \quad \dots\dots /2.42/,$$

- gdzie: P_{RLS} - moc stacji radiolokacyjnej;
- G_{RLS} - zysk antenowy stacji radiolokacyjnej;
- λ - długość fali RLS;
- \mathcal{S} - skuteczna powierzchnia odbicia obiektu;
- P_{min} - czułość odbiornika RLS

przy założeniu, że skuteczna powierzchnia odbicia obiektu, na skutek jego ukrycia pod maską płaską - ekranem, jest równa lub bliska zeru i że w związku z tym moc ewentualnie powracającego do RLS sygnału jest mniejsza od czułości odbiornika $[P_{sc} < P_{min}]$, pozwala stwierdzić, że wykrycie obiektu nie będzie miało miejsca.

Równanie /2.42/, przy podanym założeniu /Pso < Pmin/ jest więc miernikiem przerwania kontaktu radioelektronicznego pomiędzy RLS i obiektem w wypadku użycia do jego ukrycia maski płaskiej - ekranu.

Pokrycie pochłaniające wykonywane fabrycznie oraz różnego rodzaju pokrycia z materiałów podręcznych /chrust, gałęzie, słoma itp./ charakteryzuje określony współczynnik odbicia, który wyraża się zależnością:

$$K = \frac{\sigma_{obm}}{\sigma_{ab}} \cdot 100\% \dots\dots\dots /2.43/,$$

gdzie: σ_{obm} - skuteczna powierzchnia odbicia obiektu zamaskowanego;

σ_{ob} - skuteczna powierzchnia odbicia obiektu nie maskowanego.

Warunkiem ukrycia obiektu naziemnego przed rozpoznaniem powietrznym jest zależność, w której jego skuteczna powierzchnia odbicia jest co najmniej 2,5 razą mniejsza od skutecznej powierzchni odbicia tła terenu. Wyrazić to można następującą zależnością:

$$\sigma_{obm} \leq 2,5 \sigma_T \dots\dots\dots /2,44/,$$

gdzie: σ_T - skuteczna powierzchnia odbicia tła.

W wyniku przekształcenia równań /2.43 i 2.44/ otrzymujemy zależność /2.45/, opisującą warunek całkowitego ukrycia obiektu naziemnego przed rozpoznaniem radiolokacyjnym prowadzonym z powietrza.

$$K < 2,5 \frac{\sigma_T}{\sigma_{ob}} \cdot 100\% \dots\dots\dots /2.45/.$$

W wypadku, gdy obiekt znajduje się na powierzchni wody, zależność ta przyjmuje postać:

$$K < 1,5 \frac{\sigma_T}{\sigma_{ob}} \cdot 100\% \dots\dots\dots /2.46/$$

Przy spełnieniu tych zależności obiekt nie zostanie wykryty, ponieważ nie wystąpi kontrast radiolokacyjny pomiędzy obiektem i tłem. Wyrażenia /2.45 i 2.46/ są więc miernikami przerwania

kontakty radioelektronicznego pomiędzy stacją radiolokacyjną i obiektami w wypadku ich umieszczenia pod przykryciami pochłaniającymi fale elektromagnetyczne

3. Technika podczerwieni

Dostępna literatura wojskowa dotycząca techniki podczerwieni właściwie nie porusza problematyki badanego problemu. Literatura cywilna odsyła w tym względzie do skomplikowanych metod graficznych i rachunkowych, których przystosowanie dla celów wojskowych musiałoby stanowić przedmiot oddzielnej pracy naukowej. Z tych powodów zagadnienie to można przedstawić jedynie w formie ogólnej powołując się na źródła bardziej przystępne^{x/} i analogie wynikające z materiału przedstawionego w poprzednich podrozdziałach.

Dymy maskujące posiadają właściwości rozpraszania i pochłaniania promieniowania podczerwonego. Rozpraszanie występuje najsilniej, gdy średnica drabinek rozpraszających jest w przybliżeniu równa połowie długości podającej fali. Istnieją dymy maskujące /dym ciekłego oleju/, które mają średnicę 17 mikronów, mogą więc skutecznie rozpraszać fale podczerwone długości do 34 mikronów /zakres bliskiej, pośredniej i częściowo dalekiej podczerwieni/. Ważnym czynnikiem przy rozpraszaniu jest też cząstkowe stężenie dymów /ilość cząstek w jednostce objętości/. Dymy o dużym stężeniu rozpraszają bowiem o wiele lepiej.

Podczas rozpraszania występuje odbicie energii podającej w ośrodku rozpraszającym. Zależność pomiędzy ilością energii padającej i odbitej określa się współczynnikiem odbicia R

$$R = \frac{I_R}{J_0} \dots \dots \dots /2.47/$$

Podobnie można określić wartość współczynnika przechodzenia T.

$$T = \frac{I_{pr}}{J_0} \dots \dots \dots /2.48/$$

x/ Wzory dotyczące omawianego zagadnienia oraz ich uzasadnienie podano za Dr C. BEZINA. Właściwości promieniowania podczerwonego WPZ nr 2/60 r. str. 176-177.

gdzie: J_0 - natężenie wiązki padającej;
 I_R - natężenie wiązki odbitej;
 I_T - natężenie wiązki przepuszczonej.

W wypadku, gdy pochłanianie nie wchodzi w rachubę:

$$R + T = 1 \dots\dots\dots /2.49/$$

Zarówno współczynnik załamania, jak i przechodzenia związane są ze współczynnikiem załamania dwóch ośrodków /w omawianym wypadku powietrza i dymów/ rozdzielonych powierzchnią graniczną. Zagadnienie to opisują wzory Fresnela, które są bardziej dokładne od podanych wyżej. Dla pojedynczej powierzchni granicznej przy prostopadłości promienia padającego są one następujące:

$$r = \frac{\sqrt{n} - 1/\sqrt{2}}{\sqrt{n} + 1/\sqrt{2}} \dots\dots\dots /2.50/$$

$$t = \frac{4n}{n + 1/\sqrt{2}} \dots\dots\dots /2.51/$$

gdzie: n - współczynnik załamania ośrodka oddzielonego od powietrza powierzchnią graniczną, w naszym wypadku dla dymów maskujących;

1 - współczynnik załamania powietrza.

Za pomocą podanych wyżej wzorów można wyrazić wartość współczynników odbicia i przepuszczania dla ośrodka rozpraszającego rozdzielonego powierzchnią graniczną. Współczynniki te przybierają przy pominięciu zagadnienia interferencji fal - następującą postać:

$$R = \frac{1 - r}{1 + r} \dots\dots\dots /2.52/$$

$$T = \frac{2r}{1 + r} \dots\dots\dots /2.53/$$

Dymy maskujące posiadają również właściwość pochłaniania promieniowania podczerwonego. Wyróżniają się w tym głównie dymy olejowe i wzbogacone parą wodną. Stopień pochłaniania mierzy się liniowym współczynnikiem pochłaniania L /alfa/, który jest określony następująco:

- 58 -

$$J = J_0 e^{-\alpha d} \dots \dots \dots /2.54/$$

- gdzie:
- I - natężenie wiązki fal po przeniknięciu przez ośrodek pochłaniający;
 - I_0 - początkowe natężenie wiązki fal;
 - d - odległość, jaką wiązka przebywa w ośrodku.

Dla ośrodka pochłaniającego - przy uwzględnieniu strat energii na skutek wielokrotnych odbić i z pominięciem interferencji fal - natężenie wiązki fal przechodzących określić można następująco:

$$J = J_0 \frac{1 - r^2 e^{-Ld}}{1 - R^2 \cdot e^{-2Ld}} \dots \dots \dots /2.55/$$

Aby dymy maskujące spełniły zadanie w zakresie maskowania obiektów przed rozpoznaniem prowadzonym w świetle podczerwonym /drogą rozpraszania i pochłaniania/, powinna być spełniona zależność, w której:

$$\frac{1 - r^2 \cdot e^{-Ld}}{1 - R^2 \cdot e^{-2Ld}} = K \dots \dots \dots /2.56/$$

gdzie: $0 \leq K \ll 1$.

Można więc przyjąć, że zależność /2.56/ opisuje warunek przerwania kontaktu pomiędzy obiektem a podczerwonym urządzeniem rozpoznawczym. Zależność ta słuszna jest jednak tylko dla tych wypadków, w których mamy do czynienia z jednorazowym załamaniem wiązki fal podczerwonych na powierzchni granicznej. Posiadając odpowiednio duże natężenie wiązka fal podczerwonych załamywać się będzie jednak dwukrotnie na drodze od naturalnego /słońce/ lub sztucznego /reflektor/ promiennika do obiektu i dwukrotnie na drodze od obiektu do urządzenia rozpoznawczego. W wypadku wykorzystania zakresu bliskiej podczerwieni możemy więc mieć do czynienia z czterokrotnym załamaniem promieni fal podczerwonych i dwukrotnym przejściem przez ośrodek /dymy/ o zdolnościach do rozpraszania i pochłaniania energii, a w wypadku dalekiej podczerwieni opartej na promieniowaniu fal przez obiekty ogrzane z dwukrotnym załamaniem na powierzchniach

granicznych /przy wejściu i wyjściu z obłoku dymu/ i jednokrotnym przejściem przez ośrodek pochłaniająco-rozpraszający.

Na pytanie, jak gruba powinna być zasłona dymna oraz jaki powinien być jej skład chemiczny i stopień stężenia, aby przerwać kontakt pomiędzy obiektem, a urządzeniem rozpoznawczym, nie można dać jednoznacznej i pewnej odpowiedzi. Zdolność dymów maskujących do rozpraszania i pochłaniania całego zakresu fal podczerwonych nie została bowiem dotychczas sprawdzona. Niektóre źródła sugerują, że dymy maskujące mogą być skuteczne w zakresie zwalczania bliskiej podczerwieni /0,78 - 1,5 mikrona/. Jest to stwierdzenie bardzo optymistyczne, ponieważ w zakresie tym pracują wszystkie urządzenia należące do grupy noktowizorów i wykonywane są zdjęcia podczerwone. Pomimo tych sugestii należy przypuszczać, że dymy maskujące są przydatne również do maskowania w zakresie podczerwieni pośredniej i dalekiej. Wymaga to jednak sprawdzenia za pomocą doświadczeń.

Na razie zatrzymamy się na stwierdzeniu, że wraz ze zmniejszeniem się wartości współczynnika K energia wiązki przepuszczonej również zmaleje i w przypadku użycia odpowiednio dobranego dymu może być tak mała, że nie zostanie odebrana przez urządzenie rozpoznawcze.

Jeśli chodzi o środki świetlne w postaci lamp błyskowych, reflektorów, laserów oraz zasłon wykonywanych przy użyciu materiałów pirotechnicznych i łatwopalnych - literatura źródłowa stwierdza jedynie, iż ich poziom świetlny nie niższy niż 1,5 - 2 lx jest w zupełności wystarczający do zakłócenia pracy noktowizorów i łączności utrzymywanej na falach podczerwonych. Wskaźnik ten musimy przyjąć jako obowiązujący dla omawianego przez nas zagadnienia.

Środki stosowane jako ekrany cieplne, których zadaniem jest nieprzepuszczanie ciepła obiektów ogrzanych, a więc osłony azbestowe oraz różnego rodzaju budynki /np. parowozownie/ dla spełnienia efektu maskowania powinny posiadać mały współczynnik przepuszczania ciepła. Biorąc pod uwagę to, że dość często pomiędzy obiektem ogrzanym i ekranem cieplnym znajduje się warstwa powietrza i że istnieją materiały izolacyjne, dla których

współczynnik ~~przerwania~~ ~~przerwania~~ fali podczerwonych jest bliski zeru, można omawiane przez nas zagadnienie przerwania kontaktu pomiędzy obiektem i urządzeniem podczerwonym /termonamiernikiem/ wyrazić w formie zależności /2.56/.

$$t_e = t_o \dots\dots\dots /2,56/$$

gdzie: t_e - temperatura zewnętrznej strony ekranu;
 t_o - temperatura otoczenia.

Przy wyznaczeniu omawianej przez nas granicy skuteczności w przypadku użycia imitatorów cieplnych sprawa jest o tyle łatwa, że możemy ją wyrazić w formie zależności zachodzącej pomiędzy temperaturą imitatora i otoczenia. Wiadomo bowiem, że termonamiernik wykrywa przy dostatecznie małym kontraście cieplnym każdy obiekt, którego temperatura jest wyższa od temperatury otoczenia. Dowodem na to jest fakt polegający na tym, że pocisk samonakierowujący się biernie na podczerwień uderza w bardziej nagrzaną silnik samolotu. Możemy więc stwierdzić, że granicę wystarczająco ścisłego kontaktu pomiędzy imitatorem cieplnym i termonamiernikiem wyznacza zależność /57/, w której,

$$t_i > t_o \dots\dots\dots /2.57/$$

gdzie: t_i - temperatura imitatora;
 t_o - temperatura otoczenia /najczęściej powierzchni ziemi lub powietrza/.

Gorzej przedstawia się sprawa jeżeli tę zależność chcielibyśmy wyrazić w funkcji odległości i natężenia pola, ponieważ materiały źródłowe powołują się w tym wypadku na nader skomplikowane rozwiązania /metodami wykreślnymi/. Starając się ominąć te trudności, można stwierdzić, że imitator cieplny będzie w pełni przydatny, jeżeli jego temperatura będzie równa temperaturze imitowanego obiektu, a powierzchnia grzejąca odpowiednio duża. W wypadku gdy w rachubę wchodzić będzie również "przyciągnięcie" przez imitator pocisków samonakierowujących się na źródło promieniowania, temperatura imitatora powinna być wyższa od temperatury obiektu. Każde powiększenie odległości pomiędzy obiektem i imitatorem wymaga zrekompensowania zwyżką temperatury.

x x

- W zakończeniu rozdziału należy stwierdzić, że:
1. Jednym z warunków zapewnienia dostatecznie ścisłego kontaktu radioelektrycznego pomiędzy urządzeniem zakłócającym a zakłócanym jest odległość, jaka je dzieli.
 2. W przypadku zakłócenia łączności radiowej oprócz odległości występującej pomiędzy nadajnikiem zakłóceń a zakłócanym odbiornikiem, decydujące znaczenie posiada również odległość, jaka dzieli zakłócany odbiornik od własnego nadajnika.
 3. Wraz ze zmniejszeniem się odległości obserwowanego samolotu od stacji radiolokacyjnej spotykamy się ze zjawiskiem wzrostu mocy sygnału odbitego od celu, w związku z czym znacznik od celu w określonych warunkach staje się widoczny na tle zakłóceń.
 4. Przy wszystkich wariantach zakłóceń aktywnych zasadnicze znaczenie w utrzymaniu wystarczająco ścisłego kontaktu radioelektrycznego pomiędzy urządzeniami zakłócającymi i zakłócanymi posiadają: moc nadajników, czułość odbiorników oraz konstrukcje systemów antenowych.
 5. Przy aktywnych zakłóceniach radiolokacyjnych oraz przy stosowaniu biernych środków maskowania przeciwradiolokacyjnego, które odbijają padającą energię elektromagnetyczną w kierunku stacji radiolokacyjnej, poważne znaczenie ma skuteczna powierzchnia odbicia obiektów i stosowanych do maskowania urządzeń /elementów/.
 6. Środki bierne, stosowane w celu pochłaniania, rozpraszania i odbijania padającej fali w płaszczyźnie lustrzanej, służą do przerywania kontaktu pomiędzy obiektem a obserwującym urządzeniem radiolokacyjnym lub podczerwonym. Ich skuteczność wyraża się stopniem zmniejszenia energii, jaka przychodzi do urządzenia rozpoznawczego, a decydujące znaczenie mają konstrukcja /struktura/ i skład chemiczny /rodzaj tworzywa/ z jakiego te materiały lub substancje są wykonane.
 7. Największą zaletą cieplnych i radiolokacyjnych obiektów pozornych jest ich radioelektryczne podobieństwo do obiektów rzeczywistych.

63

III. NIEKTÓRE ASPEKTY OPTIMALIZACJI SKŁADU I WYKORZYSTANIA ODDZIAŁÓW I PODODDZIAŁÓW ZAKŁÓCEN

Zasygnalizowany w tytule problem należy do bardzo trudnych, ponieważ realnych jego rozwiązań jest co najmniej kilka, a za każdym z nich przemawia szereg autorytatywnych argumentów. Z uwagi na to, zanim przejdziemy do szczegółów, wyjaśnijmy sobie kilka zagadnień natury ogólnej.

Pierwsza sprawa - to miejsce i rola, jaką zakłócenia radioelektroniczne spełnić mają w operacji, bitwie i walce, tej bowiem skali działań poświęcimy najwięcej uwagi starając się nie zajmować problemami wyższej rangi. W każdej walce, bitwie i operacji decydujące znaczenie ma ogień i manewr. Dlatego też i w walce elektronicznej zakłóceniom przypadają drugorzędne miejsce po uderzeniach, które niszczą sprzęt nieprzyjaciela całkowicie. I tu na tle drugorzędnego miejsca jakie zakłóceniom zostało wyznaczone przez ich właściwości oddziaływania wyłania się poważna rola, jaką mają do spełnienia. Rola ta polega na obezwładnieniu tego sprzętu przeciwnika, który po uderzeniach zachował zdolność do pracy. Ma to niedopuszczyć do otrzymania przez nieprzyjaciela danych uzyskiwanych za pośrednictwem urządzeń radioelektronicznych.

Drugi problem dotyczy tego, czy obezwładniać należy wszystkie środki, które po uderzeniach nadal funkcjonują i czy trzeba to robić ciągle, czy też wystarczy zakłócać niektóre urządzenia i w wybranym czasie. Najlepiej jest, jeżeli chodzi o atak radioelektroniczny, zakłócać w określonym dłuższym lub krótszym okresie czasu, uderzając w czułe miejsce niż robić to w sposób ciągły przy ^{gorszych} rezultatach. W obronie przy ofensywnym działaniu środków radioelektronicznych przeciwnika, jest jednak inaczej. Tu jesteśmy zdani na inicjatywę nieprzyjaciela i musimy być przygotowani na dowolne z jego strony działanie.

Z obu dotychczas rozpatrzonych problemów wnioski są oczywiste. Należy posiadać stosunkowo niewiele, ale dobrej jakości, ofensywnych urządzeń zakłócających i dużo, ale za to prostych i tanich, środków defensywnych. Korzystać z posiadania

64

takich środków jest bardzo duża. Nasze nieliczne, ale trafnie wymierzone zakłócenia osiągną swój cel działania w krytycznych momentach walki pomimo wielu znanych obecnie środków i metod uchronienia się przed zakłóceniami i przeważą szalę zwycięstwa na naszą korzyść. Dzięki dużej ilości prostych i tanich środków możemy być w miarę silni w każdym rejonie obrony. Doskonałe środki obrony elektronicznej należy przewidywać jedynie do osłony szczególnie ważnych obiektów. Są to naturalnie na razie wnioski natury ogólnej, które szczegółowo postaramy się uzasadnić w dalszych partiach materiału dotyczących poszczególnych dziedzin radioelektroniki.

Osobny problem natury ogólnej dotyczy podporządkowania i struktury organizacyjnej pododdziałów zakłóceń. Przy obecnie obowiązującej strukturze organizacyjnej oddziały i pododdziały zakłóceń występują na szczeblu frontu. Do prowadzenia zakłóceń radiowych front posiada podległy szefowi Zarządu Wojsk Łączności pułk przeciwdziałania radiowego w składzie trzech batalionów. Z tego dwa bataliony przeznaczone są do prowadzenia zakłóceń KF, a trzeci - UKF i łączności radioliniowej. W sumie pułk posiada 18 stacji zakłócających KF dużej mocy, 24 stacje zakłócające KF średniej mocy, 27 stacji zakłócających zakresu UKF oraz 10 stacji zakłóceń łączności radioliniowej.

Armii działającej na głównym kierunku może być przydzielony batalion zakłóceń radiowych w składzie: jednej kompanii zakłóceń radiowych KF /sześć stacji zakłócających średniej mocy/; dwóch kompanii zakłóceń UKF łączności radiowej i radioliniowej /18 stacji zakłócających UKF i 12 stacji zakłóceń łączności radioliniowej/.

Celem prowadzenia zakłóceń radiowych z wymienionych środków organizuje się armijne i frontowe węzły, grupy i podgrupy przeciwdziałania radiowego. Liczba węzłów, grup i podgrup zależna jest od przyjętego planu prowadzenia zakłóceń i ilości posiadanych sił i środków. Podgrupy przeciwdziałania radiowego rozmieszcza się w odległości 1-3 km od linii styczności wojsk, a więc w ugrupowaniu bojowym batalionów pierwszego rzutu.

Każda podgrupa może posiadać 6-9 stacji zakłócających przeznaczonych do zakłócenia UKF łączności radiowej związków taktycznych, oddziałów i pododdziałów wojsk lądowych oraz łączności radioliniowej organizowanej w związkach taktycznych pierwszego rzutu przeciwnika.

65

Łączność krótkofalowa zakłócana jest przez nadajniki zakłóceń rozmieszczane w grupach po dwa lub trzy. Odległości pomiędzy grupami nadajników wynoszą 3-5 km, a ich odległość od wojsk nieprzyjaciela wynosić może 5-20 km /w ugrupowaniu dywizji pierwszego rzutu/. Część nadajników zakłóceń KF łączności radiowej rozmieszcza się głębiej z zadaniem zakłócenia na falach jonosferycznych, Odpowiednio do głębokości ugrupowania, grupy i podgrupy zakłóceń radiowych otrzymują nazwy wysuniętych, zasadniczych i tyłowych.

Oprócz wymienionych środków przeznaczonych do zakłóceń radiowych, do dyspozycji szefa OPL Frontu są jeden-dwa bataliony przeciwdziałania radioelektronicznego. W wyposażeniu omawianego typu batalionu znajduje się 27 stacji do zakłóceń radiolokacyjnych celowników bombowych i 6 stacji zakłócających systemy radionawigacyjne i UKF łączność lotniczą przeciwnika. Armia ogólnowojskowa może otrzymać w ramach wzmocnienia jeden batalion tego typu. Struktura taka ma naturalnie i zalety polegające na tym, że: pododdziały zakłóceń, z racji ich małego stanu liczebnego, mogą być maksymalnie i grupowo wykorzystane w określonym miejscu i czasie; istnieją realne możliwości centralizacji dowodzenia, co jest bardzo korzystne między innymi ze względu na to, że łatwiej uniknąć momenta nieumyślnego zakłócenia własnej aparatury oraz że przez powołanie oddzielnych organów dowodzenia uwolni się niższe sztaby od ciężkiej pracy specjalistycznej. Oprócz zalet struktura ta ma również poważne wady. Należą do nich trudności natury organizacyjnej i kwatermistrzowskiej. Pododdziały, których użycie planuje się w sztabie frontu /armii/, działają nieraz w szykach pierwszorzutowych batalionów w odległości 1-3 km od linii styczności z nieprzyjacielem. Z pododdziałami tymi dość często nie można utrzymać łączności, a zabezpieczenie bojowe ich działań przed oddziaływaniem grup dywersyjnych i pozostałych za linią frontu pododdziałów nieprzyjaciela stwarza wiele nieoczekiwanych trudności. Działanie frontowych i armijnych oddziałów i pododdziałów zakłóceń w ugrupowaniu bojowym pierwszorzutowych oddziałów i związków taktycznych, w wypadku gdy oddziałują one na radiowe środki łączności równorzędnego szczebla /korpus, armia, grupa armii/, jest uzasadnione i dopuszczalne. Chodzi bowiem

o zmniejszenie odległości do zakłócanych urządzeń, przez co podnosi się efektywność prowadzonych zakłóceń. Nie można jednak znaleźć uzasadnienia na to, że pozostając w dyspozycji tak wysokich szczebli dowodzenia prowadzą one zakłócanie środków będących w posiadaniu związków taktycznych, oddziałów i pododdziałów przeciwnika. Trudno jest bowiem wytłumaczyć sobie, aby armia lub front ingerowały w zakłócanie tej lub innej sieci radiowej brygady bądź nawet dywizji. Wreszcie argument ostatni, którym jest bezwładność tego systemu. Każda zmiana sytuacji lub potrzeba szczebla niższego wiąże się przeważnie z wykonaniem manewru sprzętem, po którym jego działanie /prowadzenie zakłóceń/ dość często staje się celowe. Ma to szczególne znaczenie w manewrowych działaniach wojsk na oddzielnych kierunkach operacyjnych i taktycznych.

Zasada złotego środka wydaje się w tym wypadku najbardziej racjonalna. Należałoby dać niewielką, ograniczoną część środków pułkom i dywizjom, ażeby w zakresie własnych potrzeb miały czym atakować i czym się bronić w eterze. Większość należy pozostawić do dyspozycji armii i frontu, aby przy ich użyciu oddziaływać na środki szczebla równorzędnego strony przeciwnej i wspierać wysiłki szczebli niższych w określonych rejonach i w określonym czasie.

Zapoznawszy się z dwoma rodzajami zasadniczych wniosków natury ogólnej, przystąpmy do rozważań natury szczegółowej.

1. Czy pułk zmechanizowany /pcz/ powinien mieć środki zakłóceń?

Pułk zmechanizowany /pcz/ wchodzi do walki. W sieciach radiowych brygady będącej w obronie płyną informacje, rozkazy i meldunki. Od dwóch do ośmiu stacji radiolokacyjnych rozpoznania ruchomych celów naziemnych /AN/TPS-21 i AN/PPS-4/ każdego batalionu i część stacji radiolokacyjnych pancernego batalionu rozpoznawczego dywizji /posiada dwie stacje AN/TPS-33 i sześć stacji AN/PPS-4/ przeszukuje teren na przedpolu obrony. W warunkach nocnych gotowych jest do działań setki urządzeń umożliwiających prowadzenie walki bez sztucznego oświetlenia terenu.

