



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
im. Generała Broni Karola Świerczewskiego

ODDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA
KATEDRA WOJSK OPK

JAWNE

Egz. Nr 1

ppłk dypl. Czesław WRÓŃSKI

**„CZYNNE I BIERNE ZAKŁÓCENIE NAZIEMNYCH
I POKŁADOWYCH STACJI RADIOLOKACYJNYCH”**

Skrypt



40863
BIBLIOTEKA NAUKOWA ASB WP
Instytut Badawczy Specjalnych Sił Zbrojnych
Ks. 0010

WARSZAWA

MAJ

1972



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
im. Generała Broni Karola Szwerczewskiego

ODDZIAŁ WOJSK OPK I LOTNICTWA
KATEDRA WOJSK OPK

JAWNE

~~XXXXXXXXXX~~
~~XXXXXXXXXX~~
~~XXXXXXXXXX~~
Egz. Nr 1

ppłk dypl. Czesław WRÓŃSKI

**„CZYNNE I BIERNE ZAKŁÓCENIE NAZIEMNYCH
I POKŁADOWYCH STACJI RADIOLOKACYJNYCH”**

Skrypt



40863

BIBLIOTEKA NAUKOWA ASB WP
Instytut Badawczy Specjalnych
Nr 0014

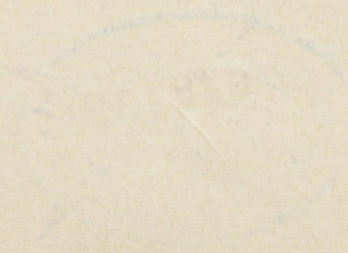
1870

1870

1870

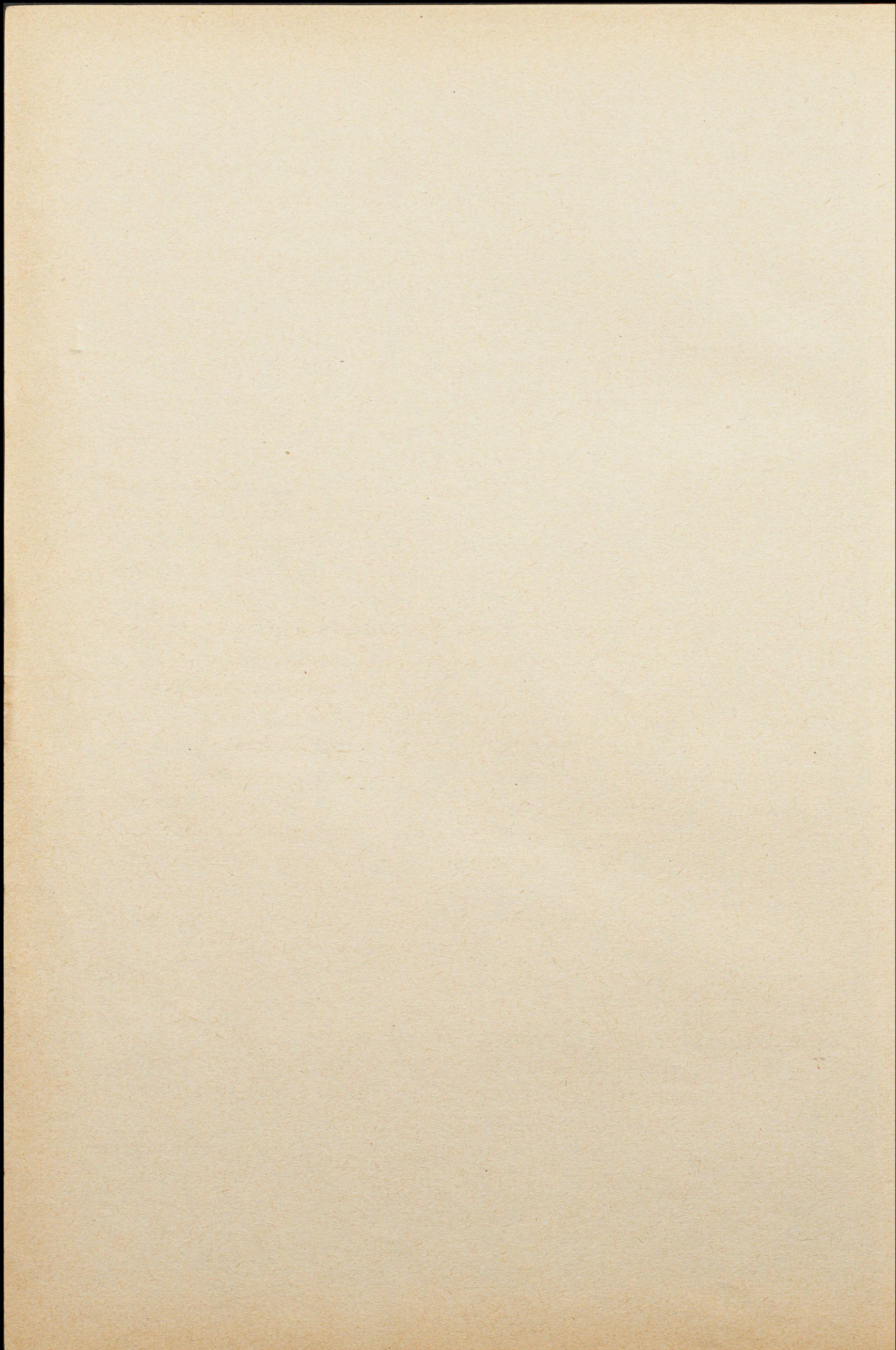
THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

1870



TREŚĆ SKRYPTU

1. WSTEP.....	5
I. OGÓLNE WIADOMOŚCI O ZAKŁÓCANIU STACJI RADIOLOKACYJNYCH	7
1. Klasyfikacja zakłóceń radiolokacyjnych	7
2. Charakterystyka poszczególnych rodzajów zakłóceń czynnych	9
3. Zakres własnych przedsięwzięć przeciwdziałania radioelektronicznego	13
4. Srodki przeciwdziałania radioelektronicznego	14
II. ZAKŁÓCENIA BIERNE I ZASADY ICH ZASTOSOWANIA	16
1. Metalizowane elementy odbijające	16
2. Ilość zrzuconych elementów odbijających w zależności od technicznych parametrów stacji radiolokacyjnych	18
3. Określenie niezbędnej ilości elementów odbijających w paczoe dla uzyskania ekwiwalentnej skutecznej powierzchni odbicia w stosunku do skutecznej powierzchni odbicia maskowanego obiektu powietrznego	23
4. Sposoby realizacji zakłóceń biernych w oddziałach i związkach taktycznych lotnictwa operacyjnego.....	26
5. Zakłócenia bierne pracy stacji radiolokacyjnych przeciwnika	43
III. ZAKŁÓCENIA CZYNNY I ZASADY ICH ZASTOSOWANIA	50
1. Porównanie pod względem energetycznym nadajnika zakłóceń ze stacją radiolokacyjną	50
2. Oddziaływanie nadajnika zakłóceń na stację radiolokacyjną w zależności od odległości, szerokości i intensywności podświetlonego sektora	53
3. Określenie niezbędnej mocy i zasięgu zakłócenia pracy stacji radiolokacyjnych	56
4. Metoda obliczania skutecznego sektora zakłóceń ...	65
5. Możliwości stosowania zakłóceń czynnych	71
6. Wykorzystanie zakłóceń czynnych	75
BIBLIOGRAFIA	80



W S T Ę P

=====

Współczesną obronę powietrzną charakteryzuje bardzo duży stopień nasycenia różnego rodzaju środkami elektronicznymi. Szczególne miejsce wśród nich zajmuje radiolokacja, która - dzięki swym zaletom oraz szybkiemu rozwojowi - znalazła zastosowanie we wszystkich rodzajach sił zbrojnych oraz wojsk w różnych działaniach bojowych.

Radiolokacja pozwoliła przede wszystkim znacznie zwiększyć zasięg wykrywania celów powietrznych, który waha się w granicach od kilkudziesięciu do kilku tysięcy kilometrów /w zależności od przeznaczenia RLS/, niezależnie od warunków atmosferycznych.

Intensywny rozwój techniki radiolokacyjnej umożliwił także wyposażenie współczesnych samolotów w różnorodne urządzenia radiolokacyjne spełniające różne zadania. Dzięki tym urządzeniom zależność działań bojowych sił powietrznych od warunków atmosferycznych i od pory doby sprowadzono do minimum.

Wyposażenie wojsk w urządzenia radiolokacyjne spowodowało szybkie doskonalenie metod i środków przeciwdziałania radiolokacyjnego. Przeciwdziałanie to ma na celu zmniejszenie lub całkowite uniemożliwienie skutecznej pracy urządzeń radiolokacyjnych przeciwnika na polu walki. Podstawą realizacji zadań przeciwdziałania radiolokacyjnego są wady, wynikające z metody radiolokacji, a których istota polega na tym, że nadajniki radiolokacyjne promieniują impulsy sondujące o dużej mocy, aby uzyskać sygnał odbity od celu o dostatecznej energii.