Byłoby nonsensem twierdzić, że pułk zmechanizowany powinien zakłócić wszystkie wymienione urządzenia. Zasadniczą

67

część z nich pułk musi zniszczyć ogniem posiadanej i wspierającej broni. Powinien on jednak posiadać pluton UKF zakłóceń radiowych na transporterach opancerzonych do oddziaływania na dwie-trzy ważne sieci /kierunki/ radiowe nieprzyjaciela, w których pomimo uderzeń dokonuje się wymiany informacji. Może to być sieć dowodzenia brygady lub np. sieć oficerów łącznikowych WPN. Przy dezorganizacji wywołanej uderzeniami, zakłócenie jednej lub dwu ważnych sieci radiowych może doprowadzić do braku wiadomości o sytuacji i załamania woli walki po stronie nieprzyjaciela. Jedynie dowódca pułku lub działający zgodnie z jego zamiarem rozegrania walki podwładny wie, którą sieć radiową i w jakim okresie należy zakłócać. Nie są w stanie zapewnić tej pomocy pułkowi pododdziały zakłóceń frontu nawet w tym wypadku, kiedy znajdują się w jego sztykach bojowych. Ramię dowodzenia jest bowiem za długie, a interesy poszczególnych szczebli - często rozbieżne.

Zakłócanie środków radiolokacyjnych w pułku zmechanizowanym oprócz należy na działaniu środków biernych. Zakłócenie aktywne stacji radiolokacyjnych w relacji ziemia - ziemia nie jest bowiem dotychczas stosowane. W związku z tym pułk zmechanizowany powinien posiadać odpowiednią ilość masek płaskich ekranów do maskowania dróg i techniki bojowej /głównie czołgów i transporterów opancerzonych/ na postoju.

Oprócz tego pułk zmechanizowany powinien w okresie działań bojowych dysponować drużyną odbijaczy kątowych zamontowanych na motocyklach, których zadaniem byłoby mylenie nieprzyjaciela co do ugrupowania, kierunku głównego uderzenia, systemu zaopatrzenia itp. Wymienione przykładowo zadania mogłyby być wykonywane kolejno w różnych fazach walki, co podnosi wskaźnik ich wykorzystania i zwiększa zakres stosowanej pozoracji.

Pozostała część przedsięwzięć stosowanych przeciwko naziemnym stacjom radiolokacyjnym nieprzyjaciela powinna być w pułku zmechanizowanym oparta na tak zwanej przebiegłości wojennej i wykorzystaniu cech maskujących terenu /pola niewidoczne, właściwości maskujące pokrycia terenu - budynki, lasy i pojedyncze drzewa oraz materiały podręczne często spotykane w terenie/.

Do prowadzenia skutecznej walki w nocy, w pułku zmechanizowanym wykorzystuje się środki podobne do tych jakimi

68

dysponuje przeciwnik. W sytuacji tej właściwie niewiele się zmienia i walkę prowadzi się podobnie jak w dzień. Chcąc mieć przewagę nad nieprzyjacielem, pułk powinien posiadać środki do oddziaływania na jego urządzenia pracujące w zakresie podczerwieni, należące głównie do grupy noktowizorów. Od razu nasuwa się wniosek, że właśnie tu, w pułku zmechanizowanym środków tych powinno być najwięcej, ponieważ zasięg noktowizorów jest mały i największa ich liczba używana jest w pierwszorzutowych pododdziałach przeciwnika. Konieczne wydaje się więc aby każdy czołg, transporter opancerzony oraz inne środki i pododdziały pułku zmechanizowanego /artyleria, saperzy itp./ posiadały świece i granaty dymne, materiały łatwopalne, granaty świetlne, rakiety i lampy błyskowe. Konkretniej ilości tych środków nie można ustalić na podstawie rozważań teoretycznych. Należy bowiem zbadać wiele różnych czynników poddając doświadczeniom sprzęt bojowy. Można natomiast wykazać potrzebę ich posiadania, która jest oczywista. Jeśli przeciwnik nie zobaczy w nocy żołnierzy i sprzętu bojowego pułku, nie będzie mógł skutecznie oddziaływać ogniowo. Widząc przeciwnika można więc będzie walczyć - samemu pozostając dla niego niewidocznym.

2. Dywizja zmechanizowana /pancerna/ oddziałuje na środki radioelektroniczne przeciwnika.

Dywizja jest podstawowym związkiem taktycznym przeznaczonym do wykonania trudnych i nieraz w izolacji realizowanych zadań. Biorąc udział w różnych formach walki dywizja powinna mieć możliwości oddziaływania radioelektronicznego na równorzędne środki strony przeciwnej.

Łączność radiowa w dywizji Stanów Zjednoczonych utrzymywana jest na falach krótkich i ultrakrótkich w znormalizowanych zakresach. Oprócz tego na szczeblu tym wykorzystywane są łączność radioliniowa oraz radiostacje ultrakrótkofalowe w zakresie 255-400-MHz rozmieszczone na punktach naprowadzania lotnictwa na cele naziemne /AN/ARC-27/. Ilość organizowanych przez dywizję USA sieci i kierunków przekracza możliwość ich jednoczesnego zakłócenia.

Oprócz wymienionych już stacji radiolokacyjnych pancernego batalionu rozpoznawczego, sprzęt ten występuje w batalionie i baterii dowodzenia artylerii dywizyjnej. Bateria dowodzenia artylerii dywizyjnej posiada trzy stacje typu AN/MPQ-4/4a/ i jedną typu AN/TPS-25. Stacje te zapewniają kierowanie ogniem artylerii polowej i rozmieszcza się je w pobliżu stanowisk ogniowych /3-5 km od przedniego skraju własnych wojsk/. Stacje radiolokacyjne korpusnego dywizjonu rozpoznania pomiarowego /sześć stacji typu AN/MPQ-10/ i trzy stacje radiolokacyjne tego samego typu z 280 mm dywizjonu armat /przydzielanego korpusowi/ ugrupowuje się z uwagi na stosunkowo mały zasięg /do 18 km/ - w pasie działania dywizji pierwszego rzutu. Również stacje radiolokacyjne rozpoznawczego pułku pancernego korpusu /cztery AN/PPS-4 i jedna AN/TPS-21/ rozmieszczane są niedaleko przedniego skraju własnych wojsk.

Rozpoznanie naziemne uzupełnia się na szczeblu dywizji USA rozpoznaniem powietrznym. Do prowadzenia rozpoznania celów naziemnych z powietrza dywizja USA dysponuje 12 samolotami bezpilotowymi typu SD-1 i czterema samolotami typu RL-230. Samoloty SD-1 posiadają elektroniczną i fotograficzną aparaturę rozpoznawczą. Ich lot kontrolowany jest przez stacje radiolokacyjne typu AN/HPQ-29. Na samolotach RL-230 zamontowane są stacje radiolokacyjne rozpoznania celów naziemnych z obserwacją boczną typu AN/APS-94.

Oprócz wymienionych środków w pasie działania dywizji USA rozmieszcza się dużą ilość stacji radiolokacyjnych wykrywania celów powietrznych, kierowania ogniem rakiet i artylerii plot, naprowadzania lotnictwa myśliwskiego i rakiet ziemia - ziemia /np. LACROSSE/.

Przy obecnym składzie organizacyjnym dywizja zmechanizowana /pancerna/ powinna posiadać środki do prowadzenia zakłóceń środków radiowych i radiolokacyjnych przeznaczonych do wykrywania obiektów naziemnych. Zakłócanie stacji radiolokacyjnych wykrywania celów powietrznych i naprowadzania LM oraz rakiet i artylerii przeciwlotniczej nie leży w gestii dywizji, ponieważ działanie tych stacji nie jest skierowane przeciwko jej wojskom i obiektom. Zakłócenie systemów naprowadzania pocisków klasy ziemia - ziemia /bliskiego zasięgu/ przez dywizję byłoby wskazane, jednak z uwagi na

20

trudności natury technicznej właściwszym rozwiązaniem jest niszczenie stacji radiolokacyjnych tych systemów ogniem artylerii. To samo odnosi się do wszystkich stacji radiolokacyjnych znajdujących się w zasięgu ognia artylerii dywizji.

Wychodząc z wniosków podanych we wstępie rozdziału, należy przyjąć, że dywizja zmechanizowana /pancerna/ powinna posiadać możliwość zakłócenia 2 lub 3 częstotliwości pracy radiowych środków łączności przeciwnika. W zupełności powinno jej to wystarczyć - biorąc pod uwagę, że część środków radiowych nieprzyjaciela zostanie zniszczona ogniem i że zakłócenia mają być skierowane w najczulszy punkt, a więc w najważniejszą sieć lub kierunek radiowy. Nie można ponadto dywizji przekształcać w związek radioelektroniczny, ponieważ powinna ona realizować stojące przed nią zadania poprzez ruch i ogień.

Pododdziałem zapewniającym jednoczesne prowadzenie zakłóceń podanej liczby częstotliwości jest pluton zakłóceń dysponujący trzema - czterema nadajnikami. Ponieważ łączność w dywizji przeciwnika utrzymywana jest równolegle na falach krótkich i ultrakrótkich zakresu typowego dla wojsk lądowych oraz na radioliniach, zakłócenie jednej relacji, np. ultrakrótkofalowej, daje małe rezultaty, bowiem wymiana radiowa odbywać się może w zastępczych sieciach i kierunkach. Z uwagi na to dywizja powinna posiadać kompanię w składzie trzech plutonów: pluton zakłóceń KF na fali przyziemnej, pluton zakłóceń UKF zakresu znormalizowanego i plutonu zakłóceń łączności radioliniowej. Na szczęblu kompanii zakłóceń radiowych dywizji powinna być utworzona komórka kontroli i analizy pracy radiowych i radioliniowych środków łączności przeciwnika. Komórka ta potrzebna jest po to, aby zakłócenia elektroniczne objąć mogły wszystkie wymienne częstotliwości pracy przeciwnika.

Skuteczności tak prowadzących zakłóceń, kiedy zamyka się przeciwnikowi drogi obejścia, nie mogą zapewnić dywizji przyjmowane dotychczas środki zakłóceń radiowych frontu nawet w tym wypadku, jeżeli są rozmieszczone w jej pasie działania.

Dla zakłócania radiostacji UKF o zakresie 225-400 MHz, rozmieszczanych na punktach naprowadzania lotnictwa na cele naziemne, dywizja powinna posiadać pluton zakłóceń radiowych, w składzie którego znajdowałyby się 3 lub 4 nadajniki zakłóceń.

Taka liczba nadajników podyktowana jest tym, że na szczeblu dywizji przeciwnika organizuje się 2 lub 3 punkty naprowadzania. Niezależnie od rozmieszczenia punktów naprowadzania /mogą znajdować się w ugrupowaniu brygad pierwszego rzutu/ jeden pluton zakłóceń na szczeblu dywizji może skutecznie zakłócić wymianę radiową pomiędzy nimi i samolotami w powietrzu. Potrzebę posiadania przez dywizję plutonu zakłóceń UKF o zakresie 225-400 MHz uzasadnia się tym, że dywizja - oprócz artylerii przeciwlotniczej broniącej wybranych obiektów - winna posiadać środki radioelektroniczne, którymi mogłaby oddziaływać na samoloty dokonujące uderzeń na wojska i obiekty znajdując się w całym pasie działania. Osłony tego rodzaju nie jest w stanie zapewnić żaden inny środek poza organicznym, bowiem reakcja na komendy przekazywane lotnikom z ziemi musi być natychmiastowa.

Oprócz tego na szczeblu dywizji powinna być prowadzona dezinformacja radiowa. W tym celu można wykorzystać własne i zdobyte radiostacje przeciwnika. Za prowadzenie dezinformacji powinien być odpowiedzialny szef sztabu dywizji i oficerowie o specjalnym przeszkoleniu.

W celu prowadzenia zakłóceń naziemnych i samolotowych stacji radiolokacyjnych dywizja powinna posiadać siły i środki w ilości potrzebnej do upozorowania ugrupowania jednego pułku /batalionu/ oraz przeprowadzenia maskowania odcinków dróg i kilku radiolokacyjnych punktów orientacyjnych. Posiadając te środki dywizja byłaby w stanie zmylić przeciwnika co do składu posiadanych sił i środków, kierunku głównego uderzenia i stosowanego manewru. Potrzebnej do tego ilości sił i środków nie można podać od razu ponieważ wymaga to oddzielnego opracowania. Ogólnie stwierdzić można, że potrzeby jest w tym celu co najmniej pluton lub kompania maskowania przeciwradiolokacyjnego wyposażona głównie w odnijnacze kątowe, których ilość odpowiadać powinna ilości czołgów, transporterów i samochodów posiadanych przez pułk, plus środki potrzebne do maskowania dróg i terenu.

Do prowadzenia zakłóceń urządzeń pracujących w podczzerwieni dywizja powinna dysponować środkami zadymiania /samochodowe instalacje dymotwórcze/ imitatorami cieplnymi oraz pododdziałem reflektorów, a także odpowiednią ilością środków wybuchowych

i łatwopalnych. Środkami tymi dywizja powinna wspierać działanie pułków pierwszego rzutu i osłaniać ważne obiekty tyłowe.

3. Armia jako główne ogniwo przeciwdziałania radioelektronicznego

Łączność w korpusie armijnym USA utrzymywana jest w siatkowym systemie łączności radioliniowej armii oraz w sieciach i kierunkach łączności radiowej na falach krótkich. W korpusie armijnym wykorzystywane są również nieliczne sieci łączności ultrakrótkofalowej.

Jako wzmocnienie korpus armijny otrzymuje jeden dywizjon pocisków klasy ziemia-ziemia typu "CORPORAL" i do trzech dywizjonów pocisków "LACROSSE". W dywizjonie "CORPORAL" znajduje się jedna stacja radiolokacyjna śledzenia pocisków typu AN/MPQ-25 i jedna stacja radiolokacyjna pomiaru jego prędkości typu AN/MRQ-7. W każdym dywizjonie pocisków "LACROSSE" występują cztery stacje radiolokacyjne naprowadzania pocisków.

W rozpoznawczym pułku pancernym korpusu znajdują się cztery stacje radiolokacyjne AN/PPS-4 i jedna stacja radiolokacyjna AN/TPS-21.

Rozpoznanie radiolokacyjne wojsk i obiektów naziemnych - oprócz środków artyleryjskich i pancernego pułku rozpoznawczego, które podane zostały w podrozdziale dotyczącym dywizji - prowadzone jest na korzyść korpusu przez pilotowane i bezpilotowe środki wojsk lądowych i Połączonych Taktycznych Sił Powietrznych. Uderzenia na obiekty niewykrywalne wzrokowo lotnictwo wykonuje za pomocą pocisków samonakierowujących się na obiekty i radiolokacyjnych celowników bombowych lub systemów radionawigacyjnych. W pasie armii polowej rozwija się od jednego do dwóch zespołów systemu radionawigacyjno-bombardierskiego SHORAN i kilka naziemnych stacji systemu TACAN.

Obok środków radiolokacyjnych na samolotach wojsk lądowych i PTSP instalowane są urządzenia do rozpoznania w zakresie podczerwieni.

Pozostawiając pułkom i dywizjom zakłócanie łączności ultrakrótkofalowej i krótkofalowej na fali przyziemnej, armia

93

winna przyjąć na siebie zakłócenie łączności krótkofalowej na falach odbitych /jonosferycznych/ i łączności radioliniowej szczebla korpusu. W tym celu armia powinna dysponować organiczną kompanią zakłóceń łączności KF w składzie 8-12 nadajników zakłócających i kompanią zakłóceń łączności radioliniowej w składzie 6-8 nadajników zakłóceń. Umożliwi to armii zakłócenie zasadniczych relacji radiowych i radioliniowych korpusu w wypadku, gdy środki łączności przeciwnika nie zostaną dostatecznie obezwładnione środkami ogniowymi. W ten sposób armia miałaby możliwość powodowania zakłóceń, dzięki czemu mogłaby interweniować zgodnie z zaistniałą sytuacją operacyjno-taktyczną.

Oprócz zakłócania łączności wojsk lądowych przeciwnika armia powinna prowadzić zakłócanie systemów radionawigacyjno-bombardierskich bliskiego zasięgu /TACAN, SHORAN/ oraz tworzyć strefy zakłóceń UKF zakresu 225-400 MHz na wybranych kierunkach lub w rejonie dyslokacji ważnych obiektów. W związku z powyższym armia powinna posiadać organiczną kompanię zakłóceń bliskiej radionawigacji w składzie dwóch plutonów /w każdym plutonie 3 lub 4 stacje zakłóceń dostosowane zakresem pracy do częstotliwości pracy systemu TACAN i SHORAN/ oraz kompanię zakłóceń UKF w składzie dziewięciu stacji zakłócających do ~~obezwładnienia~~ ~~łączności~~ w relacji samolot-samolot. Potrzebę posiadania tych pododdziałów w armii tłumaczy się potrzebą posiadania środków do radioelektronicznego oddziaływania na samoloty atakujące obiekty położone w strefie armii.

W sztabie armii powinien się znajdować również zespół oficerów prowadzących dezinformację radiową. Zespół ten powinien kierować również dezinformacją radiową prowadzoną na szczeblu dywizji.

Podobnie jak w dziedzinie łączności, armia, pozostawiając dywizjom zadania zakłócania łączności UKF, bierze na swoje barki większość zakłóceń KF, tak w dziedzinie radiolokacji powinna się zająć jedynie zakłócaniem samolotowych stacji radiolokacyjnych przeznaczonych do wykrywania obiektów naziemnych. Zakłócenie naziemnych stacji radiolokacyjnych leży bowiem w gestii pułków i dywizji. Uzasadnienie powyższego wynika ze stosunkowo niewielkiego zasięgu stacji radiolokacyjnych oddziałów i pododdziałów ogólnowojskowych i artyleryjskich przeciwnika, który nie przekracza głębokości ugrupowania bojowego dywizji.

Do zakłócania samolotowych stacji radiolokacyjnych przeznaczonych do wykrywania i bombardowania obiektów naziemnych mogą być wykorzystane stacje zakłóceń aktywnych typu SPB-5 lub SPB-7, bądź środki maskowania przeciwradiolokacyjnego. Stacje zakłóceń typu SPB można wykorzystać jedynie w celu ukrywania obiektów, natomiast środki maskowania przeciwradiolokacyjnego - zarówno do ich ukrywania, jak i pozorowania. Zaletą zakłóceń stosowanych przez stacje SPB jest to, że powodują one rozjaśnienie dużej części ekranu samolotowej stacji radiolokacyjnej, w związku z czym znaczna część terenu i obiektów nie jest widoczna. Przy użyciu środków biernych uzyskać można podobny efekt, jednak strata sił i środków jest tak duża, że przedsięwzięcie to staje się nieopłacalne. Z pomocą środków biernych maskuje się więc mniejsze obiekty i przestrzenie.

Obecnie przyjmuje się, że armia może dysponować podległym szefowi OPL batalionem zakłóceń radiolokacyjnych celowników bombowych w składzie trzech kompanii zakłóceń, które posiadają w sumie 27 stacji typu SPB-7. Potrzebę posiadania takiego batalionu w armii uzasadnić można ekonomią czasu, jaki potrzebny jest do ukrycia przed obserwacją powietrzną dużych połaci terenu. Batalion^o podobnym składzie jest bowiem w stanie w czasie potrzebnym na zajęcie ugrupowania^o bojowego /w zależności od położenia czas ten zmierka się w granicach od jednej do kilku godzin/ osłonić zgrupowanie uderzeniowe armii w składzie dwóch dywizji w rejonie wyjściowym lub na drogach manewru i w rejonie rozwinięcia do bitwy. Na wykonanie powyższego przez pododdziały maskowania przeciwradiolokacyjnego potrzeba wielu dni roboczych kompanii maskowania.

W toku operacji batalion ten może osłonić do trzech obiektów punktowych, np. mosty lub rejony kanalizujące ruch, bądź też zabezpieczać wprowadzanie do bitwy kolejnych związków taktycznych.

Oprócz batalionu zakłóceń radiolokacyjnych celowników bombowych, którego obecność w armii podyktowana jest między innymi manewrowym charakterem współczesnych działań, armia powinna dysponować środkami zakłóceń biernych do ukrywania i pozorowania obiektów oraz mylenia pocisków kierowanych

75

metodami radiolokacyjnego samonaprowadzania. Środkami takimi, jak wiadomo, są odbijacze kątowe, maski-płaskie ekrany, powłoki pochłaniające i różnego rodzaju sprzęt podręczny.

Ilość posiadanych środków omawianego typu powinna armii zapewnić:

- urządzenie jednego pozornego rejonu ześrodkowania dywizji /pułku/;
- urządzenie kilku pozornych rejonów ugrupowania rakiet, artylerii polowej i urządzeń tyłowych;
- ukrycie do 50% wodnych punktów orientacyjnych;
- zapozorowanie 5-8 miejscowości;
- ukrycie około 4-6 przepraw i upozorowanie około 12-15 mostów;
- ukrycie ruchu na armijnych drogach samochodowych i upozorowanie ich odcinków w terenie;
- osłonę wielu obiektów punktowych przed uderzeniami lotnictwa i pocisków kierowanych.

Są to naturalnie potrzeby orientacyjne, które zależnie od właściwości terenu i innych okoliczności mogą ulegać pewnym zmianom. Konkretniej liczby potrzebnych sił i środków z tych samych względów podać nie można. Podręcznik "Maskowanie Przeciwradiolokacyjne". Wyd. MON Warszawa 1955 r. Szt.Gen., 346/64 podaje, że w celu maskowania przed obserwacją powietrzną armia w okresie przygotowawczym zużywa od 1400-2000 odbijaczy kątowych, których rozstawienie wymaga od 6- do 12 dni roboczych kompanii. W związku z tym armia powinna posiadać minimum kompanię maskowania przeciwradiolokacyjnego wyposażoną w odpowiednią ilość sprzętu, która przy współudziale wydzielonych z oddziałów ogólnowojskowych sił byłaby w stanie wykonywać zadania w zakresie maskowania.

Do osłony i pozorowania obiektów w świetle podczerwonym armia powinna posiadać odpowiednią ilość samochodowych instalacji dymotwórczych i imitatorów cieplnych. Konkretniej liczby tych urządzeń również nie można podać, ponieważ zarówno zadymianie, jak i maskowanie cieplne nie jest obecnie szeroko stosowane i wymaga to oddzielnego opracowania.

Orientacyjnie można podać, że armia powinna dysponować minimum jednym batalionem zadymiania o stanie 45 instalacji

samochodowych co umożliwi zorganizowanie osłony trzech oddzielnych obiektów, odpowiednio dużym zapasem świec dymnych oraz imitatorami cieplnymi w ilości co najmniej równej ilości osłanianych i pozorowanych obiektów.

4. Front wspiera niższe szczeble

Przeprowadzone dotychczas rozważania umożliwiają wyznaczenie frontowi w zakresie prowadzenia zakłóceń radioelektronicznych, bez wglębiania się w drobne szczegóły. Front powinien zrobić bowiem tylko to, co leży w jego gestii i mocy oraz to, co pozostało po przyjęciu większości zadań z zakresu zakłóceń przez armie, dywizje i pułki. W świetle tego front powinien:

- prowadzić zakłócanie i dezinformację na falach jonosferycznych w wybranych sieciach i kierunkach łączności krótkofalowej szczebla armii polowej i grupy armii oraz krótkofalowej łączności lotniczej;
- zakłócać systemy radionawigacyjne średniego i dużego zasięgu,
- prowadzić przeciwradiolokacyjną i cieplną osłonę zajmowanego obszaru i położonych na nim ważnych obiektów przed rozpoznaniem powietrznym;
- posiadać siły odwodowe do wsparcia zakłóceń prowadzonych przez armie lub do zabezpieczenia otwartych skrzydeł /np. wybrzeża morskiego/.

Siłami i środkami będącymi do dyspozycji armii lotniczej front powinien:

- wspierać pułki, dywizje i armie w zakresie zakłócania krótkofalowej i ultrakrótkofalowej łączności radiowej przeciwnika;
- wspierać armie i frontowe oddziały naziemne w zakresie obездziałniania systemów radionawigacyjnych;
- wspierać wysiłki pułków i dywizji w zakresie biernego zakłócania stacji radiolokacyjnych artylerii i wojsk lądowych przeciwnika przez stawianie zasłon z odbijaczy dipolowych;
- zabezpieczyć pod względem radioelektronicznym działanie własnych samolotów znajdujących się w zasięgu systemu rozpoznania i powiadamiania przeciwnika.

W wypadku przydzielenia sił Marynarki Wojennej /okrętów z urządzeniami zakłócającymi/ front powinien wykorzystać je do osłony nadmorskiego skrzydła i wesprzeć działanie podległych sobie wojsk lądowych i lotniczych.

27

Dla prowadzenia zakłóceń krótkofalowej łączności radiowej na szczeblu armii polowej, /grupy armii/, wsparcia armii i osłony ewentualnego otwartego skrzydła, front powinien dysponować jednym batalionem zakłóceń łączności w składzie trzech kompanii przy czym każda z nich powinna posiadać 8-12 nadajników zakłócania. Jedną kompanię front wykorzystywałby do prowadzenia zakłóceń łączności radiowej na szczeblu armii polowej /grupy armii/, drugą wspierałby armie działające na głównym kierunku, trzecia stanowiłaby jego odwód i mogłaby być wykorzystana do osłony skrzydła. Każda kompania byłaby w stanie zakłócić 8-12 częstotliwości pracy przeciwnika, co na ogólną liczbę 230 sieci i kierunków radiowych KF wykorzystywanych w armii polowej oraz w podległych związkach jest liczbą niewielką. W celu prowadzenia dezinformacji radiowej w sztabie frontu powinna być specjalna komórka wraz z odpowiednimi środkami technicznymi.

Dla zakłócania ultrakrótkofalowej łączności lotniczej front powinien posiadać siły umożliwiające osłonę ważnego kierunku lub rejonu. Siły te mogą być różne: równe kompanii występującej na szczeblu armii lub batalionowi w składzie trzech identycznych kompanii.

Dla zakłócenia systemów radionawigacyjnych dalekiego i średniego zasięgu front powinien dysponować minimum trzema kompaniami, z których każda posiadałaby 4-6 nadajników zakłóceń dobranych odpowiednio do określanych zakresów częstotliwości /np. kompanię zakłóceń systemów "GRE" - zakres 20-85 MHz; kompanię zakłóceń systemów CONSOLAN, CYTAC, LF LORAN - zakres 90-180 KHz; kompanię zakłóceń LORAN STANDART - zakres 1700-2000 KHz/.