Właściwość ta pozwala wykryć pracę stacji radiolokacyjnej, określić jej miejsce rozlokowania i parametry techniczne z odległości przekraczającej zasięg jej wykrywania.

Istotną wadą stacji radiolokacyjnych jest bardzo mała możliwość rozróżniania na ekranie wskaźnika celów rzeczywistych od fałszywych /pozornych/ ze względu na:

- podobne zobrazowanie sygnałów odbitych od różnych obiektów ;
- podobne zobrazowanie sygnałów elektromagnetycznych specjalnie wytworzonych przez nadajniki zakłóceń.

Właściwość ta pozwala maskować ugrupowanie bojowe samolotów lecących wykonać zadanie, jak również wytwarzać cele fałszywe

/pozorne/, wprowadzające w błąd rozpoznanie radiolokacyjne przeciwnika.

Urządzenia odbiorcze stacji radiolokacyjnych odbierają sygnały odbite od obiektów o stosunkowo niewielkiej mocy rzędu $10^{-12} + 10^{-14}$ W. Z tego też względu, wystarczy dysponować nadajnikiem zakłóceń o niewielkiej mocy dla wytwarzania skutecznych zakłóceń, tj. spełnienie warunku $P_z > P_s$.

Oprócz wymienionych najważniejszych wad ogólnych są jeszcze wady charakterystyczne tylko dla określonych typów stacji radiolokacyjnych. Przy organizacji przeciwdziałania systemom radiolokacyjnym przeciwnika należy wykorzystywać zarówno ogólne wady wpływające z metody radiolokacyjnej, jak i konkretne ujemne cechy charakterystyczne określonych typów stacji radiolokacyjnych. Dlatego też wszelkie przedsięwzięcia związane z przeciwdziałaniem radiolokacyjnym powinny być oparte na danych z rozpoznania.

Niniejszy skrypt ma na celu zaznajomienie słuchaczy kursów LO ASG z zasadniczymi problemami stosowania zakłóceń biernych i czynnych naziemnych systemów radiolokacyjnych, zabezpieczających użycie aktywnych środków obrony powietrznej przeciwnika. Ponadto może być wykorzystany jako literatura dodatkowa przez słuchaczy kursów OPK ASG oraz oficerów wojsk lotniczych zajmujących się powyższą problematyką.

I. OGÓLNE WIADOMOŚCI O ZAKŁÓCANIU NAZIEMNYCH STACJI RADIOLOKACYJNYCH OP NIEPRZYJACIELA

1. Klasyfikacja zakłóceń radiolokacyjnych

Pracę stacji radiolokacyjnych można zakłócać energią elektromagnetyczną o różnej modulacji i parametrach, która dostaje się do odbiornika poprzez system antenowy bezpośrednio na wejście lub jeden ze stopni wzmocnienia odbiornika. Przeszkadzają to w wydzielaniu odbitego od celu użytecznego sygnału na wyjściu odbiornika. Ujemna cecha ta została wykorzystana do zakłócania urządzeń odbiorczych nieprzyjaciela.

Zakłócenia mogą być różnego rodzaju i pochodzić z różnych źródeł /patrz rys. 1/. Można je podzielić na zakłócenia celowe /umyślne/ wytwarzane specjalnie dla zakłócenia pracy stacji radiolokacyjnych i przypadkowe /niecelowe/ powstałe na skutek pracy sąsiednich urządzeń radioelektronicznych i zjawisk atmosferycznych oraz odbić od przedmiotów terenowych /zakres centymetrowy/.

Zakłócenia celowe - można z kolei podzielić na zakłócenia bierne i czynne. Wytwarza się je po to, ażeby na ekranie wskaźnika stacji radiolokacyjnej ukryć użyteczny sygnał odbity od celu i uniemożliwić operatorowi określenie danych współrzędnych oraz charakterystyki celu. Zakłócenia czynne oddziałują na wszystkie urządzenia odbiorcze pod warunkiem, że: nadajnik zakłóceń jest nastrojony na częstotliwość zakłócanego odbiornika, wiązka energii elektromagnetycznej skierowana jest na zakłócaną urządzenie odbiorcze, urządzenie odbiorcze jest w zasięgu skutecznych zakłóceń i $\Delta f_z \approx \Delta f_s / \Delta f_z$ - pasmo częstotliwości zakłóceń Δf_s - pasmo częstotliwości przepuszczania zakłócanego urządzenia odbiorczego. Zakłócenia bierne z zasady oddziałują tylko na te urządzenia radioelektroniczne, które pracują na zasadzie odbitej energii elektromagnetycznej.

Zakłócenia przypadkowe również można podzielić na bierne - powstające w następstwie odbicia energii wypromieniowanej przez stację radiolokacyjną od miejscowych przedmiotów terenowych i zjawisk atmosferycznych

nych oraz c z v n n e - wytwarzane przez aparaturę promie - niującą energię elektromagnetyczną na częstotliwościach zgod - nych z roboczą częstotliwością stacji radiolokacyjnej, a także powstałe na skutek burz magnetycznych. Do zakłóceń czynnych za - licza się również wzajemne zakłócenia, powstające przy pracy urządzeń radioelektronicznych, rozmieszczonych w niewłaściwy sposób na pozycji. Badania nad powyższym problemem wykazały, że środki radioelektroniczne rozmieszczone na pozycjach w odle - głościach pomiędzy sobą przewidzianych instrukcjami nie dają gwarancji całkowitej eliminacji wzajemnych zakłóceń.

W niniejszej pracy będzie rozpatrzony każdy rodzaj za - kłóceń, przy czym zasadnicza uwaga będzie zwrócona na zakłó - cenia celowe /zakłócenia czynne i bierne/, które są szczegól - nie niebezpieczne dla pracy stacji radiolokacyjnych.

2. Charakterystyka poszczególnych rodzajów zakłóceń czynnych

Celowe zakłócenia czynne wytwarzane przez nadajniki za - kłóceń są to takie zakłócenia, które przeszkadzają urządzeniom odbiorczym w wydzielaniu sygnałów użytecznych. Według skutecz - ności oddziaływania na urządzenia wskaźnikowe stacji radioloka - cyjnych zakłócenia czynne można podzielić na: tłumiące /masku - jące/ i imitujące /dezinformujące/.

Z a k ł ó c e n i a t ł u m i ą c e /maskujące/ całko - wicie lub częściowo maskują użyteczny sygnał w urządzeniu od - biorczym. Wytwarza się je w celu uniemożliwienia lub utrudnie - nia wydzielenia sygnału użytecznego na wskaźniku RLS. Zakłóce - nia wywołują całkowite /wskaźnik podświetlony dookoła/ lub częściowe świecenie ekranu stacji radiolokacyjnej /wskaźnik podświetlony w sektorze/ i tym samym maskują znaczniki od ce - lów.

Z a k ł ó c e n i a i m i t u j ą c e /dezinformacyjne/ pojawiające się na ekranie wskaźnika RLS, częściowo lub całko - wicie podobne są do sygnału użytecznego.

Za pomocą zakłóceń imitujących stwarza się na ekranach stacji radiolokacyjnych pozorne /fałszywe/ cele, które unie - możliwiają częściowo lub całkowicie określenie danych celu rzeczywistego.

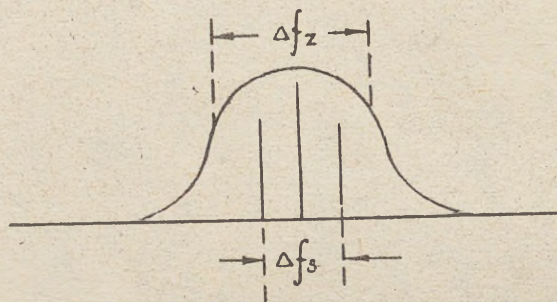
Nadajniki zakłóceń dla imitacji celów powietrznych i nawodnych posiadają obecnie bardzo szerokie zastosowanie. Typowym urządzeniem dla wypracowania zakłóceń imitujących /dezinformacyjnych/ są stacje odzewowe. Przyjmują one sygnały promieniowane przez stację radiolokacyjną, wzmacniają je, modułują poziomą informację i prawie momentalnie emitują energię elektromagnetyczną dokładnie na tejże samej częstotliwości, na której sygnały te były przyjęte.

Zakłócenia imitujące z energetycznego punktu widzenia są ekonomiczniejsze w porównaniu z maskującymi.

Zakłócenia czynne ze względu na szerokość pasma promienionych częstotliwości dzieli się na: wąskopasmowe /selektywne/ i szerokopasmowe /zaporowe/.

Zakłócenia wąskopasmowe przeznaczone są dla zakłócenia pracy stacji radiolokacyjnych na jednej z wybranych fal. Przedstawiają one sobą energię elektromagnetyczną wypromieniowaną w wąskim paśmie częstotliwości, współmierną z pasmem przepuszczania urządzenia odbiorczego /rys. 2/ to jest

$$\Delta f_z \approx \Delta f_s$$



Rys. 2. Zakłócenia wąskopasmowe

Dokładność zestrojenia częstotliwości zakłóceń z częstotliwością sygnału użytecznego określa się ich różnicą

$$\delta_f = f_z - f_s$$

/1/

Czym mniejsza jest ta różnica, tym większa dokładność zestrojenia częstotliwości, a tym samym zakłócenia sygnału użytecznego są skuteczniejsze. Dlatego dokładność naprowadzania nadajnika zakłóceń w częstotliwości wymaga wykorzystania skomplikowanej aparatury rozpoznawczej.

Współmierność pasma zakłóceń z pasmem sygnału użytecznego zabezpiecza najbardziej skuteczne wykorzystanie mocy nadajnika zakłóceń. Na przykład pasmo częstotliwości zakłóceń dla zakłócenia pracy RLS przeważnie wynosi kilka megaherców. Pozwala to nadajnikom o niedużej mocy stwarzać zakłócenia z dużą gęstością mocy, wystarczającą dla zakłócenia pracy stacji radiolokacyjnej.

Gęstość mocy zakłóceń jest to stosunek całkowitej mocy promieniowanej do szerokości pasma częstotliwości promieniowanej przez nadajnik zakłóceń:

$$P = \frac{P_{nz}}{f_z}, \quad /2/$$

gdzie: P_{nz} - moc nadajnika zakłóceń

f_z - szerokość pasma zakłóceń.

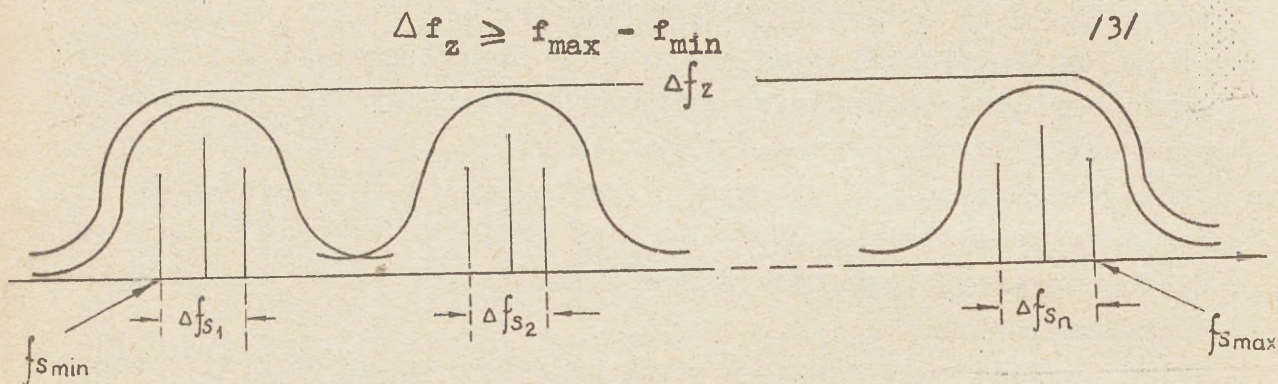
Współczesne wąskopasmowe nadajniki zakłóceń zakresu centymetrowego pozwalają wytwarzać gęstość mocy zakłóceń do 50-60 W/MHz.

Ujemną cechą zakłóceń wąskopasmowych jest to, że można zakłócać pracę tylko jednego kanału /jedną częstotliwość/. Ułatwia to obronę stacji radiolokacyjnych od zakłóceń przez ich przestrojenie na inną częstotliwość /gdy jest jednokanałowa/ lub przez zmianę kąta położenia anteny w płaszczyźnie pionowej /gdy jest stacja wielokanałowa/. Zastosowanie zakłóceń wąskopasmowych wymaga posiadania na każdą częstotliwość oddzielnego nadajnika zakłóceń, a to z kolei przy organizacji zakłóceń wymaga dużej ilości nadajników. Na przykład dla skutecznego zakłócenia stacji radiolokacyjnej P-30 należy posiadać pięć nadajników zakłóceń centymetrowego zakresu oraz jeden nadajnik zakresu decymetrowego.

Zakłócenia szerokopasmowe /rys. 3/ przeznaczone są dla jednoczesnego zakłócenia kilku



pracujących stacji o różnych częstotliwościach. Przedstawiają one sobą wypromieniowanie energii elektromagnetycznej w szerokim paśmie częstotliwości, to jest:



Rys. 3. Zakłócenia szerokopasmowe

Zakłócenia tego rodzaju mogą obejmować znaczne pasmo dowolnego zakresu częstotliwości, wykorzystywanego w urządzeniach radiolokacyjnych.

Dla wytwarzania zakłóceń szerokopasmowych o niezbędnej gęstości mocy potrzebne są nadajniki zakłóceń o dużej mocy.

Podstawową zaletą zakłóceń szerokopasmowych jest to, że można nimi zakłócać, jednocześnie kilka stacji radiolokacyjnych przeciwnika pracujących na różnych częstotliwościach. Ponadto nie potrzeba naprowadzania w częstotliwości oraz zmniejsza się w poważnym stopniu niezbędną ilość nadajników zakłóceń.

Ze względu na promieniowanie energii elektromagnetycznej zakłócenia czynne dzielą się na kierunkowe i niekierunkowe /dookólne/.

Zakłócenia kierunkowe promieniowane są na określony obiekt zakłócenia.

Zakłócenia niekierunkowe /dookólne/ promieniowane są we wszystkie strony z jednakową intensywnością.

Zakłócenia czynne, ze względu na rodzaj modulacji drganiai sygnałów przeszkadzających, można podzielić na niemodulowane i modulowane.

Zakłócenia niemodulowane przedstawiają sobą drgania sinusoidalne wielkiej częstotliwości na częstotliwości pracy RLS.

Cechą charakterystyczną zakłóceń niemodulowanych jest to, że cała promieniowana energia skoncentrowana jest na jednej częstotliwości nośnej. Przy zakłóceniach tego rodzaju powstaje przeciążenie kanału odbiorczego.

Sposób ten nie posiada szerokiego zastosowania dlatego, że można uodpornić stacje radiolokacyjne na zakłócenia bardzo prostymi metodami.

Zakłócenia modulowane przedstawiają sobą drgania wysokiej częstotliwości modulowane w amplitudzie, fazie lub częstotliwości.

W zależności od rodzaju modulowanego sygnału modulacja amplitudowa może być harmoniczna, impulsowa i szumowa. Zakłócenia modulowane sygnałami periodycznie się powtarzającymi nazywamy często regularnymi, a zakłócenia modulowane - szumami nieregularnymi lub chaotycznymi.

3. Zakres własnych przedsięwzięć przeciwdziałania radioelektronicznego

Przez przeciwdziałanie radioelektroniczne w lotnictwie należy rozumieć zespół przedsięwzięć zapewniających całkowite lub częściowe pozbawienie swobody pracy środków radioelektronicznych przeciwnika /uniemożliwienie naprowadzania środków aktywnych/ - przy jednoczesnym zapewnieniu swobody pracy własnym środkiem radioelektronicznym.

- Przedsięwzięcia z zakresu przeciwdziałania radioelektronicznego realizuje się w celu wykonania następujących zadań:
- zamaskowania głównego kierunku uderzenia lotnictwa i zapewnienia uderzeń lotnictwem z zaskoczenia we współdziałaniu z pociskami raketowymi;
 - dezorganizacji dowodzenia lotnictwem myśliwskim nieprzyjaciela w celu uniemożliwienia lub utrudnienia naprowadzania myśliwców na nasze samoloty i wykonanie przez nie ataków;
 - dezorganizacji dowodzenia artylerią lufową i raketową;
 - zmniejszenia skuteczności pracy stacji radiolokacyjnych nieprzyjaciela służących do wskazywania celów dla przeciwlotniczej artylerii lufowej i raketowej;
 - utrudnienia pracy stacjom radiolokacyjnym kierowania ogniem

- przeciwlotniczej artylerii lufowej oraz stacjom naprowadza -
nia rakiet przeciwlotniczych;
- rozpoznania sił i środków lotnictwa myśliwskiego oraz prze -
ciwlotniczej artylerii lufowej i raketowej przeciwnika.

Z powyższego wynika, że głównym celem przeciwdziałania radioelektronicznego stosowanego przez własne lotnictwo jest zwiększenie prawdopodobieństwa pokonania obrony powietrznej przeciwnika przy ograniczeniu do minimum strat własnych.