Z pomocą czterech nadajników można zakłócić cztery systemy CONSOLAN lub GRE oraz systemy LORAN i CYTAC w zakresie pracy pięciu par radiolatarni naziemnych. Wydaje się to - jak na potrzeby frontu - całkowicie wystarczające. Pozostałe dwie stacje zakłóceń stanowiłyby ewentualny odwód.

Do prowadzenia aktywnych zakłóceń radiolokacyjnych przeciwko radiolokacyjnemu celownikom bombowym i podkładowym stacjom rozpoznawczym front powinien posiadać jeden lub dwa bataliony zakłóceń. Siłami tymi front byłby w stanie osłonić

3-6 obiektów punktowych lub 1-2 obiekty średniej wielkości /np. stacje zaopatrywania lub małe bazy morskie/, linię brzegową długości około 500-100 km lub teren o powierzchni około 1500-3000 km². W razie potrzeby określoną ilość kompanii zakłóceń front mógłby przydzielić armii działającej na głównym kierunku uderzenia, rezygnując z osłony części własnych obiektów.

Wyliczanie środków biernych potrzebnych do radiolokacyjnej i cieplnej osłony zajmowanego przez front obszaru i obiektów mija się z celem z uwagi na potrzebę wnikania w zbyt drobne szczegóły, co może być przedmiotem oddzielnych rozważań. Skwitujemy to zagadnienie stwierdzeniem, że front powinien posiadać minimum batalion maskowania przeciwradiolokacyjnego i cieplnego, który byłby wyposażony w ilość sprzętu odpowiadającą zajmowanemu obszarowi i liczbie rozmieszczonych na nim obiektów.

Armia lotnicza dla wykonania stojących przed nią zadań powinna dysponować minimum trzema eskadrami samolotów o specjalnym wyposażeniu. Jedna eskadra przeznaczona byłaby do prowadzenia zakłóceń radiowych i radionawigacyjnych. Eskadra ta prowadziłaby zakłócenia łączności lotniczej przeciwnika w relacjach powietrze-powietrze i ziemia-powietrze, w tym również sieci naprowadzania LM na cele powietrzne, wskazywania celów oraz łączności oddziałów rakiet i artylerii przeciwlotniczej. W tym względzie eskadra ta zabezpieczałaby działanie własnych samolotów nad terytorium przeciwnika. Eskadra ta zakłócałaby też sieci radiowe naprowadzania lotnictwa taktycznego na cele naziemne i przy odpowiednim wyposażeniu mogłaby wspierać wysiłki pułków dywizji i armii w zakresie zakłócania łączności przeciwnika w relacji ziemia-ziemia. Ponadto eskadra ta wspierałaby wysiłki naziemnych środków armii i frontu w zakresie zakłócania systemów radionawigacyjnych poprzez oddziaływanie w głównej mierze na naziemne urządzenia odbiorcze. Zadań jak widać cała masa, a siły stosunkowo niewielkie.

Przeznaczeniem drugiej eskadry byłoby aktywne zakłócanie stacji radiolokacyjnych przeciwnika i systemów naprowadzania naziemnych i przeciwlotniczych pocisków kierowanych.

W zakresie zabezpieczenia własnych sił lotniczych eskadra ta prowadziła zakłócenia RLS systemu wykrywania, ośrodków kierowania i naprowadzania IM oraz służących do wykrywania celów powietrznych, a także naprowadzenia rakiet i dział w oddziałach raketowych /dywizjony HAWK i NIKE/ i lufowej artylerii przeciwlotniczej.

W ramach wsparcia wojsk lądowych eskadra ta zakłócała stacje radiolokacyjne służące do naprowadzania pocisków ziemia-ziemia /LACROSSE, CORPORAL, SHILLELAGH/ oraz RLS do wykrywania obiektów naziemnych i kierowania ogniem artylerii polowej.

Trzecia eskadra prowadziła zakłócenia bierne przy użyciu odbijaczy dipolowych i kątowych. W aspekcie osłony własnych samolotów stawiała zasłony maskujące przeciwko RLS pracującym w relacji ziemia-powietrze oraz pozorowała zwiększoną liczbę obiektów powietrznych. W ramach wsparcia wojsk lądowych eskadra ta stawiała zasłony z odbijaczy dipolowych, maskując ugrupowanie bojowe oddziałów ogólnowojskowych /głównie pancernych/ w czasie ich przemarszu z rejonów wyjściowych, rozwijania i wprowadzania do walki. Zakłócenia te skierowane byłyby przeciwko stacjom radiolokacyjnym artylerii polowej i rozpoznawaniu ruchomych celów naziemnych występujących w oddziałach ogólnowojskowych przeciwnika.

Siły armii lotniczej w podanym składzie nie mogą naturalnie spełnić wymienionych zadań w szerokim zakresie. Kierując się jednak wnioskami zamieszczonymi we wstępie, można stwierdzić, że są wystarczające do wykonania niespodziewanych i skutecznych uderzeń elektronowych w wybrane, czułe miejsca systemu radioelektronicznych przeciwnika.

Siły morskie przydzielane frontowi miałyby zadanie zakłócania łączności oraz nadbrzeżnych i okrętowych RLS przeciwnika.

W n i o s k i :

1. Uważa się, że liczba środków zakłóceń powinna być stosunkowo mniejsza niż ogólne potrzeby wynikające z liczby posiadanych przez przeciwnika środków i systemów radioelektronicznych podlegających zakłóceniom. Liczba ^{ta} powinna umożliwić

80

jednoczesne zakłócenie kilku lub kilkunastu urządzeń przeciwnika. Uderzenie elektronowe wymierzone ma być jednak w najczulsze miejsce zakłócanego systemu. Jedynie w wypadku użycia środków biernych odznaczających się trwałością i niskimi kosztami można pozwolić na szersze ich stosowanie.

2. Oddziały /pododdziały/ zakłóceń powinny organicznie występować na wszystkich szczeblach organizacyjnych od pułku do frontu włącznie. Podział środków przeciwnika podlegających zakłócaniu przez poszczególne szczeble powinien być oparty na trzech przesłankach, którymi są: równorzędność szczebli /dywizja zakłóca środki dywizji przeciwnika/; bezpośrednie zagrożenie /armia i front nie prowadzą maskowania przed naziemnym rozpoznaniem radiolokacyjnym/; ekonomia sił /zakłócenie radiolokacyjnych celowników bombowych prowadzi się na korzyść dywizji i pułków ze szczebla armii/.
3. Zakłócenie łączności radiowej wojsk lądowych przeciwnika powinno być prowadzone według szczebli i zakresów częstotliwości następująco: pułk zakłóca łączność brygady tylko w zakresie UKF; dywizje oddziałują na łączność dywizji przeciwnika w zakresie KF, UKF i łączności radioliniowej; armia oddziałuje jedynie na łączność zakresu KF i radioliniową szczebla korpusu; front zakłóca tylko łączność krótkofalową na falach jonosferycznych; armia lotnicza wspiera wysiłki Wojsk Lądowych, prowadząc jednocześnie zakłócenie łączności obrony przeciwlotniczej przeciwnika. Łączność w zakresie UKF zakłócają wyłącznie pułk i dywizja; łączność KF - dywizja na fali przyziemnej, armia i front - na falach odbitych. Zakłócanie łączności radioliniowej prowadzą dywizje i armie. Łączność lotniczą na kierunkach punktu naziemnego naprowadzania - samoloty w powietrzu, zakłóca dywizja; łączność pomiędzy grupami samolotów w powietrzu oraz pomiędzy nimi i ich bazami zakłócają dywizja, armia i front.
4. Zakłócanie systemów bliskiej radionawigacji prowadzi armia, natomiast zakłócanie systemów średniego i dużego zasięgu - prowadzi front. Całość wysiłków wspiera armia lotnicza.

5. Bierne zakłócenia przeciwko stacjom radiolokacyjnym pracującym w relacji ziemia-ziemia stosują jedynie pułki i dywizje. Wysiłki pułków i dywizji wspiera armia lotnicza. Bierne zakłócenia przeciwko samolotowym stacjom radiolokacyjnym pracującym w relacji powietrze-ziemia stosują wszystkie szczeble organizacyjne. Armia i front prowadzą ponadto aktywne zakłócenia tego typu stacji radiolokacyjnych. Armia lotnicza prowadzi aktywne i bierne zakłócanie stacji radiolokacyjnych pracujących w relacji ziemia-ziemia i ziemia-powietrze, w tym również służących do naprowadzania pocisków kierowanych.
6. Zakłócenia urządzeń pracujących w podczerwieni powodują wszystkie szczeble organizacyjne.
7. Bierne środki obrony przed rozpoznaniem radiolokacyjnym w podczerwini - oprócz wymienionych szczebli - stosują również obsługi poszczególnych wozów bojowych i pojedynczych żołnierzy.
8. Najodpowiedniejszy skład sił i środków byłby następujący:
- pułk - pluton zakłóceń UKF łączności /3-5 nadajników zakłóceń na transporterach opancerzonych/, drużyna maskowania;
 - dywizja - kompania zakłóceń łączności w składzie czterech plutonów /KF, UKF standart, UKF - 225-400 MHz, radioliniowy/, pluton maskowania;
 - armia - kompania zakłóceń łączności KF, kompania zakłóceń łączności radioliniowej, kompania zakłóceń łączności UKF zakresu 225-400 MHz; kompania zakłóceń bliskiej radionawigacji; batalion zakłóceń radiolokacyjnych celowników bombowych; kompania maskowania;
 - front - batalion zakłóceń łączności KF, batalion lub kompania zakłóceń łączności UKF zakresu 225-400 MHz; batalion zakłóceń radionawigacji; jeden-dwa bataliony zakłóceń radiolokacyjnych celowników bombowych; batalion maskowania;
 - armia lotnicza - trzy eskadry zakłóceń /aktywnych łączności i radionawigacji; aktywnych stacji radiolokacyjnych i systemów naprowadzania pocisków kierowanych, zakłóceń pasywnych/.

IV. WYBRANE ZAGADNIENIA OPTIMALIZACJI UGRUPOWANIA ODDZIAŁÓW
I PODODDZIAŁÓW ZAKŁÓCEN ORAZ ICH PRZEGRUPOWANIA W CZASIE
TRWANIA ARMIJNEJ /FRONTOWEJ/ OPERACJI ZACZEPNEJ

Za optymalne ugrupowanie oddziałów i pododdziałów zakłóceń należy uznać takie, które - przy zapewnieniu możliwości uchronienia własnego sprzętu przed nadmiernym zniszczeniem przez przeciwnika - umożliwia skuteczne zakłócanie jego urządzeń radioelektronicznych. Tak sformułowane stwierdzenie zmusza nas do uznania za optymalne ugrupowań kompromisowych, które przy zapewnieniu określonego stopnia bezpieczeństwa własnego sprzętu i ludzi stwarzają warunki do najbardziej efektywnego zakłócania. Warunków, które wpływają na to, że ugrupowań zapewniających największe efekty nie można uznać za optymalne, można wymienić dość dużo. Omówimy je poniżej, przy rozpatrywaniu problematyki prowadzenia zakłóceń w poszczególnych zasadniczych dziedzinach radioelektroniki.

1. Łączność radiowa.

Zatrzymajmy się na wstępie nad zagadnieniem ugrupowania środków zakłóceń łączności radiowej nieprzyjaciela utrzymywanej w relacji ziemia-ziemia przez nadajniki rozmieszczone również na ziemi. Analiza równania zakłóceń dla fali przyziemnej /2.4/ upewnia nas w tym, że każde zmniejszenie odległości R , jaka dzieli rejon rozmieszczenia nadajnika zakłóceń od rejonów rozmieszczenia zakłócanych odbiorników, zwiększa uzyskiwane efekty zakłóceń. Nadajników zakłóceń nie możemy jednak zbliżać za bardzo do rejonów zajmowanych przez przeciwnika, ponieważ mógłby on je łatwo zniszczyć i w tym wypadku uzyskany efekt zakłóceń obniżyłby się do zera. Dopuszczalną odległością, w jakiej mogą być rozmieszczone nadajniki zakłóceń od zakłócanych odbiorników przy:

$$P_z \cdot G_z = P_s \cdot G_s \cdot k_z^2$$

jest w przybliżeniu odległość $R = r$. tj. odległość równa oddaleniu zakłócanego odbiornika od korespondującego nadajnika, z którym współpracuje w sieci lub na kierunku. Podane wyżej dwa

równania opisują wartość graniczną, przy której efekt zakłóceń jest wystarczająco duży. W wypadkach gdy:

$$P_z \cdot G_z < P_s \cdot G_s \cdot k_z^2$$

utrata efektów zakłóceń spowodowana niekorzystnym stosunkiem mocy musi być nadrobiona odpowiednim zmniejszeniem odległości R, czyli powinna zachodzić zależność, w której $R < r$.

Natomiast w wypadku gdy:

$$P_z \cdot G_z > P_s \cdot G_s \cdot k_z^2$$

można pozwolić sobie na większe oddalenie stacji zakłóceń i R może być większe od r.

Widać z tego, że wartością R dysponować możemy odpowiednio do mocy, jaką reprezentują posiadane przez nas nadajniki.

Nam chodzi jednak również o to, ażeby w wypadkach gdy dysponujemy odpowiednią przewagą mocy zmniejszać wartość R do rozsądnego minimum, a tym samym uzyskiwać lepsze efekty zakłóceń. Jakie to są warunki i jakie w związku z tym odległości zbliżania? Warunki te dyktuje, między innymi, rodzaj stosowanego sprzętu zakłóceń. Jeżeli weźmiemy pod uwagę nadajniki zakłóceń radiowych UKF, które montowane są na transporterach opancerzonych, a w związku z tym odznaczają się określoną manewrowością i odpornością na ogień nieprzyjaciela, to nic nie stoi na przeszkodzie, aby działały one w sztykach bojowych batalionów pierwszego rzutu pułków wykonujących uderzenie na nieprzyjaciela. Dla stworzenia im lepszych warunków bezpieczeństwa należy je jednak rozmieszczać w sztykach kompanii drugiego rzutu batalionu, co w przybliżeniu da odległość około 2 km od czoła własnych wojsk. Nie należy się naturalnie kuczowo trzymać podanego powyżej ugrupowania plutonów zakłóceń pułków - o nich bowiem jest tu mowa - ponieważ zaistnieć mogą różne sytuacje taktyczne, w których trzeba będzie ugrupować je nieco głębiej. Biorąc więc pod uwagę moce posiadane przez nadajniki tej klasy oraz odległości, na jakie utrzymywana jest łączność w brygadzie przeciąwnika, należy przyjąć, że optymalnym rozmieszczeniem dla plutonu zakłóceń

łączości radiowej pułku zmechanizowanego będzie ugrupowanie w rejonie położonym pomiędzy pierwszym a drugim rzutem.

Rzecz naturalna, że większe zbliżenie zwiększa efekty zakłóceń, ale jednocześnie zmniejsza się ^{stopień} bezpieczeństwa i odwrotnie wraz z powiększeniem odległości maleją efekty, a wzrasta bezpieczeństwo.

Przy omawianiu ugrupowania pododdziałów zakłóceń należy też ustosunkować się do tego, jakiej wielkości pododdział zajmować powinien jedno wspólne stanowisko pracy, a inaczej mówiąc, do jakich granic powinno być prowadzone rozśrodkowanie dla zabezpieczenia się przed uderzeniami. W całej dotychczasowej praktyce, związanej z wykorzystaniem oddziałów i pododdziałów zakłóceń, przyjmuje się, że największą jednostką zajmując^a wspólne stanowisko pracy jest pluton. Odległość plutonów od siebie powinna uniemożliwiać zniszczenie dwu plutonów jednym uderzeniem jądrowym średniego kalibru czyli powinna wynosić około 5 km.

Rozwiązanie takie, w którym pluton zakłóceń zajmuje jedno wspólne stanowisko pracy - tak z uwagi na potrzebę rozśrodkowania, jak i ilość jednocześnie zakłócanych częstotliwości / zależnie od składu od 3-4 do 9-16/ - uznać należy za optymalne. Ilość zakłóconych częstotliwości z taktycznego punktu widzenia jest bowiem wystarczająca, a opłacalność niszczenia plutonu przez przeciwnika jest ustosunkowo niewielka.

W wypadku plutonu zakłóceń radiowych UKF pułku, z uwagi na rodzaj posiadanego sprzętu, można iść jednak na większy kompromis - tym bardziej, że pluton ten stanowi jedną ^y broń radioelektroniczną, jaką pułk dysponuje. Można więc pluton ten wykorzystywać w całości, co ma dodatnie strony w zakresie dowodzenia, lub częściami, na przykład po dwie stacje zakłóceń, przydzielając każdą z tak utworzonych grup innemu batalionowi pierwszego rzutu.

Jeżeli chodzi o środki dywizyjne, które instalowane są na samochodach, to nie możemy sobie pozwolić na tak wielkie zbliżenie do rejonów zajętych przez przeciwnika, jak to dopuszczaliśmy w wypadku środków pułkowych. Musimy wykorzystać tu większe moce nadajników, co przy instalacjach samochodowych

łatwiejsze jest do osiągnięcia i posiadane środki ugrupowywać głębiej. Obowiązuje w tym wypadku powszechnie znany nakaz, który przewiduje, że tego rodzaju środki jak urządzenia instalowane na samochodach należy utrzymywać poza zasięgiem ognia głównej masy artylerii naziemnej nieprzyjaciela, a więc w granicach 8-10 km od czoła własnych wojsk. Są to naturalnie odległości orientacyjne, ponieważ aktualna sytuacja taktyczna może narzucić coś innego. Należy więc przyjąć, że optymalnym rozwiązaniem w tym zakresie dla środków dywizyjnych kompanii zakłóceń radiowych o mieszanym składzie będzie ugrupowanie w rejonie między pierwszym a drugim rzutem dywizji.

Kompania zakłóceń radiowych dywizji może być ugrupowana organicznymi plutonami w romb bądź w inną figurę geometryczną, przy czym oddalenie poszczególnych plutonów od siebie wynosić może do 5 km, lub grupami wydzielonych środków. W skład każdej grupy środków wchodzić może po kilka nadajników różnej klasy /zakresu/, np. KF, UKF i zakłóceń łączności radioliniowej. Podana odległość 5 km pomiędzy plutonami /grupami/ środków z uwagi na warunki terenowe i inne okoliczności może być również zmniejszona lub powiększona.

Środki zakłóceń krótkofalowych armii i frontu, które prowadzą zakłócenia na fali odbitej od jonosfery, rozmieszcza się w rejonach zapewniających największe efekty zakłóceń, przy czym wspomniana wyżej konieczność rozmieszczania nadajników w ^{zakłóceń} dopuszczalnie minimalnych odległościach od środków nieprzyjaciela nie znajduje zastosowania. W grę wchodzi bowiem odległość, na jakiej utrzymywana jest przez przeciwnika łączność na fali odbitej. I te właśnie odległość uważać należy za optymalną, co wyrazić można w postaci równania $D_z = D_s$,

gdzie: D_z - odległość zakłóceń;

D_s - odległość pracy środków radiowych nieprzyjaciela. Odległość ta uwarunkowana jest zdolnością lustrzanego odbicia fal radiowych określonego zakresu częstotliwości przez jonosferę. Dostępne materiały podają, że odległość ugrupowania środków armijnych od pracujących urządzeń przeciwnika wynosić powinna 60-100 km, a frontowych - około 600 km. Zależy to jednak od stanu jonosfery w danym okresie, w związku z czym odległość ugrupowania środków powinna być w każdym

wypadku sprawdzona. Odległość poszczególnych plutonów od siebie może być w tym wypadku równa, lub większa niż 5 km. Teren do rozśrodkowania jest bowiem na tych szczeblach dowodzenia w zasadzie bardzo rozległy.

Kompanię zakłóceń łączności radioliniowej armii /frontu/ należy ugrupowywać z uwagi na konieczność optycznej widoczności zakłócanych środków - bliżej czoła własnych wojsk. Powinna ona być rozmieszczona w związku z tym w pasie działania dywizji wykonującej główne zadanie.

Łączność radiowa przeciwnika utrzymywana w relacji ziemia-ziemia zakłócać można, jak wiadomo, również drogą użycia nadajników jednorazowego użytku i instalacji samolotowych. Nadajniki jednorazowego użytku należy zrzucać naturalnie w terenie zajęтым przez nieprzyjaciela, w pobliżu jego węzłów łączności. Najlepiej jest je stosować w terenie pociętym oraz lesisto-bagnistym, a jeśli takiego nie ma, działanie ich należy zabezpieczać przez lotnicze minowanie określonych przestrzeni terenu. W przeciwnym wypadku nadajniki te dość łatwo można odszukać i zniszczyć, a czas ich działania może być bardzo krótki. Brak jest dotychczas danych dotyczących potrzebnej liczby nadajników rzuconych na określoną powierzchnię terenu. Można więc jedynie stwierdzić, że wraz ze wzrostem liczby rzuconych nadajników efekty zakłóceń również wzrosną. W związku z tym należy przyjąć, że optymalnym rozwiązaniem będzie grupowe użycie tych nadajników. Należy również podtrzymywać w ten sposób prowadzoną działalność przez zrzucanie kolejnych nadajników po określonym okresie czasu.

Podczas prowadzenia zakłóceń łączności radiowej i radioliniowej z powietrza samoloty z urządzeniami zakłócającymi działać będą zazwyczaj nad terenem zajęтым przez przeciwnika. Tylko w wypadku zakłócania pracy radiostacji nieprzyjaciela rozmieszczonych w pobliżu linii styczności wojsk samoloty i śmigłowce znajdować się mogą nad własnym terenem. Każde zwiększenie odległości rzeczywistej do zakłócanych odbiorników, będącej funkcją odległości poziomej i wysokości lotu, powoduje zmniejszenie efektywności zakłóceń. Wynika z tego, że samoloty w świetle prędkości lotu, nie są najlepszymi nosicielami nadajników i że zakłócenia generowane z ich pokładów ^{zakłóceń} jedynie w określonym zazwyczaj krótkim czasie będą na tyle

skuteczne, aby przerwać łączność przeciwnika. Zakłócanie to ma jednak ten plus, że uzyskuje się dzięki niemu odpowiednio duży zysk przestrzenny, co niweluje w pewnym sensie straty wynikające z prędkości przemieszczania się źródła zakłóceń. ~~Samoloty~~ są lepsze, ich prędkości lotu są bowiem mniejsze. Z tej samej przyczyny nie można ich jednak wykorzystać do prowadzenia zakłóceń na tyłach nieprzyjaciela. Dla uzyskania należytego efektu samoloty /śmigłowce/ zakłócające powinny więcej działać w składzie ~~partii~~ lub klucza, a ich kursy i wysokości lotu powinny być odpowiednio dobrane. Jedynie takie działanie może bowiem okazać się skuteczne ze względu na ograniczony zasięg działania. W związku z tym grupowe użycie tych środków należy uznać za optymalne.

Przy zakłócaniu łączności w relacji ziemia-powietrze, która utrzymywana jest pomiędzy samolotami w powietrzu a punktami naprowadzania na cele naziemne lub bazami lotniczymi i w znanych systemach radionawigacyjnych - opieramy się głównie na wykorzystaniu środków naziemnych, które przewidziano na szczeblu dywizji, armii i frontu. Użycie ich jest ekonomiczniejsze niż środków lotniczych, które przebywać mogą w powietrzu przez określony, niedługi czas. Działanie naziemnych środków zakłócających ma na celu obezwładnienie pokładowych odbiorników samolotowych, które zależnie od kierunku lotu oddalają się lub zbliżają do własnych nadajników radiowych, a tym samym zbliżają się lub oddalają od nadajników prowadzących zakłócenia. Przy tego rodzaju zakłóceniach współczynnik efektywności zakłóceń K /2.12/ może być większy, równy lub mniejszy od jedności. Wielkość tego współczynnika wywiera istotny wpływ na ugrupowanie środków zakłócających i z tego względu każdą z trzech możliwych sytuacji musimy omówić oddzielnie.

W wypadku gdy $K \gg 1$ tworzy się, jak wiadomo, nad radiostacją nieprzyjaciela strefa słyszalności /patrz rysunek 2.5,/której wielkość i usytuowanie zależy od wielkości współczynnika K i odległości D , jaka dzieli nadajnik zakłóceń od zakłócanego odbiornika. W tym wypadku wystarczy budować jedną linię ugrupowania bojowego plutonów zakłóceń, z tym, że odległość ich odsunięcia od naziemnych nadajników radiowych

nieprzyjaciela "D" nie może być większa od tej, przy której czoło strefy słyszalności pokrywać się będzie z linią styczności bojowej wojsk. Można to ująć w formie wzoru:

$$L = d - R_s$$

Nam chodzi jednak o to, aby czoło strefy słyszalności nie wybiegało przed linię styczności bojowej wojsk. Dla tego warunku

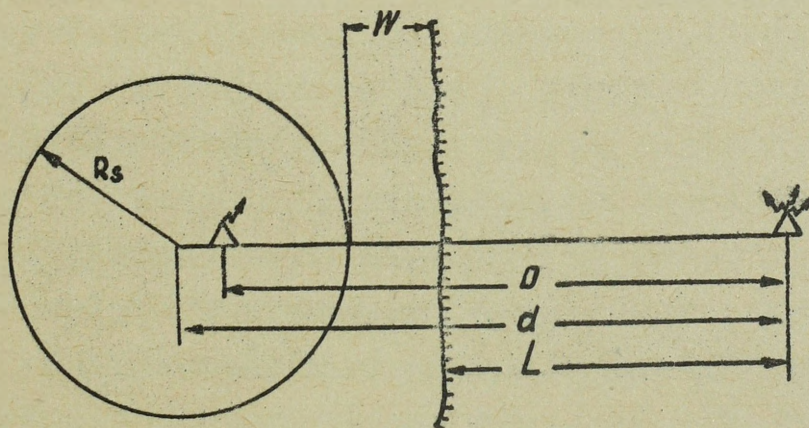
$$L < d - R_s$$

Wyprzedzenie czoła strefy słyszalności obliczyć można z następującej zależności:

$$W = d - / L + R_s /$$

gdzie: W - wyprzedzenie czoła strefy zakłóceń;

L - odległość ugrupowania stacji zakłóceń od linii styczności bojowej wojsk.