4. Srodki przeciwdziałania radioelektronicznego

Samolotowe środki przeciwdziałania radioelektronicznego - zależnie od przeznaczenia dzielą się na indywidualne i gru -
powe.

I n d y w i d u a l n e ś r o d k i przeciwdziałania radioelektronicznego przeznaczone są do osłony pojedynczych samolotów przed rażeniem ogniem z broni pokładowej środków la -
tających, artylerii lufowej i raketowej.

Samoloty lotnictwa bombowego, np. Ił-28, mogą być wypo -
sazone w następujący sprzęt przeciwdziałania radioelektronicz -
nego:

- urządzenia sygnalizujące opromieniowanie samolotów przez sta -
cję radiolokacyjną nieprzyjaciela;
- automat do zrzucania dipolowych elementów odbijających ASO-2B.

Samoloty myśliwsko-bombowe, np. Su-7B, mogą być wyposa -
żone w następujący sprzęt przeciwdziałania radioelektronicz -
nego:

- pociski z dipolowymi elementami odbijającymi do działek NR-30 /2 działka NR-30 po 65 pocisków na każde działko/;
- rakiety z dipolowymi elementami odbijającymi /4 zasobniki po 16 pocisków w każdym bloku/.

Samoloty myśliwsko-szturmowe, np. Lim-6 bis, mogą być wyposażone w następujący sprzęt przeciwdziałania radioelektro -
nicznego:

- pociski z dipolowymi elementami odbijającymi do działek N-37 /jedno działko N-37 z zapasem 40 sztuk pocisków/;
- urządzenie sygnalizujące opromieniowanie samolotu przez sta -
cję radiolokacyjną przeciwnika.

Grupowe środki przeciwdziałania radioelektronicznego przeznaczone są do osłony ugrupowań bojowych pododdziałów, jednostek i związków lotniczych przez zakłócenie czynnych i biernych radiolokacyjnych stacji wykrywania i naprowadzania samolotów myśliwskich, naziemnych radiolokacyjnych urządzeń rozpoznawczych, radiolokacyjnych stacji wskazywania celów i kierowania ogniem artylerii lufowej i raketowej, a także do czynnego zakłócania /UKF/ środków łączności dowodzenia lotnictwem nieprzyjaciela.

W skład grupowych, samolotowych środków przeciwdziałania radioelektronicznego wchodzi:

- automatyczne urządzenia do zrzutu paczek z dipolowymi elementami odbijającymi /w lotnictwie bombowym ASO-28 i ASO-16 oraz różnego typu nadajniki do zakłóceń czynnych /SPS-1 i SPS-2/.

II. ZAKŁÓCENIA BIERNE I ZASADY ICH ZASTOSOWANIA

1. Metalizowane elementy odbijające

Stosowanie zakłóceń biernych oparte jest na zjawisku odbicia /wtórne promieniowanie/ fal radiowych, to jest na zasadzie radiolokacji. Przedstawmy sobie, że w strefie działania stacji radiolokacyjnej /strefa wykrywania samolotów/ na pewnej wysokości znajduje się element odbijający fale elektromagnetyczne. Jeżeli jego czynna powierzchnia odbijająca $/\sigma_D/$ jest dostatecznie duża, to na ekranie wskaźnika stacji radiolokacyjnej pojawi się zobrazowanie sygnału odbitego, który podobny jest do znacznika od samolotu. Kilka takich elementów odbijających może stworzyć na ekranie wskaźnika obraz podobny do lotu samolotu lub grupy samolotów. Jeżeli elementy odbijające będą rozmieszczone w ten sposób, że odbite od nich sygnały zleją się w jedną całość na ekranie wskaźnika, to obserwacja sygnałów odbitych od samolotów w podświetlonej części ekranu będzie utrudniona lub w ogóle niemożliwa.

Stosowanie zakłóceń biernych za pomocą elementów odbijających oparte jest na następującej właściwości półfalowego dipola. Długość dipola odpowiada w przybliżeniu pół długości fali. Jeśli półfalowy dipol /wibrator/ znajduje się w strefie promieniowania stacji radiolokacyjnej, której częstotliwość robocza zgodna jest z częstotliwością własną dipola /rezonansowa/, to w dipolu wzbudzają się intensywne drgania elektromagnetyczne. Dipol w tym wypadku staje się wtórnym źródłem promieniowania energii elektromagnetycznej. Dla otrzymania warunku rezonansowego, długość dipola jest mniejsza od połowy długości fali. Współczynnik skrócenia $/K_S/$ przy tym jest równy:

$$K_S = \frac{l}{\lambda} = 0,95, \quad /4/$$

gdzie: l - długość dipola /elementu odbijającego/;
 λ - długość fali zakłócającej RIS.

Długość elementów odbijających jest zależna od częstotliwości zakłócającej stacji radiolokacyjnej.

Nieduże odchylenie od częstotliwości rezonansowej $\pm 5\% \div 10\%$ w małym stopniu zmienia skuteczność oddziaływania zakłóceń. Dlatego też paski jednakowego rozmiaru wykorzystywane są do zakłócania pracy stacji, których częstotliwości są odchyłone we wskazanych granicach. Większe odchylenia od wskazanych wyżej znacznie zniżają efekt zakłóceń. Elementy odbijające o długości około 50 mm przeznaczone są do zakłócania stacji radiolokacyjnych pracujących na długości fali 10 cm.

Elementy odbijające wykonuje się różnymi sposobami i z różnych materiałów: z folii aluminiowej, papieru metalizowanego, metalizowanego włókna sztucznego /nylon, stylon, kapron/ itp. Najszersze zastosowanie jednak posiada obecnie metalizowane włókno szklane. Elementy odbijające powinny posiadać dostateczną wytrzymałość, ażeby przy wyrzucaniu z samolotu opór powietrza ich nie zniekształcał, ponieważ warunki rezonansowe mogą się nie spełniać i skuteczność oddziaływania się zmniejszyć. Szczególnie dotyczy to pasków o dużej długości, przeznaczonych do wytwarzania zakłóceń pracy stacji radiolokacyjnych metrowego zakresu fal.

Skuteczność oddziaływania pojedynczego elementu odbijającego jest nieduża i dlatego układa się je w paczki. Paski w paczkach układa się tak, aby rozwijały się w powietrzu po zrzuconiu, kiedy zanika czołowy opór powietrza. Jeżeli chodzi o ilość elementów odbijających w paczce to powinno ich być przypuszczalnie tyle, ażeby przy zrzucaniu z samolotu jedna paczka stwarzała takie odbicie, jak odbicie od samolotu /samolotów/. Najczęściej paczki posiadają skuteczną powierzchnię odbicia obłoku /z jednej paczki/ około 50-90 m².

Ilość elementów odbijających w paczce zależna jest od długości fali. Na przykład dla metrowego zakresu fal paczka składa się z kilkudziesięciu elementów odbijających. Równocześnie ze skróceniem fali szybko maleje skuteczna powierzchnia odbicia elementów odbijających. Ilość elementów odbijających w paczce, przy równej ekwiwalentnej powierzchni odbicia maskowanego obiektu powietrznego w zakresie centymetrowym wzrasta do kilku, a nawet kilkudziesięciu tysięcy sztuk.

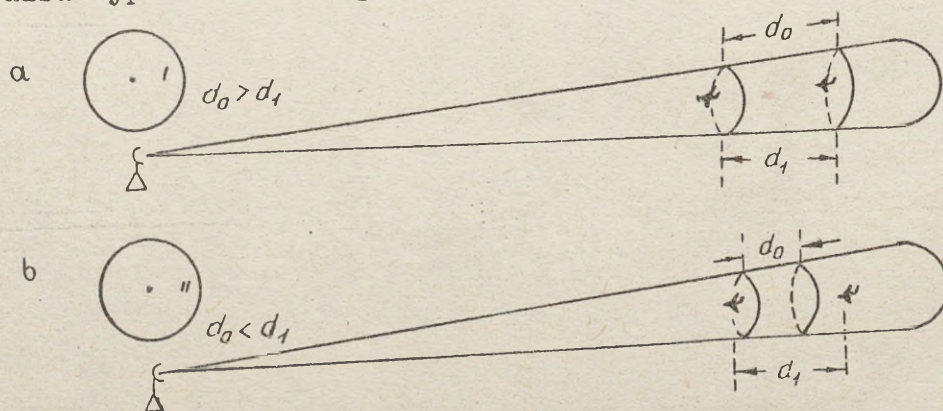
Skuteczna powierzchnia odbicia elementów odbijających , jak również i ich ilość w paczce, zostanie opisana dokładnie w dalszej części niniejszego skryptu.

2. Ilość zrzucanych elementów odbijających w zależności od technicznych parametrów stacji radiolokacyjnych

Ażeby odpowiedzieć na tę zależność, należy wspomnieć o takich parametrach technicznych stacji radiolokacyjnej, jak charakterystyka kierunkowa anteny, rozróżnialność w odległości i we współrzędnych katowych oraz tak zwana rozróżnialność objętościowa.

Zakładając, że pojęcie kierunkowego działania anteny stacji radiolokacyjnej jest znane czytelnikowi, przypomina się tylko, że rozróżnialnością stacji radiolokacyjnej w odległości / δ_D / nazywamy najmniejszą odległość pomiędzy dwoma obiektami znajdującymi się na jednym azymucie, wysokości i kącie wzniesienia, przy której impulsy odbite od nich dają na ekranie wskaźnika stacji oddzielne echa. Oddzielne echa na ekranie wskaźnika stacji radiolokacyjnej uzyskuje się wówczas, ^{gdy} obiekty będą oddalone od siebie na odległość większą niż $\frac{c\tau}{2}$ /rys. 5/.

Rozróżnialność w odległości zależy od czasu trwania impulsu wypromieniowanego z nadajnika stacji radiolokacyjnej.



Rys. 5. Wpływ rozróżnialności stacji radiolokacyjnej w odległości na obserwację obiektów powietrznych:
 a/ stacja radiolokacyjna z małą rozróżnialnością;
 b/ stacja radiolokacyjna z dużą różróżnialnością.

gdzie: C - prędkość rozchodzenia się energii elektromagnetycznej w przestrzeni;
 τ - czas trwania impulsu;
 d_0 - długość liniowa wynikająca z czasu trwania impulsu;
 δ_D - rozróżnialność stacji radiolokacyjnej w odległości;
 d_1 - odstęp pomiędzy dwoma obiektami w odległości.

Na rys. 5 pokazane jest, że dwa samoloty znajdujące się na odległości d_1 jeden od drugiego widoczne są na ekranie stacji radiolokacyjnej posiadającej duży czas trwania impulsu, w postaci jednego echa /rys. 5a/, a na ekranie stacji radiolokacyjnej o mniejszym czasie trwania impulsu /a zatem z większą rozróżnialnością/, oddzielnie w postaci dwóch ech.

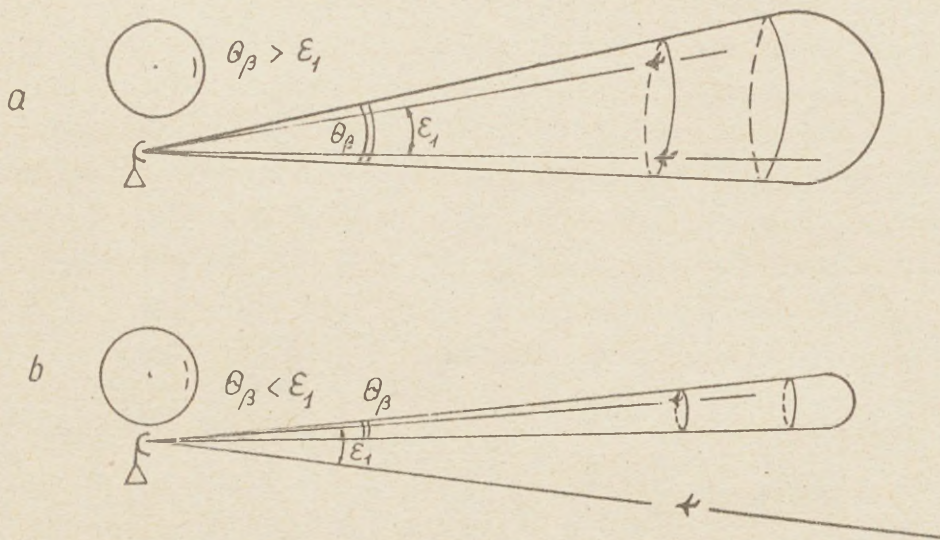
Rozróżnialność posiada prosty związek z czasem trwania impulsu i równa się:

$$\delta_D = \frac{c\tau^x}{2} \quad /5/$$

Rozróżnialnością stacji radiolokacyjnej we współrzędnych kątowych nazywamy najmniejszy kąt pomiędzy kierunkami do dwóch obiektów powietrznych, rozmieszczonych w jednakowej odległości od stacji radiolokacyjnej, przy którym echa na ekranie obserwuje się oddzielnie. Zasadniczymi parametrami określającymi rozróżnialność stacji radiolokacyjnej we współrzędnych kątowych jest szerokość głównego listka charakterystyki anteny kierunkowej w rozpatrywanej płaszczyźnie /pionowa, pozioma/. Na rys. 6 przedstawiono tworzenie się na ekranie wskaźnika stacji radiolokacyjnej połączonych i oddzielnych ech pochodzących od dwóch jednakowo oddalonych od stacji obiektów na różnych azymutach.

Analogicznie do rozpatrywania zdolności rozróżniania w odległości, szerokość głównego listka charakterystyki anteny kierunkowej nie stanowi jedynego parametru określającego rozróżnialność kątową stacji radiolokacyjnej. Ogólne błędy określania współrzędnych celu powietrznego nie są stałe i wahają się od minimalnych $\frac{c\tau}{2}$ do maksymalnych $\frac{c\tau}{2} + \delta \frac{D_p}{K}$. Do obliczeń

x/ Jest to wzór uproszczony, w którym nie uwzględnia się parametrów wskaźnika.



Rys. 6. Zdolność rozróżniania stacji radiolokacyjnej we współrzędnych kątowych

częstotliwości wyrzucania paczek z dipolowymi elementami odbijającymi należy wykorzystać wzory o minimalnych błędach z tego względu, że przy wykorzystaniu wzoru z maksymalnymi błędami może nastąpić przypadek, kiedy będą widoczne w zakłóceniach samoloty. Pozwoliłoby to nieprzyjacielowi wykryć miejsce samolotów grupy uderzeniowej w pasie zakłóceń oraz określić odległość ugrupowania bojowego od samolotów stosujących zakłócenia bierne.

$$\delta_\beta = D_{\min} \frac{\theta_\beta}{57,3} \quad /6/$$

Zdolność rozróżniania stacji radiolokacyjnej w azymucie;

$$\delta_\epsilon = D_{\min} \frac{\theta_\epsilon}{57,3} \quad /7/$$

zdolność rozróżniania stacji radiolokacyjnej w wysokości;

gdzie: $\theta_\beta, \theta_\epsilon$ - szerokość charakterystyki anteny kierunkowej w płaszczyźnie poziomej i pionowej;

D_{\min} - odległość od stacji radiolokacyjnej do czoka samolotu/ów/.



Na podstawie wyżej podanych zależności i rys. 6 można stwierdzić, że rozróżnialność stacji radiolokacyjnej we współrzędnych kątowych jest funkcją odległości do obserwowanych obiektów. Natomiast rozróżnialność w odległości, nie zależy od odległości obserwowanych obiektów od stacji radiolokacyjnej.

Łącząc parametry stacji radiolokacyjnej - rozróżnialność w odległości $/\delta_D/$ i rozróżnialność we współrzędnych kątowych $/\delta_\beta$ i $\delta_\epsilon /$, można przejść do tak zwanej rozróżnialności objętościowej stacji radiolokacyjnej. Dla uproszczenia przyjmiemy, że gdy szerokość charakterystyki kierunkowej anteny stacji radiolokacyjnej jest jednakowa w azymucie i kącie położenia $/\theta_\beta = \theta_\epsilon /$, wówczas rozróżnialność objętościowa będzie wynosić:

$$\Delta V = \delta_D \cdot \delta_\beta^2 \quad \text{lub} \quad \Delta V = \delta_D \cdot \delta_\epsilon^2 \quad /8/$$

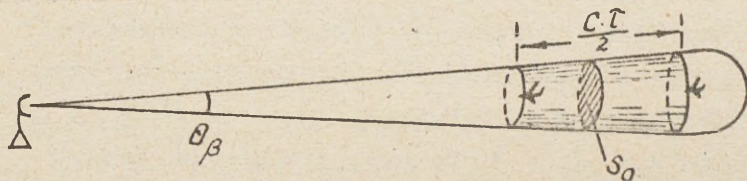
gdzie ΔV - rozróżnialność objętościowa.
Objętość impulsową można wyrazić wzorem:

$$\Delta V_0 = S_0 \frac{c \cdot \tau}{2} \quad /9/$$

gdzie: dla koła $S_0 = \pi r^2$

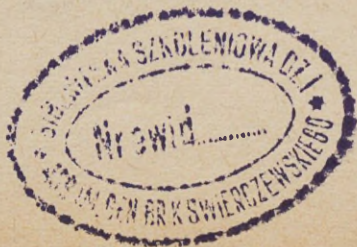
dla elipsy $S_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot d}{4}$

S_0 - średni przekrój charakterystyki anteny kierunkowej.