Rysunek 4.1. Odległość ugrupowania stacji zakłóceń przy $K > 1$.

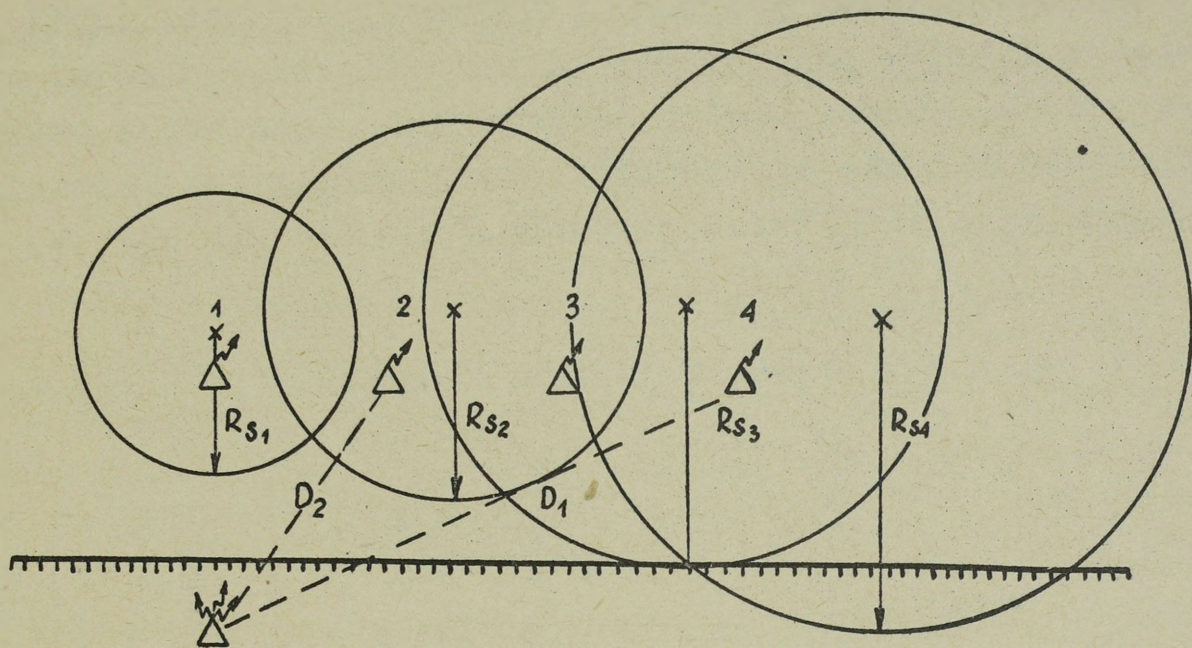
Konkretnej wartości odległości "D" nie można podać bez znajomości wartości współczynnika K i ugrupowania środków radiowych nieprzyjaciela. Należy więc ją obliczać na bieżąco w każdej sytuacji taktycznej.

Ponieważ stacje zakłóceń instalowanych na samochodach nie możemy wysunąć bliżej jak na odległość 8-10 km od linii styczności bojowej wojsk z uwagi na możliwość ich łatwego zniszczenia, widać wyraźnie, że w przypadku zakłócania łączności radiowej pomiędzy samolotami a PN rozmieszczonymi w brygadach pierwszego rzutu musimy dysponować nadajnikami o kilkakrotnej przewadze mocy. Stacje zakłóceń na transporterach opancerzonych radykalnie zmieniają sytuację, można je bowiem znacznie przybliżyć do radiostacji nieprzyjaciela.

W wypadku zakłócania łączności z bazami lotniczymi i systemów radionawigacyjnych przewaga mocy może być znacznie mniejsza lub wręcz niekorzystna, ponieważ radiostacje naziemne nieprzyjaciela rozmieszczane są w odległościach 80-100 km od linii styczności bojowej wojsk i nie ma obawy, aby czoła stref słyszalności wybiegały przed linię styczności wojsk.

Odstępy pomiędzy plutonami pierwszej i ^y drugiej w tym wypadku linii ugrupowania bojowego podyktowane są zarówno ilością jednocześnie obezwładnianych urządzeń przeciwnika /patrz rozdział I/, jak i odległościami, jakie dzielą nadajniki zakłóceń od radiostacji naziemnych przeciwnika. Wraz ze wzrostem tej odległości wzrastają bowiem wielkości stref słyszalności, a w związku z tym plutony zakłóceń należy ugrupowywać bliżej siebie. Zagadnienie to wyjaśnia rysunek /4.2/. Konkretna wartość tej odległości może więc być różna.

Przyjmuje się ogólnie, że pluton zakłóceń UKF jest w stanie przerwać łączność między samolotami w powietrzu a radiostacjami przeciwnika rozmieszczonymi w pasie działania jego dywizji, a więc w pasie 20-30 km. W ten sposób plutony zakłóceń dywizji pierwszego rzutu operacyjnego armii mogą tworzyć samodzielną strefę zakłóceń bez wsparcia środkami armii. Daje to zależnie od stosowanego rodzaju pracy /zakłócenia selektywne lub zaporowe/ 3-12-warstwowe pole zakłóceń /dla plutonu w składzie 3-4 nadajników zakłóceń/.



Rysunek 4.2. Zależność wielkości strefy słyszalności od odległości /D/ przy stałej wartości współczynnika /K/.

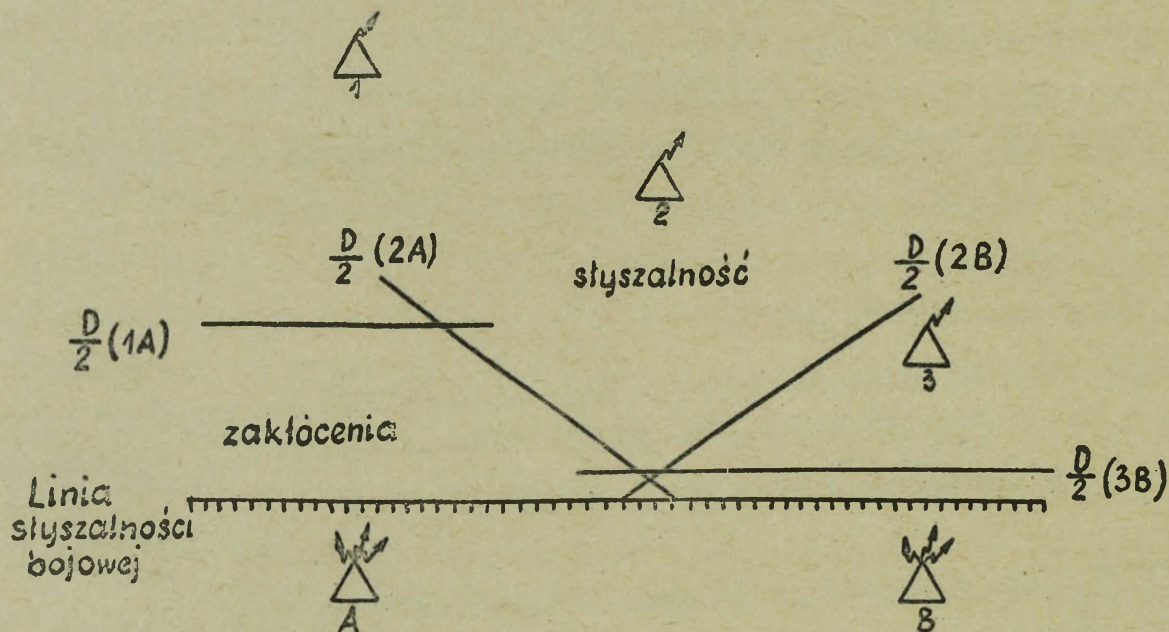
W wypadku gdy $K = 1$ sytuacja jest podobna o tyle, że i tu wymagana jest jedna linia ugrupowania bojowego plutonów. Granicę podziału pomiędzy strefą słyszalności i zakłóceń stanowi bowiem płaszczyzna pionowa prostopadła do linii łączącej miejsce rozmieszczenia nadajnika zakłóceń i radiostacji nadawczej przeciwnika /patrz rysunek 2.3/. W tej sytuacji będzie ^{możliwy} zakłócać skutecznie pracę tych wszystkich radiostacji nieprzyjaciela, których odległość ugrupowania od linii styczności wojsk będzie większa /równa/ od odległości ugrupowania od tej linii plutonów zakłóceń. Dla radiostacji nieprzyjaciela ugrupowanych bliżej, czoło strefy słyszalności wyprzedzi linię styczności wojsk, co jest dla nas niekorzystne. Wyrazić to można zależnością:

$$L \leq \frac{D}{2}$$

Wyprzedzenie czoła strefy zakłóceń przed linię styczności bojowej wojsk obliczyć można na podstawie zależności:

$$w = \frac{D}{2} - L$$

Odległości pomiędzy plutonami pierwszej linii w omawianym wypadku podyktowane są tymi samymi względami co i przy $K > 1$. Chodzi bowiem jedynie o to, aby czoła stref słyszalności nie wyprzedziły linii styczności bojowej wojsk. Zagadnienie to obrazuje rysunek /4.3./.



Rysunek 4.3. Zależność usytuowania stref słyszalności od ugrupowania środków zakłóceń/.

W wypadku gdy współczynnik $K < 1$, sytuacja jest najmniej sprzyjająca. Nad poszczególnymi plutonami zakłóceń tworzą się bowiem ograniczone co do wielkości strefy zakłóceń. W pozostałej przestrzeni słyszalność jest dobra lub zadowalająca /patrz wysunek 2.4/. W tym wypadku musimy budować kilka linii ugrupowania bojowego plutonów, a ponadto brać pod uwagę wartość wysokości, na jakiej przewidujemy prowadzenie zakłóceń, bowiem płaska strefa słyszalności wraz z wzrostem wysokości zmniejsza swą wielkość, a jej promień na danej wysokości

$$R_{ZH} = \sqrt{R_z^2 - H^2}$$

Dla pokrycia się czoła strefy zakłóceń z linią styczności bojowej wojsk powinien w tym wypadku zostać spełniony warunek:

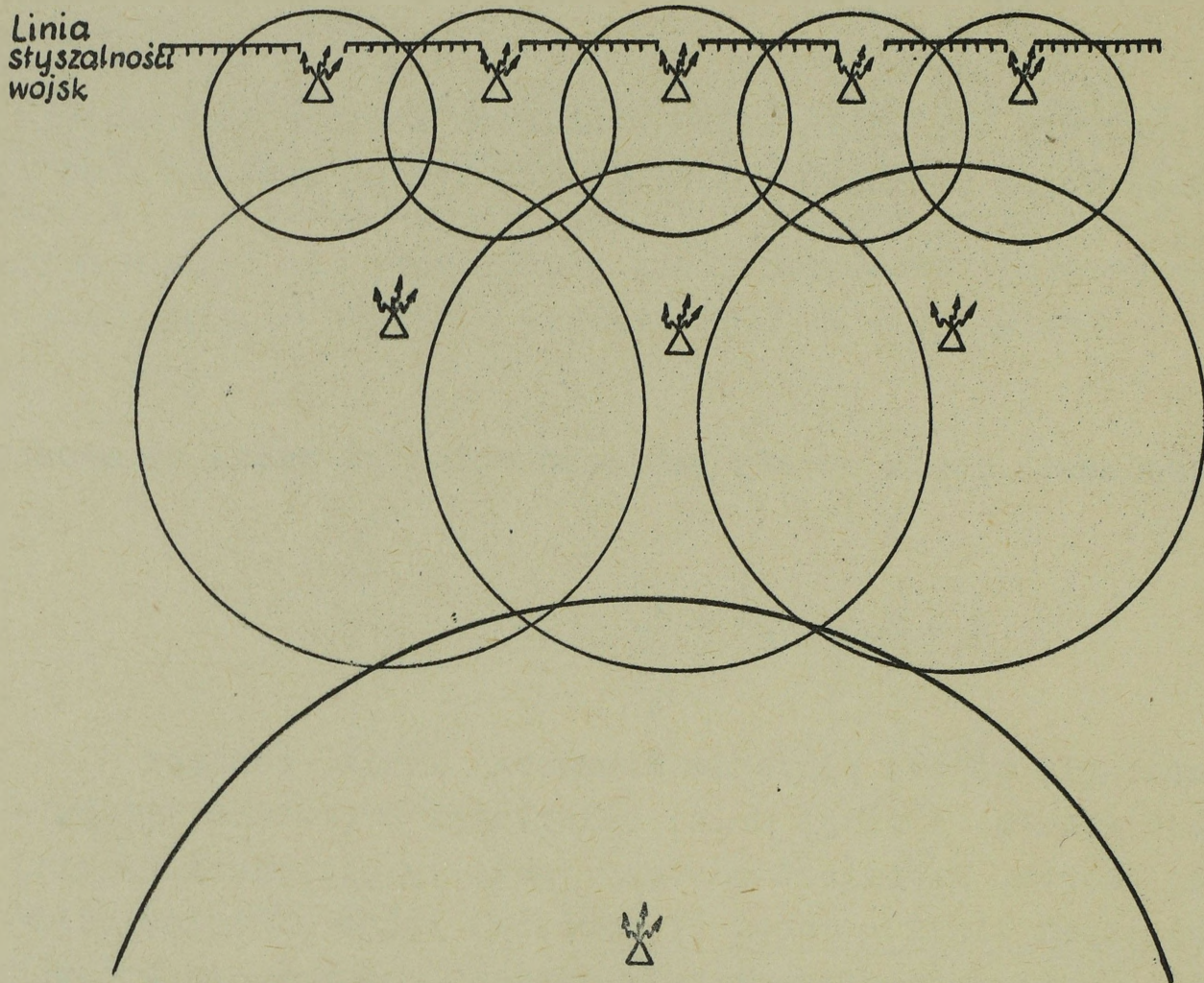
$$L = R_{ZH} - d$$

Wyprzedzenie czoła strefy zakłóceń obliczyć można ze wzoru:

$$W = R_{ZH} - /d + L/$$

Ugrupowanie bojowe plutonów pierwszej linii, odstępy wzdłuż frontu, z racji małej odległości D powinno być bardziej zwarte. Natomiast odstępy pomiędzy plutonami drugiej i kolejnych linii - coraz to bardziej luźne. Również odległości pomiędzy poszczególnymi liniami ugrupowania bojowego plutonów mogą być coraz to większe. Obrazuje to rysunek 4.4. Konkretnie wartości oddalenia od siebie poszczególnych plutonów muszą być, podobnie jak i poprzednio, obliczane na bieżąco.

Jak to już zostało powiedziane wyżej, w przypadku zakłócania łączności lotniczej w relacji ziemia-powietrze oraz systemów radionawigacyjnych nie można dać z góry całkowicie pewnych rozwiązań ugrupowania środków zakłóceń. W pasie działania nieprzyjaciela pracują bowiem radiostacje różnej mocy, ugrupowane w różnej odległości od linii styczności wojsk. Dokładne rozwiązanie tego problemu jest możliwe po dokonaniu gruntownej i aktualnej analizy ugrupowania środków przeciwnika i metodą rachunkowo-wykreślną, przy wykorzystaniu wzorów /2.12, 2.14, 2.15 i 2.16/ z opracowaniem i sprawdzeniem otrzymanych wyników na mapie.



Rysunek 5.4. Ugrupowanie bojowe plutonów w trzy linie.

Można natomiast wysunąć pewne sugestie co do tego ugrupowania. Powinny one jednak być poparte w każdym wypadku rzetelnym rachunkiem i wykresami. Tak więc dla zakłócania radiostacji nieprzyjaciela rozmieszczonych na PN /w pobliżu linii styczności bojowej wojsk/ posiadających moc rzędu 50-100 W, należy wydzielać plutony zakłóceń dywizji pierwszego rzutu operacyjnego armii. Plutony te wyposażone w sprzęt o kilkakrotnie większej mocy od radiostacji nieprzyjaciela, ugrupowane w odległości 8-10 km od przedniego skraju własnych wojsk, zakłócą samodzielnie przedstawione wyżej relacje radiowe nieprzyjaciela. Środki zakłóceń armii mogą być w tym wypadku użyte do: podwyższenia gęstości pola zakłóceń środków dywizyjnych przez rozmieszczenie własnych plutonów w pasach działania poszczególnych

dywizji; oddziaływanie na radiostacje nieprzyjaciela rozmieszczone w głębi, na przykład w bazach lotniczych /w tym wypadku można je ugrupować głębiej, w odległości 40-60 km od linii styczności bojowej wojsk/; wykonania innych zadań/np. zakłócania łączności w relacji samolot-samolot/.

Ugrupowanie bojowe środków przeznaczonych do zakłócania systemów radionawigacyjnych przeciwnika nie różni się od podanych powyżej. Jednak z uwagi na duże odsunięcie naziemnych stacji nadawczych od linii styczności bojowej wojsk /od 80 do kilkuset kilometrów/, wymagania stawiane ugrupowaniu są mniej rygorystyczne. W wypadku tym spotykamy się ze zjawiskiem, kiedy dość często omawiany przez nas współczynnik zakłóceń K będzie mniejszy od jedności. Moce naziemnych stacji radionawigacyjnych, szczególnie dalekiego zasięgu, są bowiem zazwyczaj dość duże.

Przy ugrupowaniu środków zakłóceń chodzi jednak tylko o to, aby czoło strefy słyszalności nie wybiegało przed linię styczności bojowej wojsk. W większości wypadków posiadane moce nadajników zakłóceń i odległości do naziemnych radiolatarni przeciwnika umożliwiają ugrupowanie kompanii zakłóceń radionawigacji armii na głębokości 40-60 km od linii styczności bojowej wojsk, a środków frontu - na głębokościach znacznie większych, dochodzących do 100 kilometrów i więcej. Każde jednak przybliżenie do nieprzyjaciela jest korzystne, bowiem czoło strefy słyszalności odsuwa się od linii styczności bojowej wojsk, a intensywność zakłóceń wzrasta wraz ze zbliżaniem się samolotu do obiektów ataku.

Dlatego też za optymalne należy uważać takie ugrupowanie środków zakłóceń łączności pomiędzy samolotami w powietrzu a ich bazami lub radiolatarniami systemów radionawigacyjnych, w którym wybieganie czoła strefy zakłóceń byłoby możliwe największe, a bezpieczeństwo środków zakłóceń dostatecznie duże. Z tych względów środki armijne najracjonalniej jest rozmieszczać w przedniej części strefy armii, a środki frontowe - w tylnej części strefy armii lub przedniej obszarze frontu.

Ugrupowanie takie prowadzi również do większego rozśrodkowania sił, jakimi dysponują armia i front.

Kompanie zakłóceń systemów radionawigacyjnych mogą być rozmieszczane w jednym rejonie, z zachowaniem odległości pomiędzy plutonami rzędu 5-10 km. Poszczególne plutony mogą też być rozmieszczone w różnych daleko od siebie położonych rejonach. Odległości pomiędzy plutonami mogą dochodzić w tym wypadku do 60-100 km. Tak duże oddalenie plutonów od siebie może być podyktowane koniecznością zmniejszenia odległości D do poszczególnych naziemnych radiostacji nieprzyjaciela.

Srodki lotnicze z uwagi na względy natury taktycznej /okresowość działania/ wykorzystuje się, w wypadku zakłóceń łączności w relacji ziemia-powietrze, do obezwładniania odbiorników naziemnych. Może to mieć miejsce przy oddziaływaniu na normalną łączność lotniczą i systemy radionawigacyjne posługujące się sygnałami zapytania, które wysyłane są przez samoloty. Podobnemu celowi służą nadajniki zakłóceń jednorazowego użytku, które zrzucają się na spadochronach. Sposób użycia tych nadajników nie różni się od stosowanego, w wypadku zakłócania łączności w relacji ziemia-ziemia. W razie zakłócania nadajników naziemnych utrzymujących łączność z samolotami w powietrzu, samolot z nadajnikami zakłóceń powinien się zbliżyć do zakłócanych odbiorników naziemnych na odległość gwarantującą dostateczną intensywność zakłóceń. W wypadku gdy:

$$P_z \cdot G_z = P_s \cdot G_s \cdot k_z^2$$

dla uzyskania wystarczająco dużego efektu zakłóceń samolot zakłócający może się znajdować w takiej samej odległości od naziemnej radiostacji nieprzyjaciela, w jakiej znajdują się od niej samoloty przeciwnika. Czyli że $R = r$. Każda zmiana odległości powoduje zwiększenie lub obniżenie poziomu generowanych zakłóceń. W wypadku gdy $P_z G_z > P_s G_s k_z^2$, co jest w zasadzie zjawiskiem typowym, samolot stosujący zakłócenia może się znajdować dalej niż samoloty utrzymujące korespondencję. Dla uzyskania odpowiednio wysokiego poziomu zakłóceń samoloty z aparaturą zakłócającą powinny działać grupowo na różnych zawczasu ustalonych kursach i wysokościach.

Przy zakłócaniu impulsowych systemów radionawigacyjnych zadaniem samolotowego nadajnika zakłóceń jest wysłanie takiej ilości impulsów zapytania^w jednostce czasu, która przewyższałaby przepustowość danego systemu. Nadajnik zakłóceń może więc mieć niewielką moc, a odległość działania powinna zapewnić odebranie jego sygnału przez naziemne urządzenie odbiorcze.

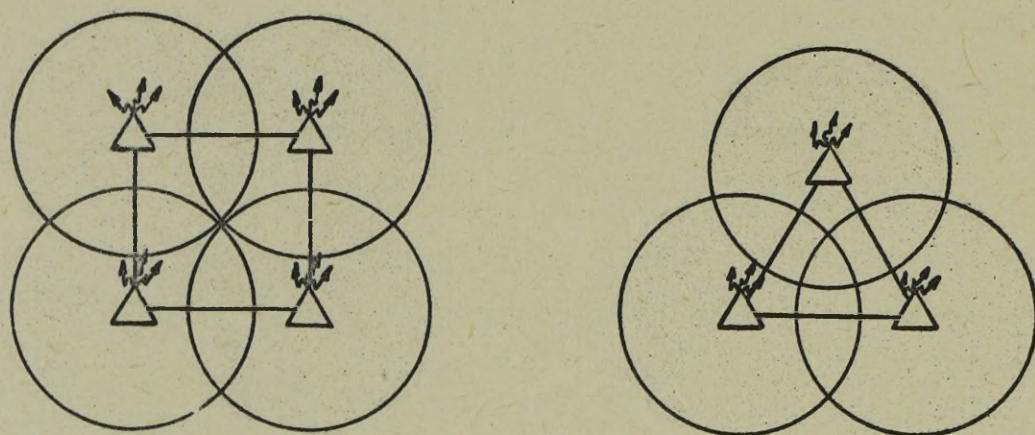
Do zakłócania łączności w relacji samolot-samolot wykorzystuje się te same pododdziały, które prowadzą zakłócenia łączności lotniczej w relacji ziemia-powietrze. W związku z tym ugrupowanie plutonów zakłóceń łączności UKF zakresu 225-400 KHz dywizji powinno umożliwiać wykonanie obu zadań. Środki armii i frontu mogą być wykorzystane do pogłębiania strefy zakłóceń wytworzonej przez środki dywizji w całym pasie działania lub na pewnych kierunkach bądź też w wybranych rejonach. Sposób ugrupowania zależy w tym wypadku od przyjętej odległości pomiędzy samolotami nieprzyjaciela r , od jakiej ma się zamiar prowadzić zakłócenia /patrz wyrażenie 2.18/. Dla stworzenia ciągłego pola zakłóceń w zakresie UKF plutony zakłóceń ugrupowuje się w trójkąt lub w kwadrat. Odległości pomiędzy plutonami obliczamy na podstawie wzorów:

$$D_k = R_{zH} \sqrt{2} \dots\dots\dots /4.2/$$

$$D_t = R_{zH} \sqrt{3} \dots\dots\dots /4.3/$$

gdzie: D_k i D_t - odległość pomiędzy plutonami przy ugrupowaniu w kwadrat i w trójkąt;
 R_{zH} - promień strefy zakłóceń na danej wysokości lotu samolotów przeciwnika.

Za optymalne ugrupowanie środków zakłóceń radiowych UKF zakresu 225-400 MHz uważać należy takie, które zapewnia jednoczesne obezwładnienie łączności w relacji ziemia-powietrze i powietrze-powietrze. Podstawą do ustalenia takiego ugrupowania przy aktualnej analizie ugrupowania środków nieprzyjaciela są równania /2.12, 2.14, 2.15, 2.16/. W dalszej



Rydunek 4.5. Ugrupowanie plutonów w kwadrat i trójkąt.

kolejności bierze się pod uwagę wyrażenia /4.2, 4.3/. Wymagania stawiane ugrupowaniu z uwagi na zakłócenia w relacji samolot-samolot /4.2, 4.3/ spełniają w większości wypadków potrzeby w zakresie zakłócania w relacji ziemia-samolot /2.12, 2.16/.

W wypadku tworzenia pola zakłóceń wyłącznie do obezwładnienia łączności w relacji samolot-samolot optymalne będzie ugrupowanie utworzone według wyrażen /4.2 i 4.3/. Ugrupowanie takie zapewnia bowiem to, że pole zakłóceń jest ciągłe, co jest nieodzownym warunkiem powodzenia.

Zakłócenie łączności pomiędzy samolotami przeciwnika może być realizowane również przez stosowanie nadajników samolotowych. Dla spełnienia warunków zakłócenia samolot zakłócający musi się zbliżyć do samolotów aby zakłócić ich łączność radiową. Odległość skutecznego zakłócania można obliczyć na podstawie wzoru /2.17/.

Podany sposób zakłócania jest jednak rzadko stosowany z uwagi na okresowość działania w powietrzu lotnictwa zarówno jednej, jak i drugiej strony.