Rys. 7. Objętość impulsowa stacji radiolokacyjnej

Im zdolność rozróżnialności w odległości i współrzędnych kątowych /objętość impulsowa/ /rys. 7/ jest mniejsza, tym większa ilość paczek z dipolowymi elementami odbijającymi potrzeba - bna jest dla zakłócenia stacji radiolokacyjnej. Przyjmujemy, że w strefie, która powinna być zakłócana, elementy dipolowe z paczki zajmują w przestrzeni objętość równą objętości impulsowej stacji radiolokacyjnej. W takim wypadku przy dowolnym położeniu charakterystyki anteny kierunkowej w granicach wybra -



nej strefy, odbicia od dipolowych elementów odbijających będą obserwowane na ekranie wskaźnika łącznie z odbiciami od elementów odbijających znajdujących się w sąsiednich objętościach odbijających. Cała "rozjaśniona" zakłóceniami strefa będzie wyglądała na ekranie wskaźnika w postaci świecącej plamy /rys. 8a/.



Rys. 8. Oddziaływanie zakłóceń biernych na stacje radiolokacyjne o różnej rozróżnialności

Ilość paczek, którą należy zrzucić, określa się jako stosunek objętościowej strefy zakłócanej do rozróżnialności objętościowej stacji radiolokacyjnej. W takim wypadku dla zakłócenia pracy stacji radiolokacyjnych metrowego zakresu, które posiadają bardzo małą rozróżnialność w odległości i współrzędnych kątowych, potrzebna jest stosunkowo nieduża ilość paczek z dipolowymi elementami odbijającymi. Tym właściwie charakteryzowała się duża skuteczność zakłóceń biernych w pierwszym okresie ich stosowania, ponieważ wówczas wykorzystywano przede wszystkim stacje radiolokacyjne metrowego zakresu.

Porównajmy dla przykładu odporność na zakłócenia dwóch umownie przyjętych stacji radiolokacyjnych: metrowego zakresu o szerokości współrzędnych kątowych $\theta_{\beta} = \theta_{\epsilon} / \theta_{\beta_1} = 30^{\circ}$, czasem trwania impulsu $\tau_1 = 10 \mu\text{sek.}$ i centymetrowego zakresu z szerokością charakterystyki we współrzędnych kątowych $\theta_{\beta} = \theta_{\epsilon} / \theta_{\beta_2} = 5^{\circ}$ i czasem trwania impulsu $\tau_2 = 1 \mu\text{sek.}$ Dla porównania należy wyliczyć stosunek objętości impulsowych tych stacji.

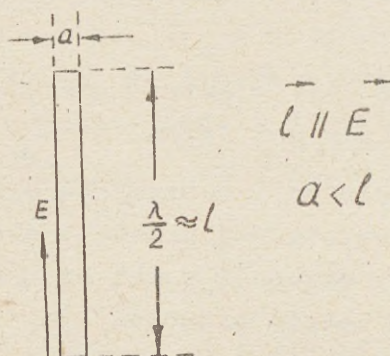
$$\frac{\Delta V_1}{\Delta V_2} = \frac{\theta_{\beta_1}^2 \cdot \tau_1}{\theta_{\beta_2}^2 \cdot \tau_2} = \frac{30^2 \cdot 10}{5^2 \cdot 1} \approx 360 \quad /10/$$

Z przytoczonego przykładu wynika, że dla skutecznego zakłócenia pracy stacji radiolokacyjnej centymetrowego zakresu przy tych samych rozmiarach strefy, w której wytwarza się zakłócenia, należy zrzucić 360 razy więcej paczek niż przy za-

kłócaniu stacji metrowego zakresu. Dla zakłócenia pracy stacji radiolokacyjnych centymetrowego zakresu potrzeba nie tylko więcej paczek z elementami odbijającymi, ale również i więcej dipolowych elementów odbijających w paczce, co zostanie rozpatrzone poniżej.

3. Określenie niezbędnej ilości elementów odbijających w paczce dla uzyskania ekwiwalentnej skutecznej powierzchni odbicia w stosunku do skutecznej powierzchni odbicia maskowanego obiektu powietrznego

Skuteczna powierzchnia odbicia dipola półfalowego zależy od zorientowania dipola względem wektora pola elektrycznego padającej nań fali elektromagnetycznej.



Rys. 9. Dipolowy element odbijający /odbijacz dipol lub pasek/

Maksymalną skuteczną powierzchnię odbicia / $\sigma_{\frac{\lambda}{2}}$ / jednego elementarnego dipola określamy z następującego wzoru:

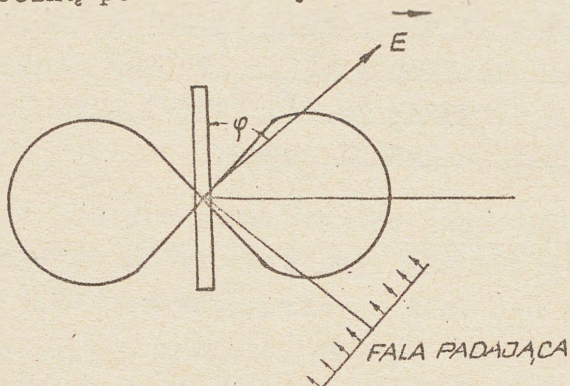
$$\sigma_{\frac{\lambda}{2}} = 4\pi D^2 \frac{E_{\text{odb}}^2}{E_{\text{pad}}^2} = 4\pi D^2 \frac{60^2 \cdot I_0^2}{D^2} \cdot \frac{\lambda^2}{I_0^2 \cdot \pi^2 r_{\frac{\lambda}{2}}^2} = 0,86 \lambda^2, \quad /11/$$

- gdzie: D - odległość dipola półfalowego od RLS;
 E_{odb} - natężenie pola elektrycznego odbitego od powierzchni dipola;
 E_{pad} - natężenie pola elektrycznego padającego na dipol odbijający.

Ze wzoru wynika, że skuteczna powierzchnia odbicia dipola zależy od długości fali. Im fala dłuższa, tym skuteczna

powierzchnia odbicia dipola większa, i odwrotnie, im fala krótsza, tym skuteczna powierzchnia odbicia dipola mniejsza.

Wzór powyższy jest słuszny w wypadku, gdy wektor "E" jest równoległy do długości dipola. Jednak nie ma takich warunków przy stosowaniu zakłóceń biernych i z tego względu należy rozpatrywać skuteczną powierzchnię odbicia dla fali odbitej pod kątem φ .



Rys. 10. Padanie fali elektromagnetycznej na dipolowy element odbijający pod kątem

Zrzucające elementy odbijające o różnych długościach będą w przestrzeni powietrznej układały się chaotycznie. Jeżeli natomiast będziemy zrzucali paski na spadochronikach z obciążeniem to ułożenie ich będzie pionowe. Dlatego należy stosować różne wzory na obliczenia ilości pasków.

Jeżeli wektor "E" jest równoległy do dipolowego elementu odbijającego - odbicie będzie maksymalne $0,86 \cdot \lambda^2$, jeżeli prostopadły - minimalne i zbliżone do "0".

Dipolowe elementy odbijające typu DOS /z metalizowanego włókna szklanego/ podczas opadania rozsiewają się w przestrzeni z jednakowym prawdopodobieństwem do czoła fali. Wówczas średnia skuteczna powierzchnia odbicia dla jednego elementarnego dipola $\bar{\sigma}$ / przy jego dowolnej orientacji wynosi:

$$\bar{\sigma} = 0,17 \cdot \lambda^2 \quad /12/$$

Stąd łatwo określić, że skuteczna powierzchnia jednego dipola np. dla zakresu 50 cm będzie $0,0425 \text{ m}^2$, a dla zakresu 10 cm - $0,0017 \text{ m}^2$.

Ze wzoru /11. i 12/ możemy określić współczynnik "K_p" uwzględniając dowolną orientację dipola w czasie opadania.

$$K_p = \frac{\sigma_{\lambda}}{\bar{\sigma}} = \frac{0,86 \cdot \lambda^2}{0,17 \cdot \lambda^2} \approx 5 \quad /13/$$

W praktyce współczynnik "K_p" przyjmuje się od 5÷10. Wówczas wzór na obliczenie ilości pasków w paczce przedstawia się następująco:

$$N = K_p \frac{\sigma_s}{\sigma \frac{\lambda}{2}} = /5\div 10/ \frac{\sigma_s}{0,86 \cdot \lambda^2} \quad /14/$$

Ze wzoru 14 wynika, że ilość pasków w paczce /N/ zależy od przyjętej skutecznej powierzchni odbicia obiektu powietrz - nego /σ_s/ oraz od długości fali.

Przykłady: Przyjmując, że paczka dipolowych elementów odbijających powinna odpowiadać swą wielkością skuteczną powierzchnią odbicia σ_s = 50 m², dla długości fali λ = 4 m i 10 cm, to liczba dipolowych elementów odbijających w paczce będzie wynosić:

$$\lambda = 4 \text{ m} \quad N = K_p \frac{\sigma_s}{0,86 \cdot \lambda^2} \quad N = /5\div 10/ \frac{50}{0,86 \cdot 4^2} =$$

$$= 19\div 38 \text{ szt.}$$

$$\lambda = 10 \text{ cm} \quad N = K_p \frac{\sigma_s}{0,86 \cdot \lambda^2} \quad N = /5\div 10/ \frac{50}{0,86 \cdot 0,1^2} =$$

$$= 29000 \div 58000 \text{ szt.}$$

$$\sigma_s = 20 \text{ m}^2, \lambda = 10 \text{ cm}, N = K_p \frac{\sigma_s}{0,86 \cdot \lambda^2}, N = /5\div 10/ \frac{20}{0,86 \cdot 0,1^2} =$$

$$= 11630 \div 23300 \text{ szt.}$$

Jeśli przyjmujemy, że stacje radiolokacyjne posiadają układy przeciwwzakłóceńowe /TES/, to należy odpowiednio zwiększyć ilość elementów odbijających.

4. Sposoby realizacji zakłóceń biernych w oddziałach i związkach taktycznych lotnictwa operacyjnego

Starszy pomocnik do spraw przeciwdziałania radioelektronicznego kierownika sekcji operacyjnej BLRB, przystępując do wypracowania elementów decyzji dla dowódcy w zakresie stosowania biernych zakłóceń radiolokacyjnych, dla określonego ugrupowania samolotów lecących na wykonanie zadania bojowego, powinien uwzględnić w swoich obliczeniach dane zamieszczone w poniższej tabeli:

Tabela 1

	Lp.	In- deks	Znaczenie symboli	Jedn. miary	Uwagi
1	2	3	4	5	6
Parametry lotu wy- nikające z de- cyzji dowód- cy	1.	V_s	Prędkość samolotów ugrupowania bojowego	km/ godz.	
	2.	H	Wysokość lotu ugrupowania bojowego	m	
	3.	l_m	Szerokość ugrupowania bojowego	m	
	4.	H_m	Urzutowanie samolotów w wysokości	m	
	5.	L_m	Maksymalna głębokość ugrupowania bojowego	m	
	6.	V_w	Prędkość wiatru	m/sek	
	7.	ϵ	Kąt zawarty między kursem ugrupowania bojowego, a kierunkiem wiatru	stop- nie	od dcy org.wylot lub mete- orologa
Dane sprzętu i urzą- dzeń	1.	λ	Długość fali zakłócającej stacji radiolokacyjnej	m	
	2.	DOS	Typ/y/ dipolowych elementów odbijających, które należy użyć na trasie	mm, cm m	Paczki rozmiarów standardo- wych
	3.	τ	Czas trwania impulsu zakłócającej stacji radiolokacyjnej	μ sek	
	4.	σ_z	Średnia skuteczna powierzchnia odbicia jednej paczki z dipolowymi elementami odbijającymi	m^2	

1	2	3	4	5	6
	5.	σ_s	Skuteczna powierzchnia odbicia samolotu maskowanego w zakłóceniach biernych	m ²	
	6.	Q	Ciężar jednej paczki zakłóceń biernych	gram	
	7.	η	Współczynnik zależny od wzajemnego usytuowania samolotów w objętości odbijającej	nie- mia- nowa- na	Praktycz- nie prze- muje się od /0,4÷ ±0,9/
	8.	β	Szerokość wiązki promieniowania zakłócającej stacji radiolokacyjnej w płaszczyźnie poziomej	stop- nie	
	9.	N_k	Ilość paczek w kasecie	szt.	
	10.	ϵ	Szerokość wiązki promieniowania zakłócającej stacji radiolokacyjnej w płaszczyźnie pionowej	stop- nie	
	11.	S	Szerokość pasa zakłóceń wytworzonego przez jeden samolot	m	
	12.	K_{ws}	Współczynnik zapasu	nie- mia- nowana	Przyjmuje się/1,5 ÷ 2,5/
	13.	V_1	Prędkość opadania dipolowych elementów odbijających	m/min	60÷120
	1.	δ_D	Rozróżnialność zakłócającej/yh/ stacji radiolokacyjnych w odległości	m	
	2.	D_{min}	Minimalna odległość od ugrupowania bojowego do stacji radiolokacyjnej	m	
	3.	δ_β	Rozróżnialność liniowa na odległości D_{min} zakłócającej stacji radiolokacyjnej w azymucie	m	

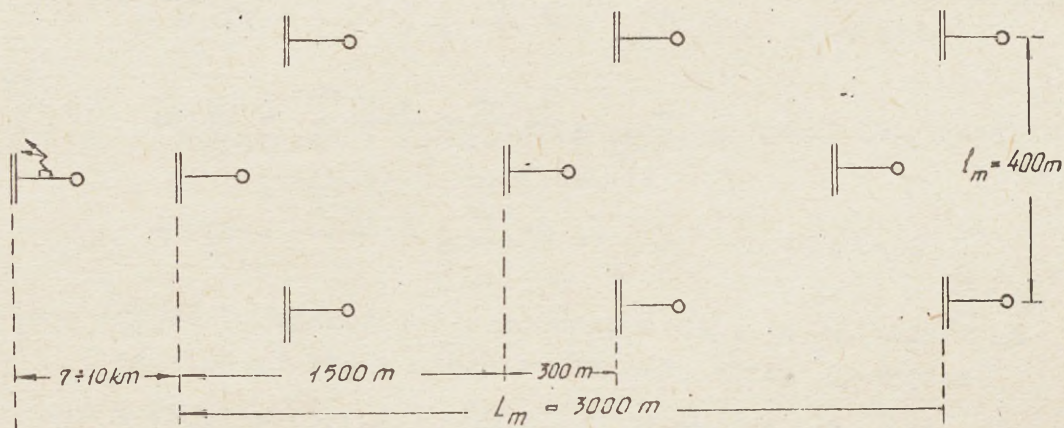
1	2	3	4	5	6
Dane określone na podstawie obliczeń	4.	σ_{sp}	Skuteczna powierzchnia odbicia grupy samolotów znajdujących się w jednej objętości odbijającej	m^2	
	5.	m	Ilość paczek w objętości odbijającej	szt.	
	6.	D_{og}	Długość zakłócanej trasy	m	
	7.	N_p	Niezbędna ilość paczek z dipolowymi elementami odbijającymi na trasie	szt.	
	8.	Q_n	Ogólny ciężar paczek zakłóceń	kg	Wielkość ta nie jest konieczna
	9.	T	Tempo wyrzucania paczek z dipolowymi elementami odbijającymi z ASO	sek.	
	10.	D_{zASO}	Długość zakłócanej trasy z ASO	km	
	11.	l_b	Odległość samolotu stosującego zakłócenia bierne od czoła ugrupowania bojowego	km	
	12.	S_b	Boczne przemieszczenie się dipolowych elementów odbijających za czas przelotu czoła ugrupowania bojowego odcinka l_b	m	
	13.	N_z	Ilość samolotów niezbędna na trasie do stosowania zakłóceń biernych przy użyciu jednego typu DOS	szt.	
	14.	N_{zs}	Ogólna ilość samolotów niezbędna na trasie do stosowania zakłóceń biernych przy użyciu kilku typów DOS	szt.	

A. Możliwości stosowania zakłóceń biernych z ASO-28

Po uwzględnieniu wyżej wymienionych czynników, starszy pomocnik do spraw przeciwdziałania radioelektronicznego kierownika sekcji operacyjnej BLRB przystępuje do opracowania niezbędnych danych dotyczących zastosowania zakłóceń biernych wg poniższej metody.

Przykład: a/ Dane uzyskane: Samoloty Ił-28;

$$V_B = 800 \text{ km/godz, } H = 10\ 000 \text{ m, } l_m = 400 \text{ m,}$$
$$H_m = 500 \text{ m, } L_m = 3\ 000 \text{ m, } V_w = 10 \text{ m/sek, } \varepsilon^0 = 45^0$$



Rys. 11. Przykładowe ugrupowanie bojowe eskadry samolotów bombowych w kolumnie kluczy

b/ Dane sprzętu i urządzeń:

Należy zakłócać stacje radiolokacyjne typu AN/CPS-6B, AN/MPS-11 i AN/TPS-1D.