98

Pozostaje do omówienia zagadnienie przegrupowania środków zakłóceń radiowych w toku operacji zaczepnej. Jeżeli chodzi o przegrupowanie środków pułkowych, to nie napotykamy tu żadnych poważniejszych trudności. Środki te, będąc bowiem umieszczone na transporterach opancerzonych, mogą prowadzić zakłócanie w ruchu i bezustannie posuwać się do przodu w szykach ugrupowania bojowego pododdziałów ogólnowojskowych. W wypadku gdy pluton zakłóceń łączności radiowej pułku działa samodzielnie, jego przegrupowanie, zresztą na nieznaczne odległości, odbywać się może skokami, od rejonu do rejonu, całością lub częścią sił. W każdym razie przy przegrupowaniu środków pułkowych liczyć można na ciągłość prowadzenia zakłóceń, pomimo że nie jest ona bezwzględnie konieczna.

Przegrupowanie środków dywizyjnych następuje więcej trudności, ponieważ nie mogą one pracować w ruchu, a czas ich zwijania i rozwijania jest dość długi. Stosunkowo duże oddalenie od czoła własnych wojsk (8-10 km/ przy wysokim tempie natarcia zmusza do dokonywania częstych zmian ugrupowania, bowiem zwiększająca się odległość pomiędzy rejonem ugrupowania środków zakłóceń i podlegającym zakłócaniu D wpływa ujemnie na wielkość i usytuowanie stref zakłóceń. Zmiana tej odległości następuje jednak z chwilą, gdy przeciwnik przesunie własne środki radiowe do tyłu. Rozpoznanie radioelektroniczne powinno więc dostarczyć w miarę dokładnych danych kiedy środki radiowe nieprzyjaciela podlegające zakłócaniu przez środki dywizyjne rozpoczynają zwijanie. Przegrupowanie środków zakłóceń dywizji odbywać się powinno bowiem równoległe z przesunięciami środków radiowych przeciwnika. W zależności od tempa natarcia może się to w pierwszym i drugim dniu operacji odbywać od jednego do dwóch razy na dobę. Podanej wyżej wskazówki co do czasu przegrupowania środków zakłóceń dywizji nie należy traktować szablonowo. Najważniejsze w tym względzie są bowiem decyzja i zamiar dowódcy dywizji rozegrania bitwy oraz rozwój sytuacji taktycznej. Z decyzji i zamiaru dowódcy dywizji może bowiem wynikać, że właśnie te, a nie inne okresy wymagają wzmożonego wsparcia radioelektronicznego, podczas gdy inne są pod tym względem mniej ważne.

Zgodność decyzji dotyczącej prowadzenia zakłóceń z decyzją i zamiarem dowódcy dywizji jest więc, podobnie jak i w innych rodzajach zabezpieczenia bojowego działań, podstawą do działania organów odpowiedzialnych za realizację zakłóceń.

Organy te powinny więc zgodnie z tą decyzją planować przegrupowanie środków zakłóceń. Również i rozwój sytuacji na polu walki ma bardzo wielki wpływ na przegrupowanie tych środków. Nie ma bowiem potrzeby częstego przegrupowywania środków zakłóceń, gdy tempo natarcia jest niskie, bądź gdy nieprzyjaciół kontratakują lub prowadzi przeciwuderzenie. W wypadkach tych środki te będą musiały niejednokrotnie zostać przesunięte do tyłu lub na skrzydło ugrupowania bojowego dywizji.

W czasie pościgu pododdziały zakłóceń radiowych dywizji przesuwane się powinny bezpośrednio za siłami głównymi w gotowości do rozwinięcia w rejonach zapewniających wsparcie radioelektroniczne wojsk rozwijających się do przełamania kolejnych rejonów oporu nieprzyjaciela.

Środki zakłóceń radiowych armii i frontu prowadzące zakłócenia na falach jonosferycznych przegrupowywane będą z zasady w kolejnych dniach operacji. Jeżeli chodzi o środki armijne, może to mieć miejsce po raz pierwszy w końcu pierwszego lub w drugim dniu operacji, a w wypadku środków frontowych - w drugim lub trzecim dniu. Zależy to jednak od konkretnego rozwoju działań i związanego z nim czasu przegrupowania środków radiowych korpusu i armii polowej przeciwnika. Średnia częstotliwość przegrupowania środków zakłóceń radiowych armii i frontu wynosi jedno przesunięcie na dwa dni operacji. Zależnie od decyzji dowódcy armii lub frontu przegrupowanie środków może się odbywać całością, a najczęściej określoną częścią sił.

Podobnie do przesuwania środków zakłóceń radiowych armii i frontu odbywają się przesunięcia środków zakłóceń radionawigacji. Środki zakłóceń armii będą się musiały przegrupowywać prawdopodobnie w końcu pierwszego lub na początku drugiego dnia operacji, a środki frontu - dopiero w trzecim lub czwartym dniu. Wczesniejsze przesunięcie środków armijnych związane jest ze stosunkowo niedalekim /do 80 km/ rozwijaniem, przez przeciwnika radiolatarni radionawigacyjnych

100

od czoła własnych wojsk. Niektóre z tych radiolatarni mogą być związane już w pierwszym dniu operacji. Naziemne radiolatarnie systemów średniego i dalekiego zasięgu ugrupowywane są znacznie głębiej, a ich przegrupowanie następuje później.

Osobne zagadnienie w zakresie przegrupowania stanowi przesuwanie środków przeznaczonych do zakłócania łączności lotniczej przeciwnika. Łączność ~~ka~~ utrzymywana jest, jak wiadomo, w relacjach powietrze-powietrze lub ziemia-powietrze. Obie relacje zakłócanie są przez te same pododdziały. Konieczność stosunkowo szybkiego przesuwania środków zakłóceń tego rodzaju łączności, będących w posiadaniu dywizji, wynika z bliskiego, w stosunku do linii styczności wojsk, rozmieszczenia radiostacji przeciwnika na punktach naprowadzania lotnictwa na cele naziemne /punkty te wybiera się na wzniesieniach umożliwiających wzgląd w teren przeciwnika/. Narzuca to konieczność przegrupowania środków dywizyjnych od jednego do dwóch razy na dobę, a nieraz i częściej. Najodpowiedniejszym czasem na przegrupowanie jest noc, kiedy to z PN₁ - z powodu braku optycznej widoczności - w zasadzie nie naprowadza się samolotów na obiekty naziemne. Środki zakłóceń armii i frontu, w wypadku gdy wraz ze środkami dywizji pierwszego rzutu tworzą wspólne pole zakłóceń łączności w relacji samolot-samolot, muszą być przegrupowywane odpowiednio do przesunięć środków dywizyjnych. Najlepszym w tym wypadku rozwiązaniem jest użycie plutonów odwodowych, które zajmują ugrupowanie w lukach powstałych po przesunięciu do przodu środków dywizyjnych. W wypadku gdy środki zakłóceń łączności lotniczej armii i frontu organizują oddzielne strefy zakłóceń na kierunkach lub w rejonach, czas ich przegrupowania określa się zgodnie z decyzją przełożonego. Przesłanką do zmiany dotychczasowego ugrupowania może być w tym wypadku zmiana ważności obiektów lub kierunków nalotów nieprzyjaciela.

Częstotliwość przegrupowania wszystkich środków przeznaczonych do zakłócania radiowych odbiorników przeciwnika zależy od wartości wyprzedzenia przez czoła stref zakłóceń linii styczności bojowej wojsk, zależnej - jak wiadomo - od przewagi mocy /wartości współczynnika K / i odległości D , jaka dzieli nadajnik zakłóceń od naziemnych radiostacji przeciwnika.

2. Radiolokacja

Do zakłóceń środków radiolokacyjnych wykorzystuje się najszersze instalacje naziemne przeznaczone do oddziaływania na pokładowe stacje radiolokacyjne służące do obserwacji powierzchni ziemi i instalacje samolotowe przeznaczone do oddziaływania na stacje radiolokacyjne umieszczone na ziemi.

Instalacje pierwszego typu to stacje zakłóceń typu SPB-5/7/, które znajdują się w wyposażeniu kompanii i batalionów zakłóceń radiolokacyjnych celowników bombowych. Nazwa nadana tym pododdziałom i oddziałom jest niezupełnie właściwa, ponieważ są one używane zarówno do zakłócania radiolokacyjnych celowników bombowych /rcb/, jak i samolotowych stacji radiolokacyjnych przeznaczonych do rozpoznania i nawigacji.

Kompania zakłóceń radiolokacyjnych celowników bombowych ma 9 stacji zakłóceń typu SPB-5 lub 7, które występują w trzech plutonach /po trzy stacje w plutonie/. Batalion posiada 27 stacji zakłóceń. Ponadto w plutonie rozpoznania i dowodzenia każdej kompanii występuje stacja radiolokacyjna typu JAWOR i BOGOTA oraz stacja rozpoznania pracujących samolotowych stacji radiolokacyjnych typu POST-2M. Każda stacja zakłóceń SPB-5/7/ posiada trzy nadajniki zakłóceń o wspólnie sterowanych antenach.

Kompanie zakłóceń radiolokacyjnych celowników bombowych wykorzystuje się do osłony obiektów punktowych o dużej kontrastowości radiolokacyjnej, a więc takich, które na panoramicznym ekranie stacji radiolokacyjnej przeciwnika zobrazowywane są w postaci jednego punktu świetlnego swoją wielkością nie przewyższającego w zasadzie elementarnej powierzchni różnicowania. Do obiektów tego typu zaliczamy w głównej mierze mosty na szerokich przeszkodach wodnych.

Przydzielanie kompanii zakłóceń celowników bombowych do osłony tego typu obiektów jest podyktowane kilkoma z góry przyjmowanymi założeniami. Pierwszym założeniem jest uznanie za realne takich sytuacji taktycznych, w których osłaniany obiekt atakowany będzie z gęstością nie większą niż trzy samoloty na minutę. Biorąc pod uwagę to, że łączny czas potrzebny na zakłócanie jednego celu i przestrojenie stacji zakłóceń na inną częstotliwość wynosi 3 minuty, otrzymamy, że

ogólna liczba stacji zakłóceń potrzebna do osłony obiektu wynosi 9, ponieważ:

$$N = S \cdot t \dots\dots\dots /4.4/$$

gdzie: N - ilość potrzebnych stacji zakłóceń;
S - gęstość nalotu /ilość samolotów/ na minutę;
t - czas zakłócania i przestrajania.

Liczba dziewięciu stacji organizacyjnie odpowiada jednej kompanii.

Z powodu dowolności kierunków nalotów nieprzyjaciela nie bierze się w tym wypadku pod uwagę faktu, że stacje zakłóceń SPB-5/7/ posiadają trzy nadajniki. Dogodne do zakłóceń kursy samolotów, zezwalające na użycie większej ilości nadajników niż jeden, zalicza się w tym wypadku na plus danego ugrupowania.

Na temat powyższych rozważań są różne opinie wśród teoretyków wojskowych. Niektórzy uważają, że proponowana liczba 9 stacji zakłóceń jest za duża. Teoretycy ci proponują, aby kompania zakłóceń radiolokacyjnych celowników bombowych posiadała sześć stacji zakłóceń, co umożliwiłoby jej zakłócenie wszystkich radiolokacyjnych celowników bombowych przy gęstości nalotu do dwóch samolotów na minutę. Zagadnienie to pozostanie otwarte, należy ono bowiem do sfery problemów, które mogą zostać rozstrzygnięte dopiero na przyszłym polu walki.

Zadowolimy się jedynie świadomością, że problem ten jest dla nas całkowicie zrozumiały i że we wszystkich sytuacjach będziemy mogli zdawać sobie sprawę z faktycznych możliwości danego ugrupowania.

Drugim założeniem jest przyjęcie takich zasad ugrupowania bojowego kompanii, przy którym każda stacja zakłóceń oddziaływać może skutecznie na każdą pokładową stację radiolokacyjną, niezależnie od kierunku lotu samolotu, na którym stacja ta jest zainstalowana. Dla spełnienia tego warunku stacje zakłóceń radiolokacyjnych celowników bombowych nie mogą być więcej oddalone od obiektu niż na odległość t_z krytycznego

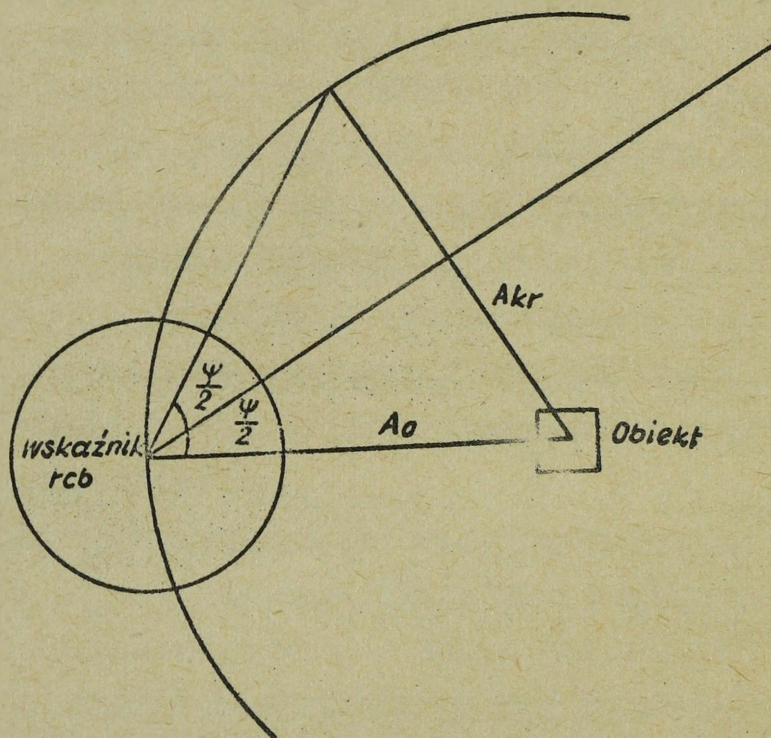
$$A_{kr} = A_0 \sin \frac{\psi}{2} \dots\dots /4.5/$$

gdzie: A_{kr} - dopuszczalna odległość odsunięcia stacji zakłóceń od osłanianego obiektu;

A_0 - odstęp bombardowania;

ψ - szerokość sektora zakłóceń na ekranie radiolokacyjnego celownika bombowego mierzona w stopniach.

Zagadnienie to ilustruje rysunek 4.6.



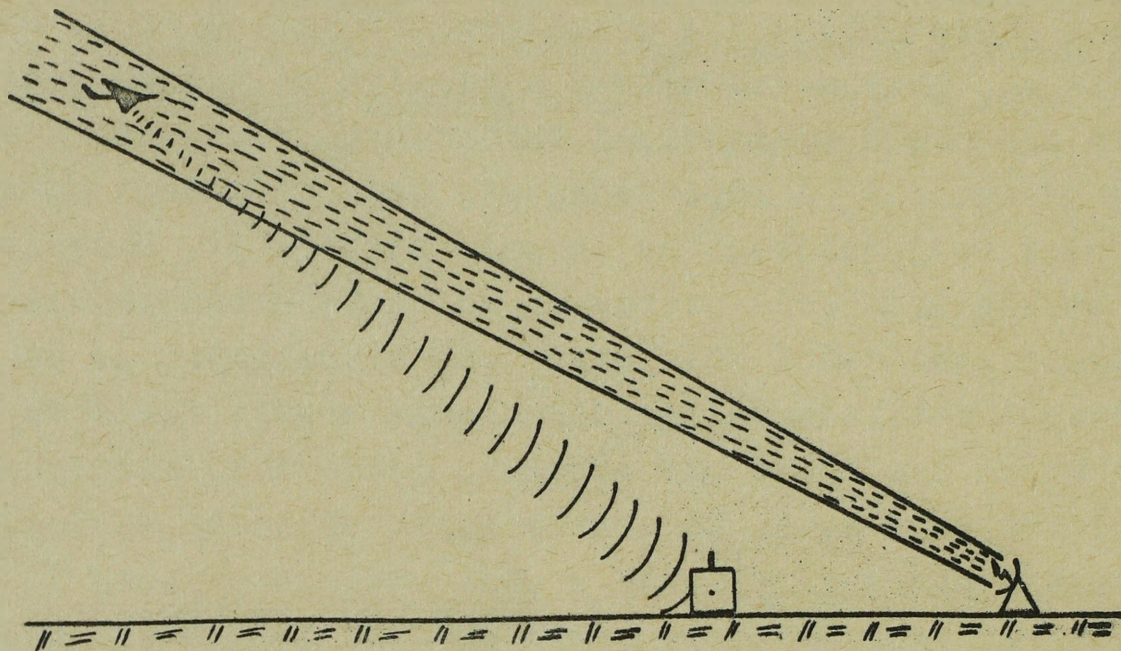
Rysunek 4.6. Dopuszczalne oddalenie stacji zakłóceń od osłanianego obiektu

Przedstawione w powyższym wzorze parametry wymagają pewnych wyjaśnień i sprostowań. Zakłócanie radiolokacyjnych celowników bombowych w myśl założeń taktycznych ma trwać od chwili, kiedy nawigator rozpoczyna celowanie, do momentu zrzutu bomb, to jest do osiągnięcia przez samolot rubieży

104

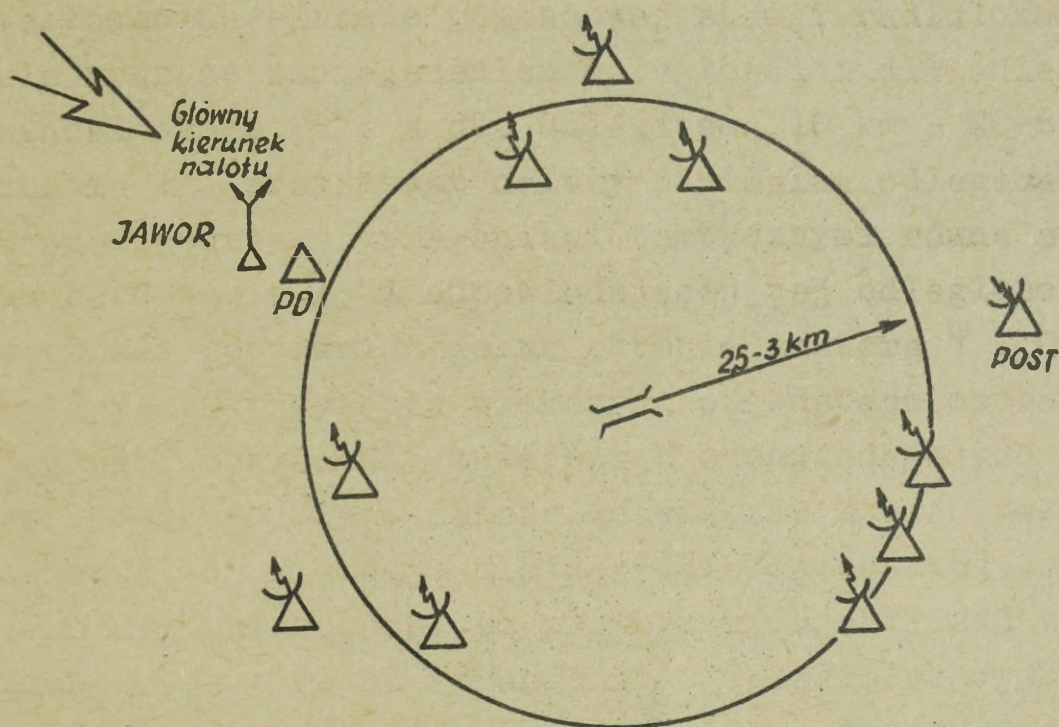
odstępu bombardowania. Czas potrzebny na wycelowanie dla średnio wyszkolonego nawigatora zamyka się w granicach 120-160 sekund, co w przeliczeniu na drogę - zależnie od prędkości - wynosić może od 24 do 48 km. Szerokość sektora zakłóceń na ekranie pokładowej stacji radiolokacyjnej zwiększa się wraz ze zmniejszeniem odległości i dla odległości 100 km wynosi około 25° , a dla odległości 10 km - $60-80^{\circ}$. Do obliczania A_{kr} przyjmować należy minimalną odległość zakłóceń, która zgodnie z wymaganiami taktycznymi równa się odstępowi bombardowania A_0 i odpowiadającej tej odległości maksymalnej wartości rozjaśnionego na ekranie sektora Ψ . Okazuje się bowiem, że przyjęcie większych od odstępu bombardowania odległości zakłóceń i mniejszych odpowiadających im sektorów zakłóceń umożliwia dalsze odsunięcie stacji zakłóceń od obiektu, a tym samym nie zapewnia całkowitej osłony obiektów w każdych warunkach. Do praktycznych obliczeń wartość rozjaśnionego sektora na ekranie stacji radiolokacyjnej Ψ na rubieży A_0 przyjmuje się równą 60° , co jest swego rodzaju zabezpieczeniem się, ponieważ faktyczna wartość tego sektora na podanych odległościach jest większa. W myśl tego założenia stacje zakłóceń SPB-5/7/ należałoby rozmieszczać w takiej odległości od obiektu, która równałaby się połowie wartości odstępu bombardowania $[\sinus 30^{\circ} = 0,5/$. Okazuje się jednak, że powyższe wymagania - z uwagi zarówno na bezpieczeństwo obiektu, jak i stacji zakłóceń - mogą być spełnione tylko wtedy, gdy samoloty nieprzyjaciela atakują obiekt z wysokości powyżej 3000 m z prędkością około 300 m/sek. W wypadku gdy samoloty nieprzyjaciela lecą niżej, wartość odstępu bombardowania jest na tyle mała, że stacje zakłóceń należałoby rozmieszczać w takich odległościach, które umożliwiałyby przeciwnikowi równoczesne zniszczenie obiektu i stacji zakłóceń jednym uderzeniem jądrowym średniego kalibru. Z uwagi na to przyjmuje się, że stacje zakłóceń rozmieszcza się odległości 2,5-3 km od obiektu, a zakłócanie stacji radiolokacyjnych samolotów lecących poniżej założonych wysokości prowadzi się przy użyciu stacji zakłóceń ugrupowanych za obiektem. Jest to tzw. zakłócanie przez obiekt /patrz rys. 4.7/.

Umożliwia ono zakłócenie wszystkich rcb do rubieży odstepu bombardowania. Optymalnym rozwiązaniem będzie więc ugrupowanie zapewniające bezpieczeństwo obiektu i stacji zakłóceń, a nie zakładane według wyrażenia /4.5./



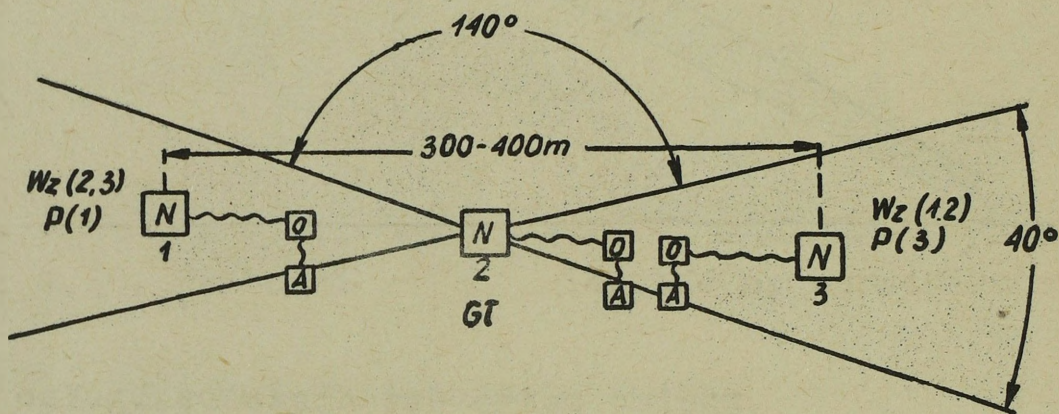
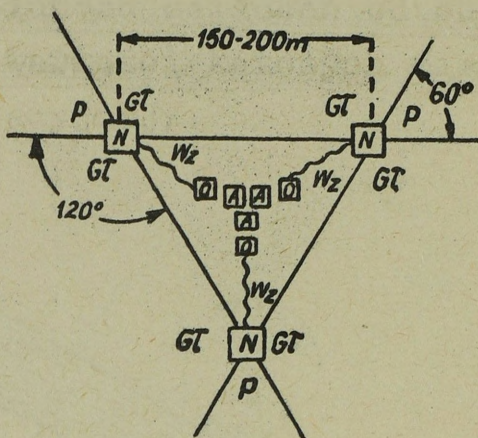
Rysunek 4.7. Zakłócanie rcb przez obiekt.

Kompania zakłóceń radiolokacyjnych celowników bombowych ugrupowuje plutonami. Poszczególne plutony rozmieszcza się w mniej więcej równych odległościach od siebie. Rozwiązanie takie należy uznać za optymalne, odległości pomiędzy plutonami są bowiem na tyle duże, że ich równoczesne niszczenie jest niemożliwe, a jeden pluton zakłóceń nie stanowi opłacalnego celu dla uderzenia jądrowego. Poszczególne plutony ugrupowują się najczęściej w trójkąt lub w linię, tak jak pokazano to na rysunku 4.9. Ugrupowanie kompanii zakłóceń radiolokacyjnych celowników bombowych przedstawia rysunek 4.8.



Rysunek 4.8. Ugrupowanie kompanii zakłóceń rcb w osłonie obiektu punktowego.

Dla ścisłości naukowej konieczne jest jeszcze jedno sprostowanie wynikające ze sposobu ugrupowania stacji zakłóceń SPB-5/7/ w plutonach. Z ugrupowania plutonów wynikają bowiem ograniczenia w użyciu poszczególnych stacji zakłóceń na dowolnym kierunku. Stacje te mogą swobodnie pracować jedynie w sektorach głównych. W sektorach pomocniczych praca ich jest niepożądana z uwagi na zakłócenia od listka tylnego wiązki promieniowania. Praca w sektorze wzbronionym jest niemożliwa, ponieważ występują silne zakłócenia urządzenia odbiorczego od głównego listka wiązki promieniowania. Wielkość sektorów głównych, pomocniczych i wzbronionych przedstawia rysunek /4.9/.



Rysunek 4.9. Wartość sektorów głównych, pomocniczych i wzbronionych przy ugrupowaniu plutonu w trójkąt i w linię.

Tak więc podane wyżej założenie, że każda stacja zakłóceń może obezwładniać radiolokacyjne celowniki bombowe samolotów nadlatujących z dowolnych kierunków jest tylko wtedy spełnione, gdy kursy lotu celów mieszczą się w granicach sektorów głównych i ewentualnie pomocniczych. W przeciwnym wypadku część stacji zakłóceń nie można będzie włączyć z uwagi na powstające w odbiornikach zakłócenia.

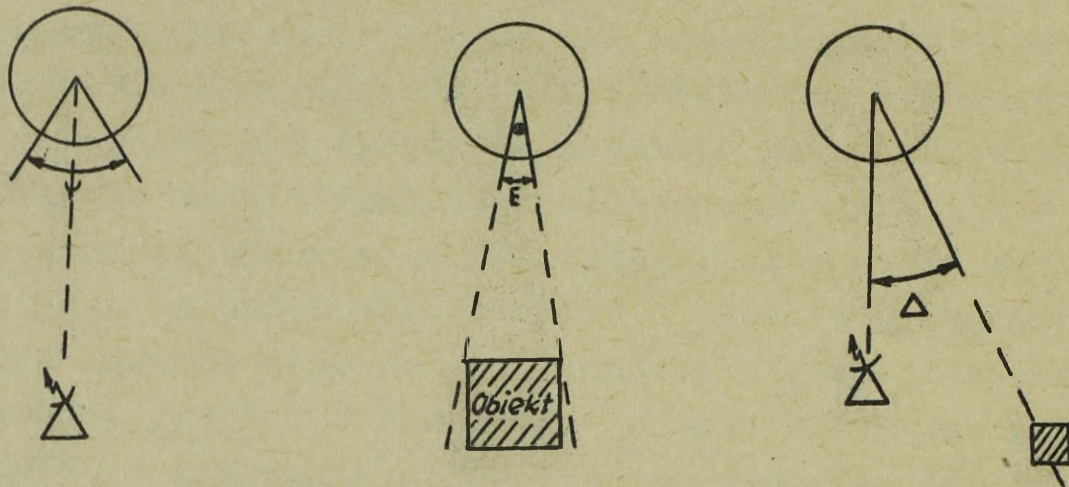
108

Pomimo to ugrupowanie plutonów zakłóceń w odległości 2.5-3 km od obiektu, przy zakłócaniu nisko lecących celów przez obiekt należy uznać za optymalne, umożliwia ono bowiem jednoczesne obezwładnienie największej liczby radiolokacyjnych celowników bombowych, jaką można uzyskać przy dysponowanej ilości środków zakłóceń.

Należałoby jeszcze wyjaśnić jaki sposób ugrupowania stacji zakłóceń w plutonie jest najracjonalniejszy. Spośród znanych sposobów ugrupowania stacji zakłóceń w plutonie najracjonalniejsze są ugrupowania w trójkąt i w linię /patrz rysunek 4.9/. Przy ugrupowaniu w trójkąt pluton ma możliwość użycia dwóch stacji zakłóceń na dowolnym kierunku, a przy ugrupowaniu w linię - trzech, lecz tylko w dwóch przeciwległych sektorach głównych. Przy osłonie obiektu punktowego można wszystkie plutony ugrupować w trójkąt lub wszystkie w linię prostopadłą do kierunku: pluton zakłóceń - obiekt. Możliwości takich ugrupowań są jednakowe i zapewniają użycie tej samej liczby stacji na każdym kierunku. Podane sposoby ugrupowania stosuje się, gdy kierunku nalotów nie można ustalić z dużą dokładnością. Chcąc wzmocnić osłonę obiektu w wybranym sektorze, można dwa plutony ugrupować w trójkąt, trzeci zaś, rozmieszczony za obiektem - w linię, jak to pokazano na rysunku /4.8/. Pozwoli to skupić wysiłek siedmiu stacji zakłóceń w sektorze prawdopodobnych głównych kierunków nalotów. Optymalne jest takie ugrupowanie stacji w plutonie, które najlepiej odpowiada istniejącej sytuacji taktycznej.

Przy osłonie obiektów powierzchniowych zbliżonych kształtem do koła, których promień nie przekracza 3-5 km, plutony zakłóceń ugrupowuje się również okrężnie. Odstępuje się w tym wypadku jednak od zasady osłony obiektu przez dowolny pluton z dowolnego kierunku, zastępując ją zasadą zakłócania przez każdy z plutonów w swoim sektorze. Dla osłony okrężnej sektory poszczególnych plutonów powinny się zazębiać. Konieczność stosowania nowej zasady wynika z wielkości znacznika, jaki zobrazowany zostaje na ekranie pokładowej stacji radiolokacyjnej i ukierunkowania sektora zakłóceń, którego dwusieczną stanowi linia łącząca stację zakłóceń z zakłóconą stacją radiolokacyjną. Dla lepszego zrozumienia powyższego

stwierdzenia rozpatrzmy zależności, jakie występują pomiędzy trzema wartościami kątowymi, którymi są: sektor zakłóceń Ψ , kąt odtworzenia obiektu E i wartość kątowa odsunięcia plutonu zakłóceń od obiektu Δ /wszystkie z wymienionych wartości kątowych mierzy się na ekranie stacji radiolokacyjnej/.



Rysunek 4.10. Wartości kątowe mierzone na wskaźniku rcb.

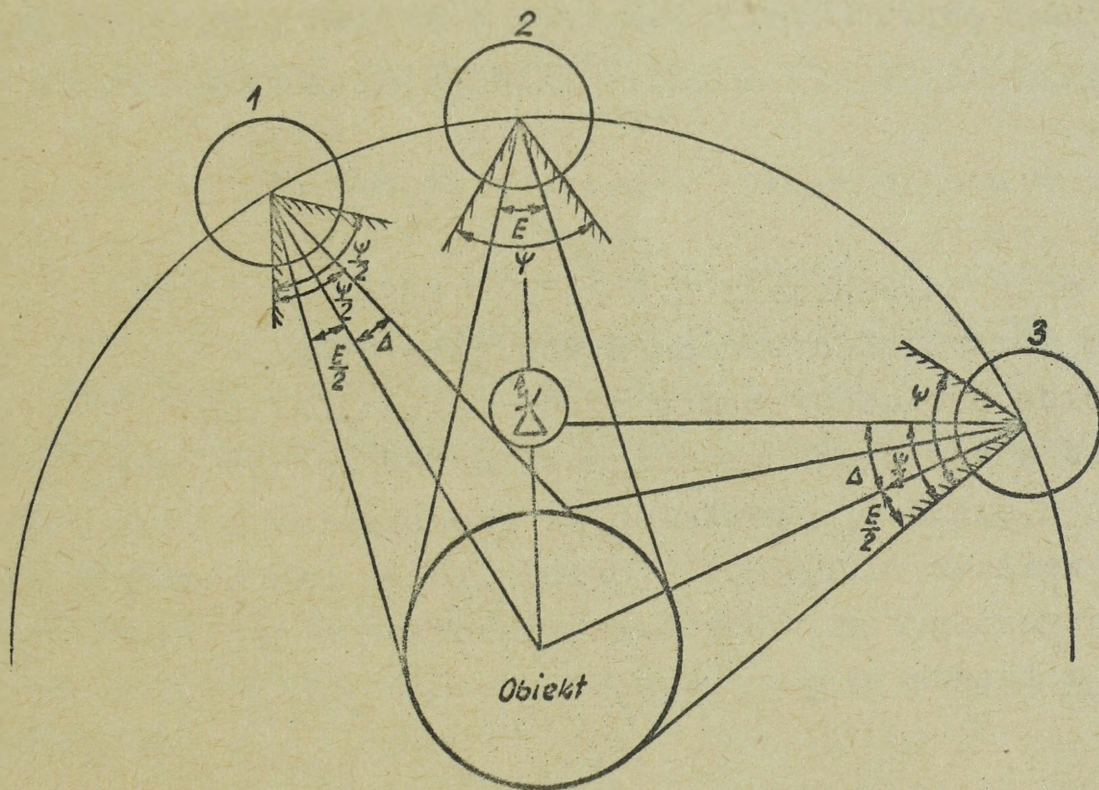
Posługując się zależnościami występującymi między podanymi wyżej wartościami kątowymi można określić, w jakich wypadkach przy prowadzeniu zakłóceń obiekt będzie niewidoczny. Nastąpi, to wówczas gdy spełniona zostanie nierówność:

$$\Delta < \frac{\Psi}{2} - \frac{E}{2} \dots\dots\dots /4.6/$$

Wyrażając to słowami: obiekt będzie niewidoczny w tym wypadku, kiedy kątowa wartość rozwarcia pomiędzy kierunkiem na stację zakłóceń i kierunkiem na środek obiektu /który uważamy za aktualny kurs samolotu/ Δ będzie mniejsza od różnicy kątowej wartości połowy sektora zakłóceń Ψ i połowy wartości kątowego zobrazowania obiektu "E".

Zagadnienie to wyjaśnia rysunek 4.11, na którym przedstawione są trzy aktualne kursy samolotów oznaczone cyframi 1, 2 i 3 oraz jedna stacja zakłóceń. Przy kursie:

1. $-\frac{E}{2} + \Delta < -\frac{\Psi}{2}$ obiekt jest niewidoczny;
2. $-\frac{E}{2} + \Delta < 0 < -\frac{\Psi}{2}$ obiekt jest niewidoczny;
3. $-\frac{E}{2} + \Delta > -\frac{\Psi}{2}$ obiekt jest widoczny.



Rysunek 4.11. Warunek krycia obiektu na ekranie radiolokacyjnym celownika bombowego.

Wartość graniczną, przy której znacznik obiektu na ekranie pokładowej stacji radiolokacyjnej położony będzie na skraju sektora zakłóceń, podaje równanie /4.7/.

$$\Delta = -\frac{\Psi}{2} - \frac{E}{2} \dots\dots\dots /4.7/$$

Wartość kątów ψ i E określa się w praktyce eksperymentalnie, dokonując pomiarów wykonanych przez własny samolot, Do obliczeń kąt ψ przyjmuje się najczęściej jako równy 60° .

Znając aktualne odsunięcie plutonu zakłóceń od środka obiektu:

$$R = r + d,$$

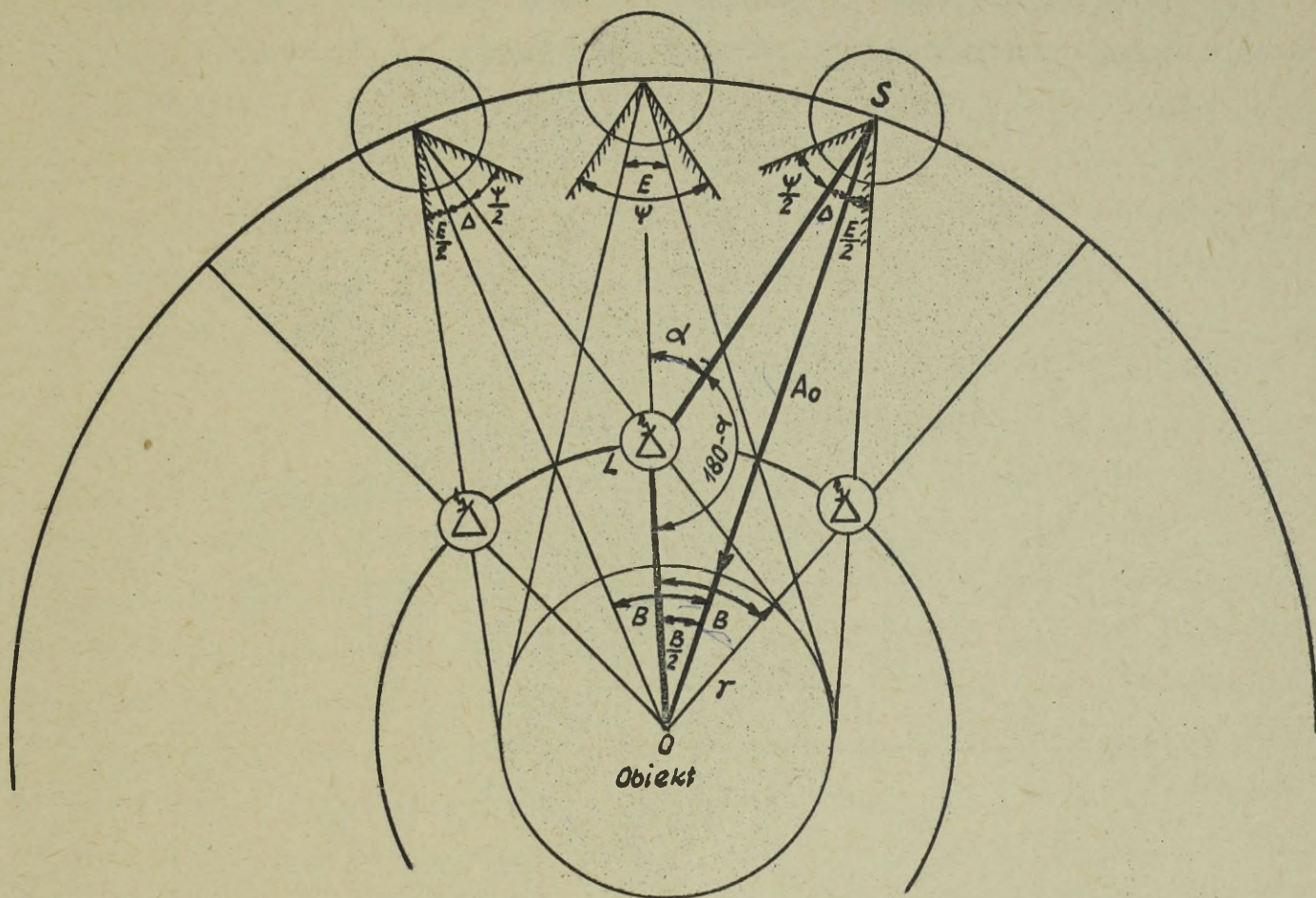
gdzie: r - promień obiektu;

d - liniowa wartość odsunięcia plutonu od granic obiektu gwarantująca jego bezpieczeństwo

i wartość kąta Δ , który jednoznacznie wyznacza graniczny kurs celu, przy którym w czasie prowadzenia zakłóceń obiekt jest niewidoczny /prosta O-S/, możemy określić kątową wartość rozstawienia plutonów zakłóceń przy założeniu, że zakłócenia będą prowadziły stacje rozmieszczone przed obiektem.

$$B = 2 / \alpha - \Delta / \dots\dots\dots / 4.8 /$$

Wartość sektora B , mierzona w środku obiektu, skupia wszystkie zbieżne kursy celów, których radiolokacyjne celowniki bombowe dany pluton może skutecznie zakłócać. Jest to więc jednocześnie sektor odpowiedzialności plutonu.



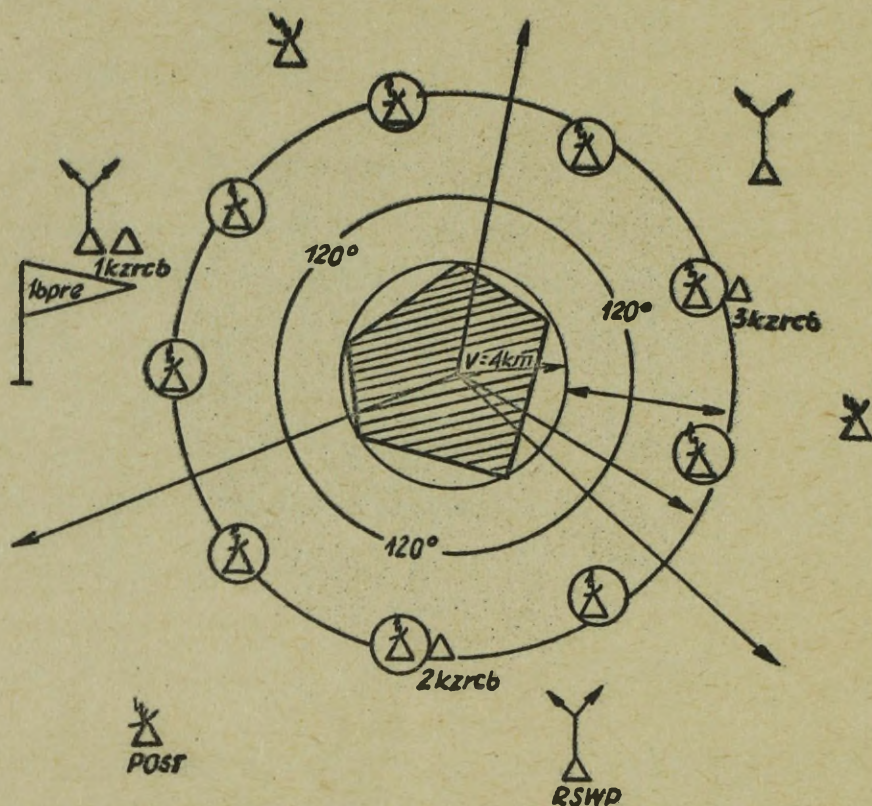
Rysunek 5.12. Zależności warunkujące obliczanie kąta B.

Przy znanej wartości kąta Δ zadanie obliczenia kąta B sprowadza się do obliczenia wartości kąta α . Dokonać tego można rozwiązując trójkąt IOS, w którym oprócz wartości kąta Δ znane są: wartość R /blok OL/ i $D_0 = r + A_0$ /blok OS/. Korzystając z twierdzenia sinusów określić bowiem można, że:

$$\alpha = \text{arc. sin} \frac{D_0 \cdot \sin \Delta}{R} \dots \dots \dots /4.9/$$

Przy założeniu, że promień obiektu $r = 4$ km odległość odsunięcia plutonów od obiektu $d = 3$ km; odstęp bombardowania $A_0 = 10$ km, szerokość sektora zakłóceń $\psi = 60^\circ$, kąt zobrazowania obiektu $E = 30^\circ$, wielkość kątego oddalenia pomiędzy plutonami wynosi około 42° . Dla zapewnienia osłony okrężnej należy więc użyć dziewięciu plutonów, co odpowiada siłom jednego batalionu. Nie zawsze jednak

113
tak duże siły będą potrzebne. Ilość potrzebnych sił warunkowana jest bowiem głównie wielkością obiektu.



Rysunek 5.13. Ugrupowanie plutonów przy zakłóceniu przed obiektem.

Jeśli przyjmimy wartość B jako kątowe rozwarście pomiędzy plutonami, doprowadzamy do sytuacji, w której sektory zakłóceń sąsiednich plutonów na rubieży odstępu bombardowania pokrywają się połową swych szerokości. Jest to zazębianie w zupełności wystarczające i może być uważane za optymalne.

Najracjonalniejsze w tym wypadku jest ugrupowanie poszczególnych stacji w plutonach w linii prostopadłe do najbardziej dogodnego kursu lotu celu, a więc tego, który przechodzi wzdłuż prostej: stacja zakłóceń-obiekt. Jednocześnie mogą bowiem prowadzić zakłócenia wszystkie trzy stacje. Przy takim ustawieniu ugrupowania plutonów, w którym każdy zakłóca w swoim sektorze, spodziewana gęstość nalotu z danego kierunku, przy której istnieje możliwość

zakłócania wszystkich celów, wynosi 1 cel na minutę. Niektórzy teoretycy uważają, że można tu brać pod uwagę nie liczbę stacji, a liczbę nadajników, sektor odpowiedzialności jest bowiem stosunkowo wąski. W tym wypadku gęstość ta wzrosłaby do trzech celów na minutę, a więc byłaby taka sama jak w przypadku osłony obiektu punktowego.

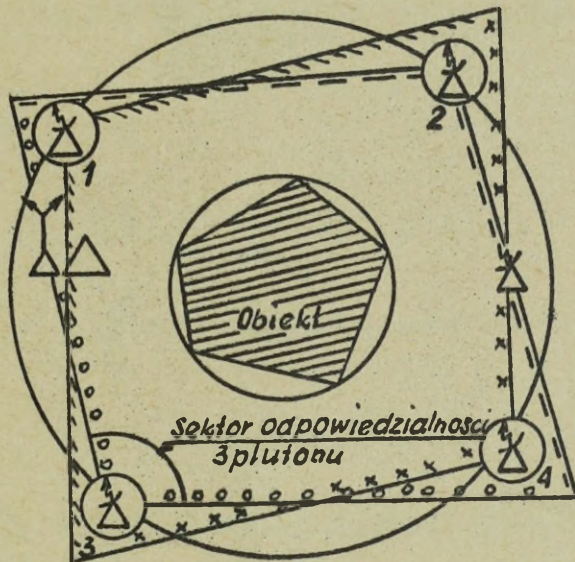
Ilość jednocześnie zakłócanych celów można zwiększać używając plutonów ugrupowanych za obiektem, z których minimum dwa będzie mogło prowadzić skuteczne zakłócanie. Łączne więc możliwości ugrupowania wtedy znacznie wzrosną, wyniosą bowiem do 3 celów na minutę przy niebraniu pod uwagę ilości posiadanych przez stację zakłóceń nadajników. Zagadnienie to stanie się bardziej zrozumiałe po zapoznaniu się z tego rodzaju ugrupowaniem przy którym zakłada się prowadzenie zakłóceń jedynie przez obiekt. Ugrupowanie dostosowane do tego rodzaju działania najczęściej jest stosowane w przypadku osłony obiektów o słabej kontrastowości radiolokacyjnej, a więc wykrywanych z niewielkich odległości oraz przy małej ilości sił i środków.

Wartość sektora B jest przy tym założeniu znacznie większa, ponieważ:

$$B = 2 / \alpha + \Delta / \dots \dots \dots /4.10/$$

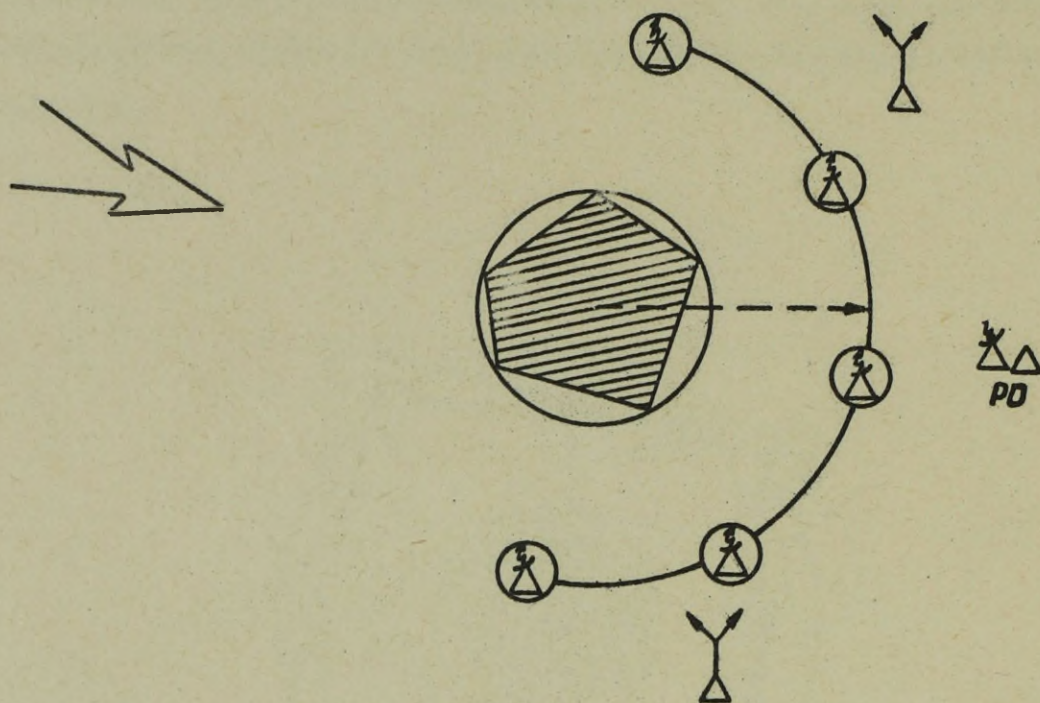
Wartość kąta α obliczamy przy wykorzystaniu twierdzenia sinusów z trójkąta /LOS/, w którym jako znane występują kąt Δ , odległość $R \in r + d$ /blok OL/ oraz odległość $D_0 = r + A_0$ /blok OS/.

się niewystarczające. Nie można tu bowiem brać pod uwagę ani wsparcia zakłóceń przez pozostałe plutony ugrupowania, ani posiadanej przez stację zakłóceń liczby nadajników.



Rysunek 4.15. Ugrupowanie plutonów przy zakłócaniu przez obiekt.

Oprócz podanych dwóch sposobów określonego ugrupowania plutonów, z których pierwsze tworzone było z myślą prowadzenia zakłóceń przez plutony rozmieszczone przed obiektem /patrz wyrażenie 4.8/, a drugie - przez plutony ugrupowane za obiektem /patrz wyrażenie 4.10/, stosuje się w wypadku osłony obiektów zbliżonych swym kształtem dookoła również ugrupowanie plutonów na półpierszcieniu.



Rysunek 4.16. Ugrupowanie plutonów na półpierzścieniu.

Ugrupowanie plutonów tworzy się w tym wypadku zgodnie z wyrażeniem /4.8/. Plutony rozmieszcza się - patrząc od strony głównego kierunku nalotów - za obiektem. Uzyskuje się przy tym możliwość zakłócenia wszystkich radiolokacyjnych celowników bombowych w głównym sektorze nalotów z gęstością do 2-3 samolotów na minutę, a w drugorzędym sektorze - z gęstością do 1 samolotu na minutę. Podany wyżej sposób ugrupowania ma tę zaletę, że wymaga posiadania mniejszej ilości środków niż przy ugrupowaniu tworzonym z myślą o zakłócaniu przed obiektem i ma większe możliwości w zakresie zakłócania na głównym kierunku nalotów niż ugrupowanie tworzony z myślą o zakłócaniu jedynie przez obiekt.

Należy więc podkreślić, że ugrupowanie plutonów na półpierzścieniu jest najracjonalniejsze w wypadkach, kiedy kierunek prawdopodobnych nalotów da się ustalić z dużą dokładnością.

Przy powierzchniowej osłonie wojsk i obiektów zasada ugrupowania kompanii i batalionu zakłóceń radiolokacyjnych celowników bombowych plutonami pozostaje w mocy. Pluton zakłóceń pozostaje też jednostką kalkulacyjną, na której podstawie tworzy się ugrupowanie kompanii lub batalionu. Każdy z plutonów zakłóceń w osłonie powierzchniowej jest w stanie osłonić pas terenu szerokości:

$$a = 2 A_0 \cdot \operatorname{tg} \frac{\psi}{2} \dots\dots\dots /4.11/$$

Głębokość pasa osłony plutonu wyraża równanie:

$$b = D_d - /S + A_0 + r/ \dots\dots\dots /4.12/$$

gdzie: D_d - zasięg stacji zakłóceń;

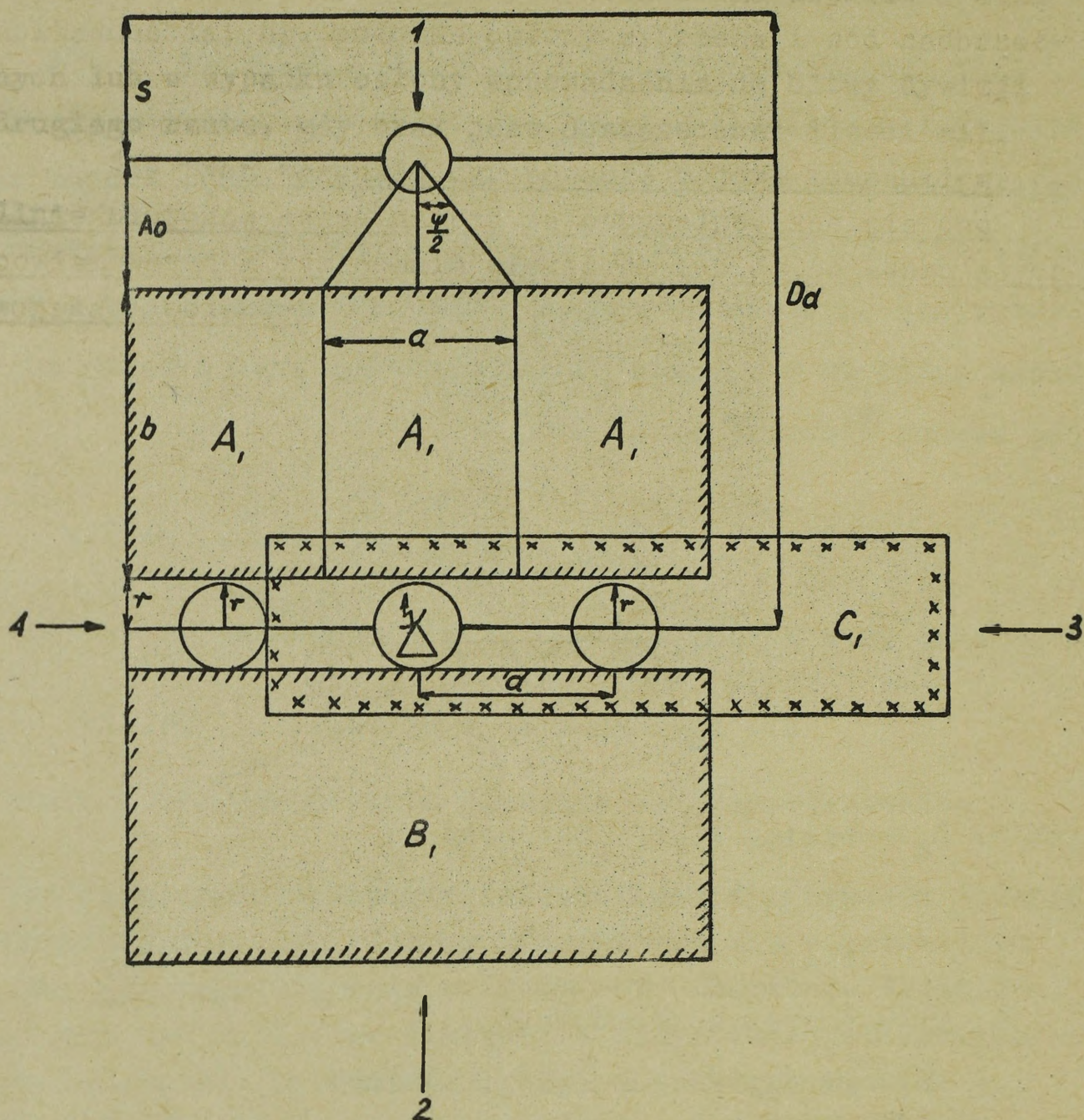
S - droga bojowa samolotu /prędkość razy czas celowania/

A_0 - odstęp bombardowania;

r - martwy stożek stacji zakłóceń.

Przy średnich parametrach lotu celu powierzchnia osłony jednego plutonu wynosi około 8 x 20 km.

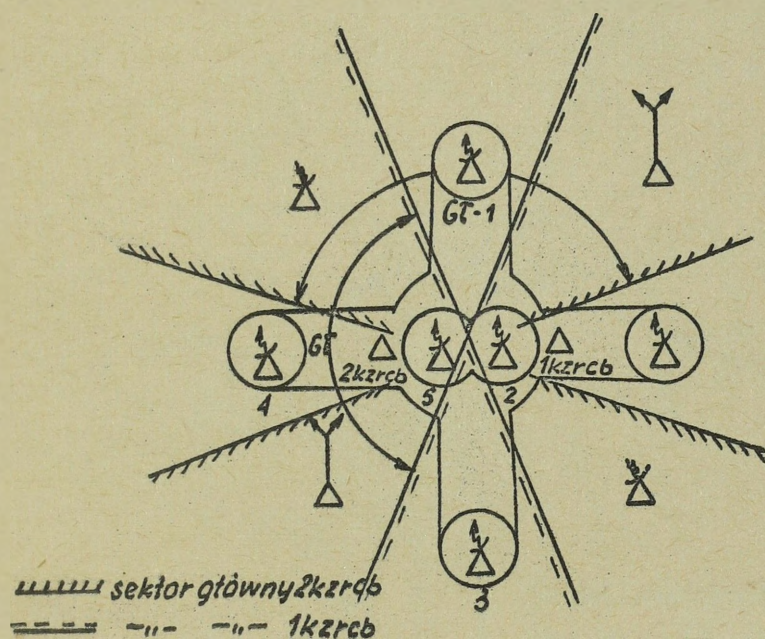
Przedstawione na rysunku /4.17/ ugrupowanie bojowe plutonów zakłóceń w linię kompanii, w którym poszczególne plutony ugrupowują się również najczęściej w linii /patrz rysunek 5.9/ prostopadle do głównego kierunku nalotów - jest ugrupowaniem jednostronnym. Umożliwia ono każdemu plutonowi osłaniać pas terenu szerokości "a" i głębokości "b" tylko przy określonych kursach lotu celów.



Rysunek 4.17. Ugrupowanie plutonów w linię plutonów i powierzchnia osłony kompanii.

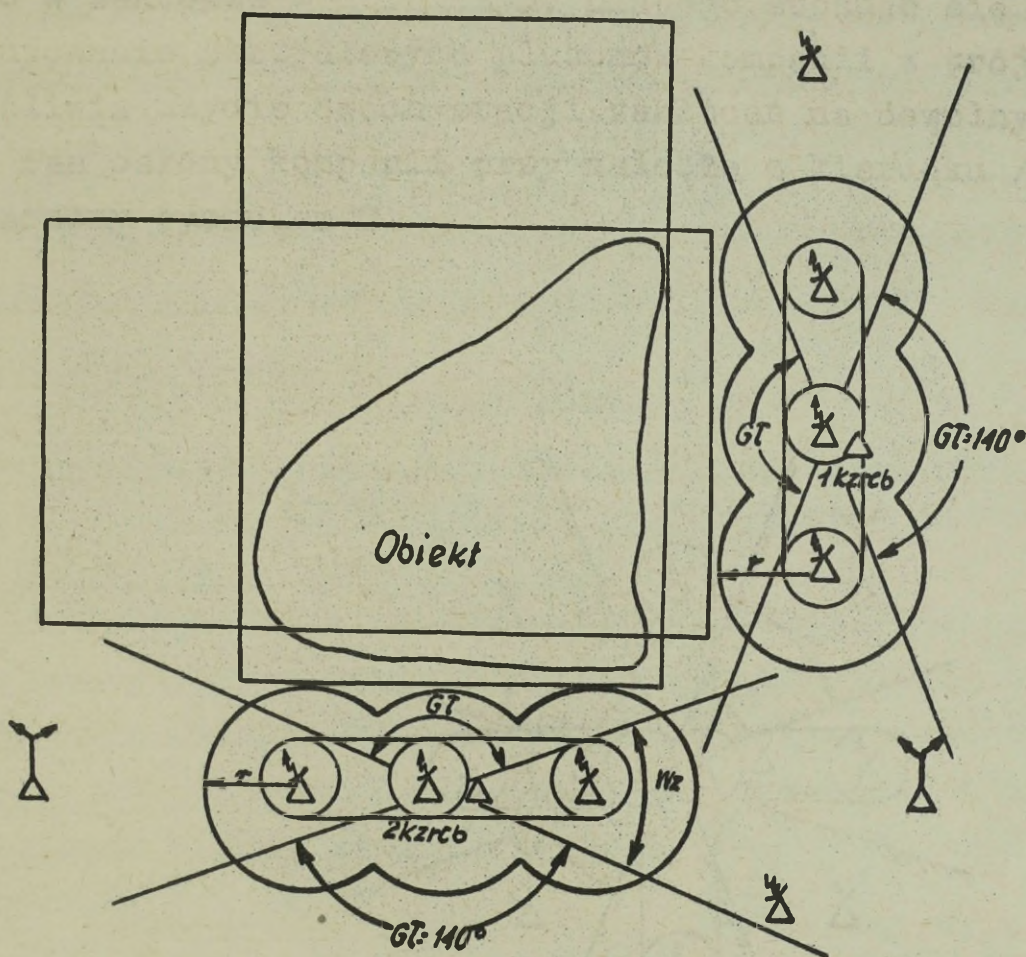
Tak więc przy kursach z kierunku oznaczonego jedynką /1 zbliżonych/ pas osłony stanowią powierzchnie oznaczone symbolem A. Natomiast przy kursach oznaczonych dwójką pas osłony stanowią powierzchnie oznaczone symbolem B. Każdy pluton jest w stanie skutecznie zakłócić cele, nadlatujące z gęstością do jednego samolotu na minutę. Jeżeli weźmie się pod uwagę warunki najbardziej sprzyjające, kiedy istnieje możliwość użycia trzech nadajników w każdej stacji zakłóceń, gęstość ta wzrośnie do trzech samolotów na minutę.

Przy nalotach z kierunków oznaczonych cyframi trzy i cztery możliwości kompanii są znikome, na kierunkach tych można bowiem użyć po jednej stacji zakłóceń z plutonu i to w sektorze pomocniczym. Dlatego stosuje się niekiedy ugrupowanie skrzydłowych plutonów kompanii w trójkąt, co umożliwia użycie dwóch stacji zakłóceń na dowolnym kierunku. Pas osłony kompanii przy nalocie z kierunku /3/ jest oznaczony symbolem C.



Rysunek 5.18. Ugrupowanie bojowe w krzyż.

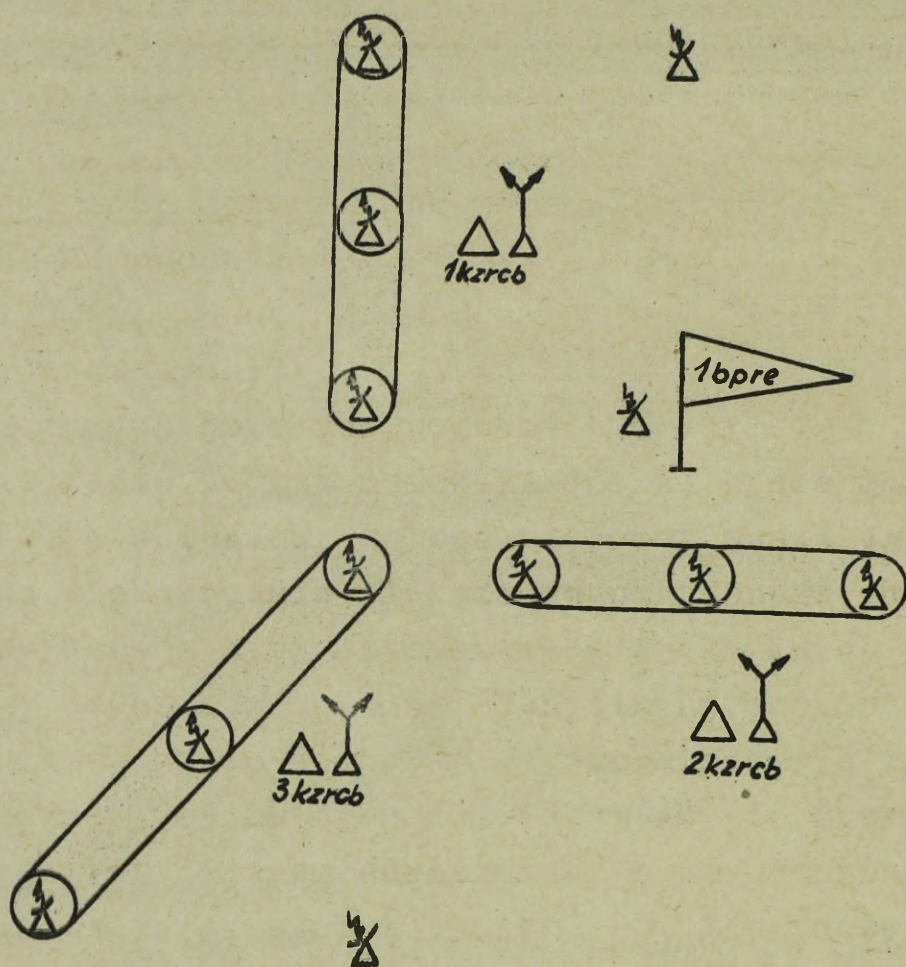
Tak więc ugrupowanie kompanii w linię plutonów nie zapewnia w zasadzie osłony wojsk i obiektów przy nalotach samolotów nieprzyjaciela na kursach równoległych /i zbliżonych/ do linii ugrupowania bojowego bowiem powierzchnia osłony znajduje się przed frontem ugrupowania bojowego kompanii. Tylko w wypadku ugrupowania skrzydłowych plutonów w trójkąt możliwe jest uzyskanie na tych kierunkach powierzchni osłony, reprezentowanej możliwościami dwóch stacji zakłóceń, a szerokości i głębokości zgodnej z wyrażeniami /4.11/ i /4.12/. Podany rodzaj ugrupowania bojowego stosuje się w wypadkach,



Rysunek 5.20. Ugrupowanie bojowe w literę L.

Do stworzenia takich ugrupowań wykorzystywane są jednak z reguły siły dwóch kompanii zakłóceń. Zaletą tych ugrupowań jest to, że zapewniają one osłonę wojsk i obiektów na kilku wybranych kierunkach nalotów nieprzyjaciela. Najracjonalniejszym ugrupowaniem bojowym jest ugrupowanie w krzyż, ponieważ zapewnia osłonę z dowolnego kierunku. Ugrupowanie w literę T zapewnia osłonę w sektorze 180 stopni, a w literę L - w sektorze 90°, Ugrupowanie bojowe w literę L stosuje się często jako odmianę ugrupowania bojowego na półpięścienu w wypadkach, gdy kształt obiektu odbiega od kształtu koła. Wyjaśnić należy, że we wszystkich podanych ostatnio sposobach ugrupowania bojowego nachylenie

poszczególnych linii ugrupowania bojowego plutonu może odbiegać od 90° . Warunki terenowe mogą też wpłynąć na to, że poszczególne linie nie będą całkowicie proste.



Rysunek 4.21. Ugrupowanie bojowe batalionu w gwiazdę.

Podane przykłady ugrupowania bojowego plutonów nie wyczerpują wszystkich możliwości. Na przykład dość często stosowanym ugrupowaniem bojowym batalionu jest ugrupowanie w tzw. gwiazdę, które przedstawia rysunek /4.21/. Ugrupowanie to stosuje się głównie do osłony wielkich rejonów kanalizujących ruch /na przykład w terenie lesisto-jeziornym/: rejonów przemarszu i rozwijania zgrupowań uderzeniowych armii itp. Nachylenie poszczególnych linii ugrupowania bojowego dobiera się odpowiednio do spodziewanych kierunków nalotów nieprzyjaciela. Uzyskać dzięki temu można bowiem

124

możliwość jednoczesnego zakłócania większej liczby celów na wybranych kierunkach i dostosować powierzchnię osłony poszczególnych plutonów do położenia obiektów. Na głównych kierunkach nalotów stosuje się również ugrupowanie plutonów w zmniejszonych odstępach, na przykład w odstępach równych połowie obliczonej według wyrażenia /4.11/ wartości a .

Możliwości każdego z podanych ugrupowań w odniesieniu do spodziewanej gęstości nalotów nieprzyjaciela określić można na podstawie sumowania możliwości poszczególnych plutonów na określonych kierunkach nalotów.

Nie można też w tym wypadku podać, które z przedstawionych ugrupowań jest bardziej racjonalne, ponieważ zależy to od położenia i charakteru obiektów osłony.

Przegrupowanie oddziałów i pododdziałów zakłóceń radiolokacyjnych celowników bombowych odbywa się najczęściej poszczególnymi kompaniami. Tylko w wyjątkowych sytuacjach, gdy odległość przegrupowania jest stosunkowo nieduża, a czasu jest mało - dopuszczalny jest wariant samodzielnego przegrupowywania plutonów.

Przegrupowanie całości sił batalionu w jednej kolumnie jest rzadko stosowane z uwagi na odległość ugrupowania poszczególnych kompanii i wykonywanie częstokroć różnych zadań.

Konieczność przegrupowania oddziałów i pododdziałów zakłóceń radiolokacyjnych celowników bombowych wynika ze zmiany ważności obiektów w czasie trwania operacji zaczepnej. Czas osłony jednego obiektu wahać się może od kilku godzin /przy osłonie wprowadzania dywizji drugiego rzutu do bitwy/ do kilku dni /przy osłonie mostów/.

Najbardziej niekorzystne jest takie użycie pododdziałów zakłóceń radiolokacyjnych celowników bombowych, w którym są one zmuszone odbywać długie marsze. Współczynnik ich bojowego wykorzystania jest bowiem wtedy najmniejszy. Najlepszym czasem na przegrupowanie jest okres dobrej widoczności /dzień, dobra pogoda/. W okresach tych radiolokacyjne celowniki bombowe i pokładowe stacje radiolokacyjne przeznaczone do nawigacji i rozpoznania są wykorzystywane przez nieprzyjaciela najmniej intensywnie.

Do zakłócania samolotowych stacji radiolokacyjnych przeznaczonych do bombardowania, rozpoznania i nawigacji może być użytych wiele znanych środków zakłóceń biernych, jak odbijacze katowe i dipolowe, maski płaskie - ekrany i maski pokrycia. Przy rozpatrywaniu ich wykorzystania lepiej jest mówić o sposobach ich racjonalnego użycia, niż o ugrupowaniu, albowiem pojęcie ugrupowania nie odpowiada w pełni treści dokonywanych zabiegów.

Odbijacze katowe, jak wspomniano wyżej, mogą być wykorzystane do budowy:

- masek zakłóceń;
- masek wyrównawczych;
- radiolokacyjnych obiektów pozornych.

W wypadku budowy masek zakłóceń, które mają na celu ukrycie ważnych obiektów, zaleca się, aby maska ta była powierzchniowo wielokrotnie większa od ukrywanego obiektu i aby była ona usytuowana niesymetrycznie w stosunku do obiektu.

Przy budowie masek zakłóceń dla ukrywania mostów na szerokich przeszkodach wodnych przyjmuje się, że maska zakłóceń powinna mieć 2-3 km długości i równać się szerokości rzeki wraz z przyległym terenem odróżniającym się kontrastem radiolokacyjnym od pozostałości terenu. Maska taka może więc mieć wymiary około 2-3 x 0,5-1 km.

Geometryczne prawdopodobieństwo trafienia w tak ukryty most bombą lub pociskiem klasycznym, przy wykorzystaniu radiolokacyjnego celownika bombowego, ustalić można przez porównanie wielkości powierzchni obiektu i powierzchni maski zakłóceń.

$$P = \frac{S_{ob}}{S_m} \dots\dots\dots /4.13/$$

gdzie: P - prawdopodobieństwo trafienia obiektu;

S_{ob} - powierzchnia obiektu;

S_m - powierzchnia maski zakłóceń.

Przy powierzchni mostu równej na przykład 3000 m² i maski zakłóceń równej 3000000 m² prawdopodobieństwo to wyniesie 0,001, co jest liczbą znikomą.

Jeżeli wziąć pod uwagę uderzenie jądrowe średniego kalibru, którego powierzchnia rażenia dla mostów stałych wynosi 785000 m^2 , to prawdopodobieństwo zniszczenia przykładowo obranego mostu przy powierzchni maski zakłóceń 3000000 m^2 i zrzuconiu bomby przy celowaniu w maskę wyniesie 0,26, co wskazuje również na opłacalność maskowania.

Za pomocą wyrażenia /4.13/ określić można prawdopodobieństwo trafienia /zniszczenia/ dowolnego obiektu. Wyrażenie to może więc być miernikiem skuteczności maskowania drogą budowy przeciwradiolokacyjnych masek zakłóceń.

Optymalnego rozwiązania w tym zakresie nie można podać, ponieważ różna wielkość prawdopodobieństwa P uważana może być za dostateczną dla osiągnięcia pozytywnych rezultatów. Rzeczą pewną jest natomiast, że każda mniejsza od jedności wartość prawdopodobieństwa P jest korzystna i że tym bardziej jest ona zadowalająca, im wartość ta jest mniejsza.

Aby maska zakłóceń spełniła swoje zadanie, użyte do jej budowy odbijające kątowne powinny mieć odpowiednią skuteczną powierzchnię odbicia, a ich ustawienie powinno odpowiadać radioelektronicznej charakterystyce terenu i parametrom obserwującej stacji radiolokacyjnej. Przyjęto, że przy budowie maski zakłóceń przed obserwacją powietrzną odbijające kątowne należy rozstawiać w odległości 100-120 metrów od siebie.

Przy budowie masek wyrównawczych, których zadaniem jest na przykład ukrycie wodnych punktów orientacyjnych /jeziora, zakola rzek/, powierzchnia maski powinna się równać wielkości maskowanego terenu. Zasady doboru odbijaczy kątowych i ich rozstawienia w terenie nie różnią się od zasad podanych wyżej.

W wypadku budowy radiolokacyjnych obiektów pozornych skuteczne powierzchnie odbicia odbijaczy kątowych powinny być odpowiednio dobrane zgodnie z wyrażeniami /2.38, 2.39/, a ich rozstawienie w terenie powinno odpowiadać konfiguracji obiektów rzeczywistych. Stopień skuteczności pozoracji przeciwradiolokacyjnej nie może być dokładnie z góry określony, ponieważ zależy on od inwencji wkładanej zarówno w maskowanie, jak i w rozpoznanie. Jeżeli chodzi o urządzenia samoczynne, montowane w głowicach pocisków kierowanych, to prowadzone maskowanie prawie zawsze okazuje się skuteczne.

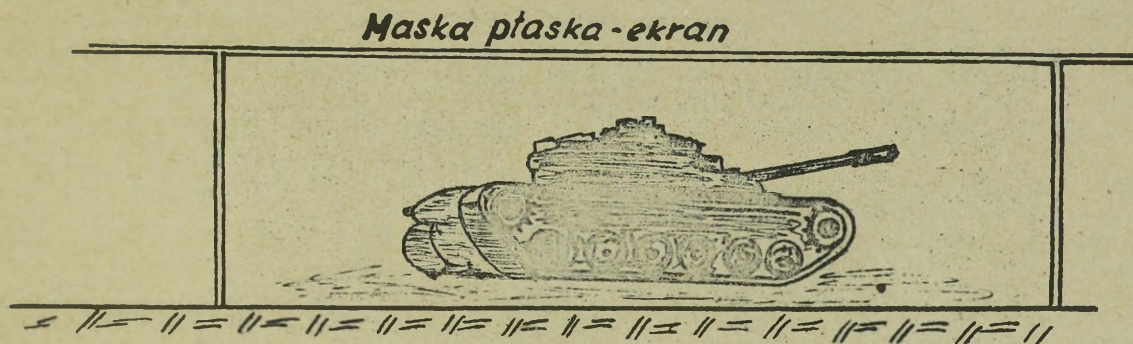
Jeżeli natomiast chodzi o urządzenia wykorzystywane bezpośrednio przez człowieka, to nie wdając się w szczegóły związane z maskowaniem można stwierdzić, że w wypadku wybudowania w rejonie rzeczywistego obiektu czterech podobnych obiektów pozornych prawdopodobieństwo tego, że obiekt rzeczywisty zostanie rozpoznany, będzie wynosiło 0,2. Ogólnie można to wyrazić zależnością:

$$P = \frac{1}{1+n} \dots\dots\dots /4.14/$$

gdzie: P - prawdopodobieństwo wykrycia obiektu rzeczywistego;
n - ilość obiektów pozornych.

Maski płaskie ekrany i maski pokrycia stosuje się głównie do maskowania obiektów małych /techniki bojowej/, których zobrazowanie następuje na jednej elementarnej powierzchni rozróżniania. Ponieważ rzeczywista powierzchnia obiektów podlegających maskowaniu jest z zasady mniejsza od powierzchni rozróżniania, wprowadzonym działaniem chodzi o to, aby zniwelować kontrast radiolokacyjny pomiędzy maskowanym obiektem i tłem terenu /patrz wyrażenie 2.45 i 2.46/. Aby spełnić to wymaganie, stosowane maski powinny się odznaczać odpowiednią konstrukcją, a materiały używane do ich budowy - specjalnymi właściwościami.

Maski płaskie-ekrany powinny posiadać płaskie ciągle kształty /dopuszczalna średnica oczek siatki $\frac{1}{6}$ - $\frac{1}{8}$ długości fali/. Wymiary ich powinny być na tyle duże, aby maskowane obiekty nie były widoczne pod żadnym kątem widzenia. Dla spełnienia warunku dobrego odbicia wykonuje się je z dobrych przewodników elektryczności /głównie z metali/ i ustawia pod określonym kątem do kierunku obserwacji.



Rysunek 4.22. Ustawienie maski płaskiej-ekranu dla maskowania przed obserwacją powietrzną.

Maski płaskie-ekrany są dobrymi środkami maskowania i umożliwiają całkowite ukrycie obiektów przed rozpoznaniem radiolokacyjnym.

Maski pokrycia nakłada się bezpośrednio na maskowane obiekty. Odznaczają się one różną zdolnością do pochłaniania i rozpraszania fal elektromagnetycznych. Mogą być wykonywane fabrycznie lub sposobem gospodarczym z materiałów podręcznych. Wymaganą grubość tych materiałów dla maskowania przed obserwacją powietrzną - w oparciu o podręcznik "Maskowanie przeciwradiolokacyjne"/Wyd.MON.Sztab Gen. 346/64/ - podaje tabela 4.1.

Tabela 4.1

Materiał	Długość fali w centymetrach	
	0,8	3,2
świeży chrust	1,5	3
suchy chrust	3	6
suche sitowie /słoma/	5	12
tarcica	1,5	2,5

Zakłócanie naziemnych stacji radiolokacyjnych przeznaczonych do obserwacji obiektów pola walki może być prowadzone przy użyciu środków biernych stosowanych przez wojska lądowe i lotnictwo oraz lotniczych środków zakłóceń aktywnych.

Wojska lądowe przeciwko tego rodzaju RLS stosują odbijacze kątowe, maski płaskie-ekrany oraz materiały podręczne. Zasady ich użycia nie różnią się od podanych w części dotyczącej zakłócania samolotowych stacji radiolokacyjnych. Zmieniają się jedynie sposoby ich wykorzystania /ustawiania/. Tak więc na przykład maski płaskie-ekrany ustawia się nie poziomo, lecz w pozycji pochylej. Odbijacze kątowe podwieszają się na specjalnych wspornikach. Prawdopodobieństwo zniszczenia obiektów naziemnych przez artylerię i broń raketową, które do prowadzenia ognia wykorzystują dane naziemnych stacji radiolokacyjnych możemy obliczyć - podobnie jak i w przypadku zakłócania pokładowych stacji radiolokacyjnych - na podstawie wyrażenia /4.13/ i /4.14/. Decyduje w tym wypadku bowiem wielkość wykonywanych masek zakłóceń i ilość pozornych obiektów oraz inwencja i pomysłowość w działaniu.

Użycie lotniczych środków przeciwko tym stacjom radiolokacyjnym sprowadza się do stosowania odbijaczy dipolowych, które stosować może również artyleria i nadajników zakłóceń szumowych zrzuconych na spadochronach i instalowanych na samolotach.

Zasłony z odbijaczy dipolowych w celu maskowania wojsk i obiektów naziemnych przed rozpoznaniem przez stacje radiolokacyjne artylerii i wojsk lądowych nieprzyjaciela mogą być ustawiane przez artylerię i lotnictwo. Zasłona z odbijaczy dipolowych powinna być ustawiana w rejonie obiektów podlegających osłonie lub przed nimi, co jest bardziej racjonalne, szczególnie w przypadku maskowania obiektów ruchomych.

W celu całkowitego ukrycia obiektów gęstość odbijaczy dipolowych w zasłonie powinna być odpowiednio duża /patrz wyrażenie /2.32/, przy czym zasłona ta powinna być właściwie usytuowana w stosunku do osłanianych obiektów. Żadaną gęstość odbijaczy dipolowych uzyskuje się prowadząc w miarę intensywny ogień artylerii lub utrzymując odpowiednie tempo zrzucania paczek z samolotu. Zrzutu paczek odbijaczy dipolowych przy

maskowaniu obiektów naziemnych dokonywać należy z wysokości około 500 metrów. Tak ustawioną zasłonę należy podtrzymywać przez pewien okres czasu, bowiem prędkość opadania taśm metalizowanych wynosi około 120 metrów na minutę, a włókna szklanego - około 60-90 metrów na minutę. Zasłona z odbijaczy dipolowych powinna być znacznie szersza niż pas rozmieszczenia maskowanych obiektów.

Zasady wyrażające optymalne warunki użycia nadajników zakłóceń zrzucających na spadochronach, w celu obezwładniania stacji radiolokacyjnych pracujących w relacji ziemia-ziemia, są identyczne z tymi, jakie stosuje się przy zakłócaniu łączności przeciwnika. Nadajniki te stosuje się grupowo po 2-5 w jednym rejonie, zrzucając je w pobliżu pracujących RLS przeciwnika. Aby utrudnić wykrycie i niszczenie tych nadajników, zrzutów najlepiej dokonywać w nocy lub pod osłoną zasłon dymnych i ognia. Nadajniki te najlepiej jest stosować w terenie o urozmaiconej powierzchni i pokryciu. Należy je również osłaniać minami i ogniem broni pokładowej.

Przedstawienie optymalnych sposobów zakłócania stacji radiolokacyjnych pracujących w relacji ziemia-ziemia przez urządzenia instalowane na samolotach następcza trudności ponieważ dostępna literatura pomija milczeniem ten temat. Można się więc oprzeć jedynie na tych wiadomościach, które zostały zawarte w poprzednich rozdziałach niniejszego opracowania. Wynika z nich, że moc sygnału zakłócającego mierzona na układach wejściowych stacji radiolokacyjnej musi być odpowiednio większa od mocy sygnału odbitego od obiektu. Parametry i występujące pomiędzy nimi zależności, które warunkują utrzymanie tej przewagi na żądanym poziomie, podaje dla rozpatrywanego wypadku równanie /2.25/.

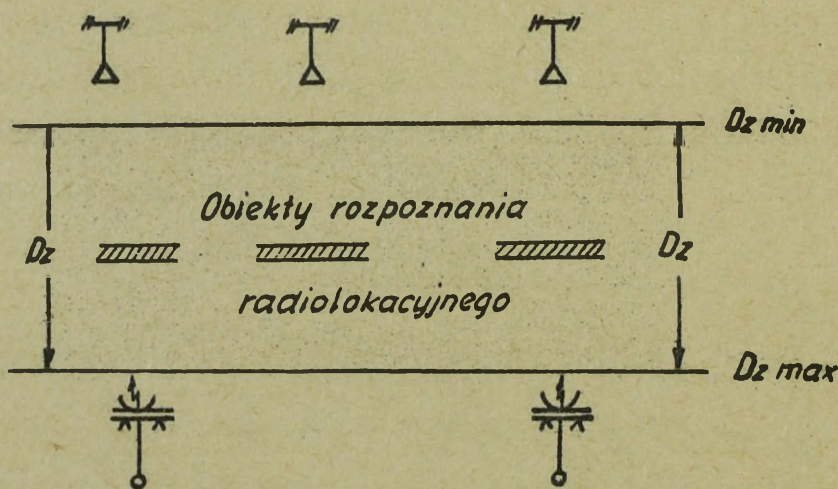
Pierwszym więc warunkiem optymalnego prowadzenia zakłóceń stacji radiolokacyjnych omawianego typu będzie posiadanie nadajnika zakłóceń o odpowiedniej mocy i zysku antenowym.

Reprezentowana przez dany nadajnik moc i zysk kierunkowy anteny umożliwiają prowadzenie zakłóceń stacji radiolokacyjnej, która obserwuje stały lub ruchomy obiekt naziemny /prędkość obiektów naziemnych jest niewielka/ z odległości, którą można wyliczyć po przekształceniu równania /2.25/. Wynosi ona:

$$D_{z_{max}} = \sqrt{\frac{P_z \cdot G_z \cdot 4 \sqrt{\lambda} \cdot D_c^4}{P_{RLS} \cdot G_{RLS} \cdot \int \cdot k_z^2 \cdot V^2} \dots \dots \dots /4.15/}$$

Moc i zysk kierunkowy anteny nadajnika zakłóceń spełniać muszą uzyskanie dodatnich wartości. $D_{z_{max}}$. W przeciwnym bowiem wypadku zaistnieje zjawisko strefy otwartej /patrz rys.2.8/ i znaczniki obiektów naziemnych będą obserwowane na tle zakłóceń. Przy dodatnich wartościach $D_{z_{max}}$, w miarę zbliżania się samolotu z nadajnikiem zakłóceń do zakłócanej RLS, intensywność zakłóceń będzie narastać, ponieważ odległość do obserwowanego przez stację radiolokacyjną obiektu D_c jest stała, a odległość zakłóceń D_z maleje. Dla tego więc wypadku strefa otwarta nie będzie istniała. Nie wnikając w szczegóły można zatem stwierdzić, że stacja radiolokacyjna przeciwnika będzie zakłócana do momentu, gdy stosujący te zakłócenia samolot znajdzie się nad zakłócaną RLS, a ściślej mówiąc - na granicy stożka martwego jej charakterystyki promieniowania, która to wartość określi wielkość $D_{z_{min}}$. W ten sposób otrzymujemy wartość drogi zakłóceń:

$$D_z = D_{z_{max}} - D_{z_{min}} \quad /4.16/$$



Rysunek 4.23. Pas zakłóceń naziemnych RLS z samolotu.

Uogólniając pojęcie drogi zakłóceń D_z na działanie kilku samolotów z nadajnikami zakłóceń przeciwko kilku stacjom radiolokacyjnym, otrzymamy pokazany na rys. /4.24/ pas zakłóceń. Jest to pas wszystkich możliwych położzeń samolotów zakłócających, z których zakłócenia będą wystarczająco intensywne do całkowitego obezwładnienia stacji radiolokacyjnych przeciwnika. Pas ten aktualny jest dla warunków kiedy: moce i zyski antenowe nadajników zakłóceń są równe sobie, a moce i zyski antenowe stacji radiolokacyjnych również równe sobie /występują RLS jednego typu i nadajniki zakłóceń również jednakowego typu/; skuteczne powierzchnie odbicia obiektów obserwowanych przez RLS i odległości do nich są równe. W wypadku gdy któryś z tych parametrów ulegnie zmianie, ulega również zmianie wielkość i usytuowanie pasa zakłóceń. Tak więc jeżeli będziemy brali pod uwagę zakłócanie nawet jednego typu RLS przeciwnika /co jest konieczne z uwagi na zakłócany zakres pracy/ i przy użyciu identycznych nadajników zakłóceń, szerokość pasa zakłóceń może być różna i powinna być każdorazowo ustalana na podstawie równania /4.16/.

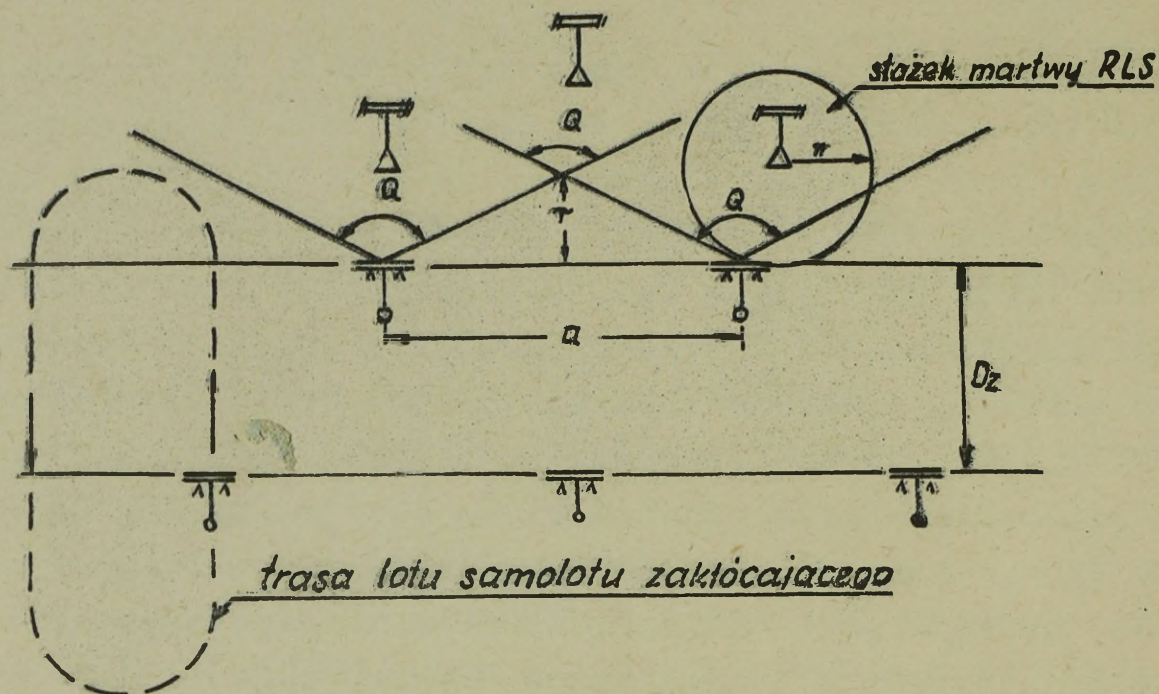
Mamy zatem ustalony drugi warunek optymalnego prowadzenia zakłóceń.

Dla pełności obrazu optymalnego stosowania zakłóceń w omawianym wypadku pozostaje jeszcze do omówienia taktyka samolotów stosujących zakłócenia. Z uwagi na to, że charakterystyki promieniowania stacji radiolokacyjnych służących do wykrywania obiektów naziemnych, posiadają niewielkie wymiary pionowe, samoloty zakłócające powinny działać na małych wysokościach.

Odstęp pomiędzy samolotami w szyku, jeżeli lecą one w kierunku zakłócanych RLS /patrz rysunek 4.24/, powinien wynosić:

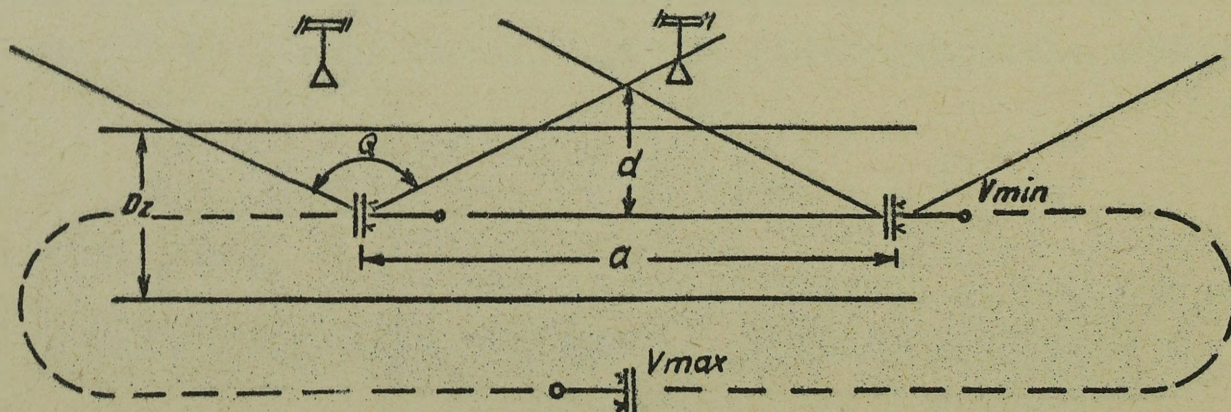
$$a = 2 r \cdot \operatorname{tg} \frac{Q}{2} \dots\dots\dots /4.17/$$

- gdzie: a - odstęp pomiędzy samolotami;
- r - promień martwego stożka RLS pierwszej linii na wysokości lotu samolotów;
- Q - szerokość charakterystyki promieniowania nadajnika zakłóceń w płaszczyźnie pochyłej.



Rysunek 4.24. Ugrupowanie samolotów zakłócających.

Ponieważ wartość pasa zakłóceń jest ograniczona, dla zapewnienia ciągłości zakłóceń za pierwszym rzutem samolotów zakłócających powinien lecieć drugi i kolejne w odstępie równym wartości D_z . Liczba samolotów w jednym rzucie powinna odpowiadać szerokości zakłócanego ugrupowania stacji radiolokacyjnych przeciwnika. Natomiast liczba samolotów potrzebnych do ciągłego zakłócania w określonym przedziale czasu zależy od prędkości lotu na różnych odcinkach trasy /w pasie zakłóceń wolniej; poza nim - szybciej/, szerokości pasa zakłóceń i manewrowości samolotów, które działać mogą na trasach zbliżonych do elipsy.



Rysunek 4.25. Ugrupowanie samolotów zakłócających

Lepszym rozwiązaniem - z uwagi na działanie znad własnego terenu - jest branie trasy samolotów zakłócających wzdłuż linii frontu, jak to pokazano na rysunku /4.25/. Ponieważ samoloty działają w tym wypadku na większej i stałej odległości od RLS pierwszej linii nieprzyjaciela, odstęp pomiędzy nimi wynosi:

$$a = 2 d \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \dots\dots\dots /4.18/;$$

gdzie: d - odległość kursu lotu samolotów od linii ugrupowania bojowego RLS nieprzyjaciela.

Za optymalne ugrupowanie samolotów zakłócających uważa się ugrupowanie, w którym sektory charakterystyk promieniowania nadajników zakłóceń zalebiają się co najmniej na linii ugrupowania stacji radiolokacyjnych nieprzyjaciela. Był to trzeci z opisywanych warunków skuteczności zakłóceń prowadzonych przez nadajniki zainstalowane na samolotach oddziałujących na stacje radiolokacyjne pracujące w relacji ziemia-ziemia.

Należy stwierdzić, że - z uwagi na możliwość poruszania się z niewielką prędkością i osiągane pułapy - na nosiciele nadajników zakłóceń RLS pracujących w relacji ziemia-ziemia lepiej nadają się śmigłowce niż samoloty. Wydaje się, że klucz śmigłowców z aparaturą zakłócającą, na szczeblu dywizji pozwoliły rozstrzygnąć wszystkie problemy związane z tym zagadnieniem.

Do zakłócania stacji radiolokacyjnych pracujących w relacji ziemia-powietrze lotnictwo może używać szumowych i impulsowych nadajników zakłócających, odbijaczy kątowych; samolotów - celów pozornych i odbijaczy dipolowych. Różnorodność techniczna i różne wykorzystanie ^{taktyczne} tego typu stacji radiolokacyjnych i stosowanych środków zakłóceń zmuszają do napisania oddzielnej rozprawy na temat ugrupowania środków zakłóceń - zarówno z uwagi na mnogość występujących problemów, jak i ich niewystarczające sprecyzowanie i omówienie w polskiej literaturze wojskowej. Jedynie dział dotyczący stosowania odbijaczy dipolowych nie budzi zastrzeżeń, w związku z czym odsyła się Czytelników niniejszej pracy do podręcznika "Zakłócenia bierne

oraz sposoby i urządzenia do ich stosowania przeciwko środkom radiolokacyjnym" /Wyd. MON OPK 130/64. Warszawa 1967 r./.

Pozostałe problemy omówimy ogólnie lub na wybranych przykładach. Przy prowadzeniu aktywnych zakłóceń szumowych lub impulsowych, których zadaniem jest ukrycie znacznika od celu wśród zakłóceń, najbardziej racjonalnym ugrupowaniem samolotów zakłócających jest ich lot przed ugrupowaniem osłanianych samolotów, ponieważ prowadzi to do zmniejszenia strefy otwartej RLS /patrz wyrażenia 2.29 i 2.30/. Dopuszczalną kątową wartość uchylenia kursu samolotu zakłócającego od kursu samolotów osłanianych wyraża w tym wypadku równanie /2.31/.

Przy stosowaniu zakłóceń impulsowych, mających na celu pozorowanie dużej liczby /fałszywych/ celów, położenie samolotu zakłócającego może być dowolne. Chodzi w tym wypadku jedynie o utrzymanie wystarczająco ścisłego kontaktu z zakłócanymi RLS, co opisuje równanie zasięgu radiolatarni /2.20/.

Natomiast w tych wypadkach, gdy chodzi o zakłócanie stacji radiolokacyjnych sterowanych automatycznie na podstawie porównania par impulsów odbitych od celu /o wirujących wiązkach promieniowania/, oprócz warunków opisanego równaniem /2.20/, samolot zakłócający musi być opromieniowywany przez wiązkę zakłócającej RLS. Przy omawianym sposobie zakłóceń chodzi o rozkołysanie automatycznie sterowanej anteny RLS dodatkowymi, zakłócającymi impulsami, które powodują powstanie fałszywego impulsu błędu. Zakłócenia tego rodzaju nazywa się często kątowymi.

Stosowanie odbijaczy kątowych i pozornych samolotów - celów ma najszersze zastosowanie w zakresie zwalczania ognia rakiet przeciwlotniczych telesterowanych, jak wiadomo, przy użyciu stacji radiolokacyjnych /rozieszczonych na ziemi lub również w głowicach pocisków/.

Odbijacz kątowy o dużej skutecznej powierzchni odbicia może być przysłowiową deską ratunku dla samolotu, w którego kierunku wystrzelona została rakietą. Po wyrzuceniu odbijacza kąтового samolot ten powinien wykonać nagły manewr wysokością lub kursem. Istnieje duże prawdopodobieństwo, że sterowana z ziemi lub częściej własnym urządzeniem samonaprowadzającym rakietą uderzy właśnie w odbijacz kątowy.

Sposób użycia samolotów - celów pozornych uzależniony jest od typu rakiet przeciwlotniczych i stosowanych w tych oddziałach środków radiolokacyjnych oraz ich ilości w danym ugrupowaniu bojowym.

Problem polega bowiem na tym, aby stworzyć taką, mylną zresztą, sytuację taktyczną w rejonie obiektu osłony, w której dany system naprowadzania rakiet byłby przeciążony. Jeśli więc w rejonie obiektu znajdują się trzy pododdziały rakiet, z których każdy posiada po jednej stacji naprowadzania, wystarczy na podejściach do obiektu użyć 3-4 samolotów - pozornych celów, aby mogły one zagospodarować wymienione pododdziały rakietowe. Kursy lotu i czas odpalenia samolotów - celów pozornych powinny być dostosowane do ugrupowania i parametrów technicznych omawianych pododdziałów rakietowych. Samoloty bojowe powinny wchodzić w strefę ognia rakiet w czasie, gdy zwalczają one cele pozorne.

Odbito 30 egz.

Egz.nr 1-30 bibl.tajna

Wyk.ppłk ZAKRZEWSKI

Druk.K.L.

Nr.ks.01920/WW

Kok M-5

WYKAZ LITERATURY ZRODŁOWEJ

1. Zasady Przeciwdziałania Radioelektronicznego. Podręcznik. Wyd. MON. Szt.Gen. 368/65 Warszawa 1966.
2. Zakłócenia Bierne oraz Sposoby i Urządzenia do ich stosowania Przeciwno Srodkom Radiolokacyjnym. Podręcznik. Wyd. MON OPK 130/64. Warszawa 1967.
3. Maskowanie przeciwradiolokacyjne. Podręcznik. Wyd. MON. Szt.Gen. 346/64 Warszawa 1965 r.
4. Przeciwdziałanie Radioelektroniczne i Srodki Zabezpieczenia Łączności Radiowej Lotnictwa przed zakłóceniami. Podręcznik. Wyd. MON. Lot. 404/61. Warszawa 1961.
5. Taktyka Wojsk Radiotechnicznych. Podręcznik. Wyd. MON. Lot. 433/61. Warszawa 1963 r.
6. Cechy Demaskujące Urządzeń Radioelektronicznych Państw NATO. Podręcznik. Wyd. MON Szt.Gen. 348/64. Warszawa 1965 r.
7. Srodki Łączności Radiowej Sił Lądowych i Powietrznych Wielkiej Brytanii. Wyd. MON. Szt.Gen. Zarząd II. Warszawa 1963 r.
8. Radiostacje Samolotowe Sił Zbrojnych Stanów Zjednoczonych. Wyd. MON. Sztab Gen. Zarząd II Warszawa 1965 r.
9. Organizacja przeciwdziałania radioelektronicznego w Wojskach OPL Frontu. Biuletyn Informacyjny nr 3/65. Wyd. MON Sztab Gen. Warszawa, lipiec 1964 r.
10. Przeciwdziałanie radioelektroniczne w Wojskach Lotniczych i Obrony Przeciwlotniczej.
11. Przeciwdziałanie radiowe w Wojskach Lądowych. Biuletyn Informacyjny nr 3/38 Wyd. MON. Szt.Gen. Warszawa lipiec 1959 r.
11. Zagadnienia Wojny Elektronicznej w Stanach Zjednoczonych. Wojsk. Przegląd Zagraniczny. Warszawa 1961 r.
12. AN. Wołżyn, W.A. Janowicz. Protiwodiolokacja. Wojennoje Izdatelstwo Ministra Obrony Sojuza SSR. Moskwa 1960 r.
13. kpt.dypl.nawig. I. Frankiewicz. Przeciwdziałanie radioelektroniczne stosowane w lotnictwie operacyjnym w celu pokonania systemu OPL przeciwnika. Myśl Wojskowa nr 2/1964 r.
14. Betz, C.R. dr. Właściwości promieniowania podczerwonego. Tłum. WPZagr. nr 2/1960 r.

15. Płk dypl. St. Lewandowski. Ogólne zasady planowania, organizacji i prowadzenia przeciwdziałania radiowego na szczeblu armii. Skrypt. Wyd. ASG. Rembertów 1965 r.
16. mjr dypl. Czesław Wroński. Bierne i czynne zakłócanie pracy naziemnych stacji radiolokacyjnych systemu obrony powietrznej nieprzyjaciela. Skrypt. Wyd. ASG. Rembertów 1965 r.
17. ppłk dr Zbigniew Paluch, ppłk dr Michał Zakrzewski. Przeciwdziałanie Radioelektroniczne w systemie OPL wojsk. Podręcznik. Wyd. ASG 1966 r.
18. mjr Michał Zakrzewski. Artlyeryjska obrona przeciwlotnicza obiektu na obszarze kraju przy stosowaniu obustronnego radioelektronicznego przeciwdziałania. Praca dyplomowa. Wyd. ASG 1961 r.
19. mjr T. Semenowicz. Zastosowanie oddziałów i pododdziałów radioelektronicznego przeciwdziałania w obronie przeciwlotniczej wojsk. Myśl Wojskowa nr 4/62.