1. Dane stacji AN/CPS-6B:

$$\lambda = 9,6 \div 11,1 \text{ cm; } \tau = 1 \text{ lub } 2 \mu\text{sek; } \beta = 1^0; \varepsilon = 30^0$$

2. Dane stacji AN/TPS-1D:

$$\lambda = 22,2 \div 24,6 \text{ cm; } \tau = 2 \text{ lub } 4 \mu\text{sek; } \beta = 4^0; \varepsilon = 12^0$$

3. Dane stacji AN/MPS-11:

$$\lambda = 22,2 \div 23,4 \text{ cm; } \tau = 3 \text{ sek; } \beta = 11^0; \varepsilon = 30^0$$

4. Do zakłócania powyższych stacji radiolokacyjnych należy użyć następujące typy dipolowych elementów odbijających

DOS-50U /dla $\lambda \approx 10$ cm/ $\sigma_{z_1} = 50$ m²; DOS-113U /dla $\lambda \approx 22,6$ cm/
 $\sigma_{z_2} = 80$ m².

5. $\sigma_s = 20$ m²; $S = 1000$ m; $K_{ws} = 2$ l_m;

$N_k = 1700$; $\eta = 0,8$; $V_1 = 100$ m/min; $t_r = 45$ sek.

c/ Dane określone na podstawie obliczeń:

1. Rozróżnialność stacji radiolokacyjnej w odległości

dla $\lambda \approx 10$ cm $\delta_{D_1} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{2} = 300$ m

$\delta_{D_2} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{2} = 450$ m /15/

dla $\lambda \approx 23$ cm $\delta_{D_2} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{2} = 600$ m

2. Minimalna odległość ugrupowania bojowego od stacji radiolokacyjnej, gdzie samoloty wchodzą w strefę martwą:

gdy $\epsilon = 30^\circ$ to $D_{\min} = 10000 \cdot 1,7321 = 17321$ m

$D_{\min} = H \cdot \text{ctg } \epsilon$

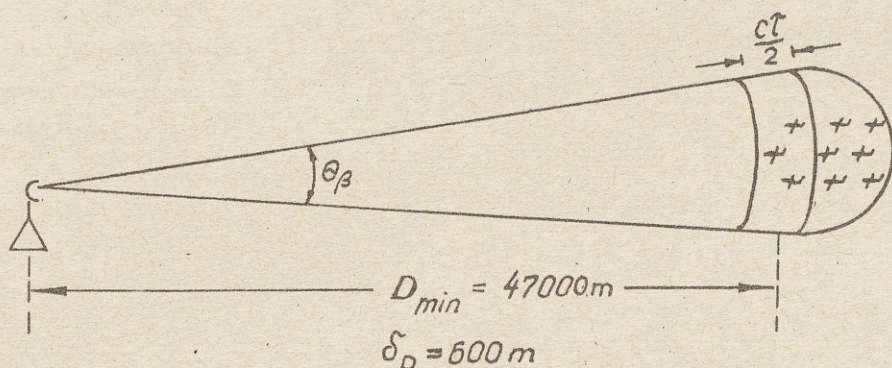
gdy $\epsilon = 12^\circ$ to $D_{\min} = 10000 \cdot 4,7 = 47000$ m /16/

3. Rozróżnialność liniowa w odległości D_{\min} zakłócanej stacji radiolokacyjnej w azymucie

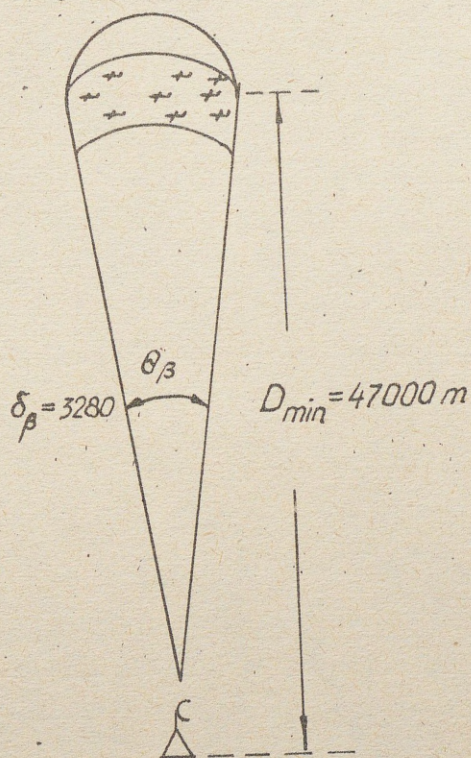
$\delta_\beta = D_{\min} \frac{\theta_\beta}{57,3}$ /17/

Z punktu a i c3 wynika, że w zakresie $\lambda \approx 10$ cm w jednej objętości impulsowej będą znajdowały się 3 samoloty, natomiast w zakresie $\lambda \approx 22,6$ cm w jednej objętości impulsowej będzie znajdowało się 9 samolotów. Przy określaniu ilości samolotów w jednej objętości impulsowej należy brać pod uwagę liczbę δ_D i δ_β oraz rozmieszczenie ugrupowania bojowego w stosunku do kierunku wiązki promieniowania. Ugrupowanie samolotów w stosunku do wiązki promieniowania stacji radiolokacyjnej może być usytuowane w przestrzeni po -

wietrznej różnie /rys. 12 i 13/. Dla przykładu będzie rozpatrzony zakres $\lambda \approx 22,6$ cm.



Rys. 12. Rozmieszczenie ugrupowania bojowego samolotów prostopadle do wiązki promieniowania



Rys. 13. Równoległe rozmieszczenie ugrupowania bojowego samolotów w wiązce promieniowania

4. Skuteczna powierzchnia odbicia grupy samolotów znajdujących się w jednej objętości impulsowej stacji radiolokacyjnej.

W prostopadłym rozmieszczeniu

$$\sigma_{sp} = \eta \cdot n \cdot \sigma_s \quad \sigma_{sp} = 0,8 \cdot 3 \cdot 20 = 48 \text{ m}^2 \quad /18/$$

W równoległym rozmieszczeniu $\sigma_{sp} = 0,8 \cdot 9 \cdot 20 = 144 \text{ m}^2$

gdzie: n - ilość samolotów w jednej objętości impulsowej stacji radiolokacyjnej.

5. Ilość paczek w jednej objętości odbijającej stacji radiolokacyjnej.

$$m = \frac{\sigma_{sp} \cdot K_{pz}}{\sigma_{zp}} \quad m_1 = \frac{48 \cdot 2}{50} = 1,92 \quad \text{przyjmujemy 2 paczki}$$

$$m_2 = \frac{144 \cdot 2}{50} = 3,6 \quad \text{przyjmujemy 4 paczki}$$

/19/

6. Długość trasy zakłóceń.

Zrzucanie paczek z dipolowymi elementami odbijającymi może odbywać się na całej trasie /od wlotu w pole radiolokacyjne aż do wylotu /lub na pewnych odcinkach. Przy prowadzeniu zakłóceń na pewnych odcinkach ogólna trasa zakłóceń jest sumą poszczególnych odcinków. Zakłócanie na całej trasie lub odcinkowe zależy od sytuacji bojowej, wykonywanego zadania oraz od stosunku ilości paczek zakłóceń do długości trasy. W przykładzie do obliczeń przyjęta została trasa o długości $D_{og} = 500 \text{ km}$.

7. Określenie ilości rzędów z paczkami deo^{x/} na trasie lotu

$$N = m \frac{D_{og}}{\delta_D} \quad N = 2 \frac{500 \cdot 000}{300} = 3333 \text{ rzędów z paczkami deo} \quad /20/$$

$$N = 4 \frac{500 \cdot 000}{600} = 3333 \text{ rzędów z paczkami deo}$$

x/ deo - dipolowe elementy odbijające

Tabela 2

Typ deo	Ilość rzędów w kasecie z deo	Ilość paczek w jednej kasecie z deo	Odstęp czasowy zrzutu deo przy położeniu przełącznika w położenie					
			1	2	3	4	5	6
DOS-250u	880	880	6	4	3	2	1,5	1
DOS-150u	1200	2400	4,4	2,9	2,2	1,5	1,1	0,7
DOS-113u	1200	2400	4,4	2,9	2,2	1,5	1,1	0,7
DOS-50u	1700	8500	3	2	1,5	1	0,7	0,5
DOS-15u	2450	49000	2	1,5	0,9	0,6	0,5	0,3

W związku z tym, że w dwóch kasetach ASO-28 jest 3400 rzędów dla zakresu $\lambda \approx 10$ cm, wystarczy jeden samolot zakłócający w odległości, natomiast dla zakresu $\lambda \approx 22,6$ cm /2400 rzędów paczek z deo w dwóch kasetach/ należy użyć dwa samoloty zakłócające w odległości.

8. Tempo wyrzucania z rzędów paczek dipolowych elementów odbijających

$$T = \frac{\delta_D \cdot 3,6 \cdot x}{V_S \cdot m}$$

$$T_1 = \frac{300 \cdot x \cdot 3,6}{800 \cdot 2} = 0,6 \text{ sek.}$$

/21/

$$T_2 = \frac{600 \cdot 3,6}{800 \cdot 4} = 0,6 \text{ sek.}$$

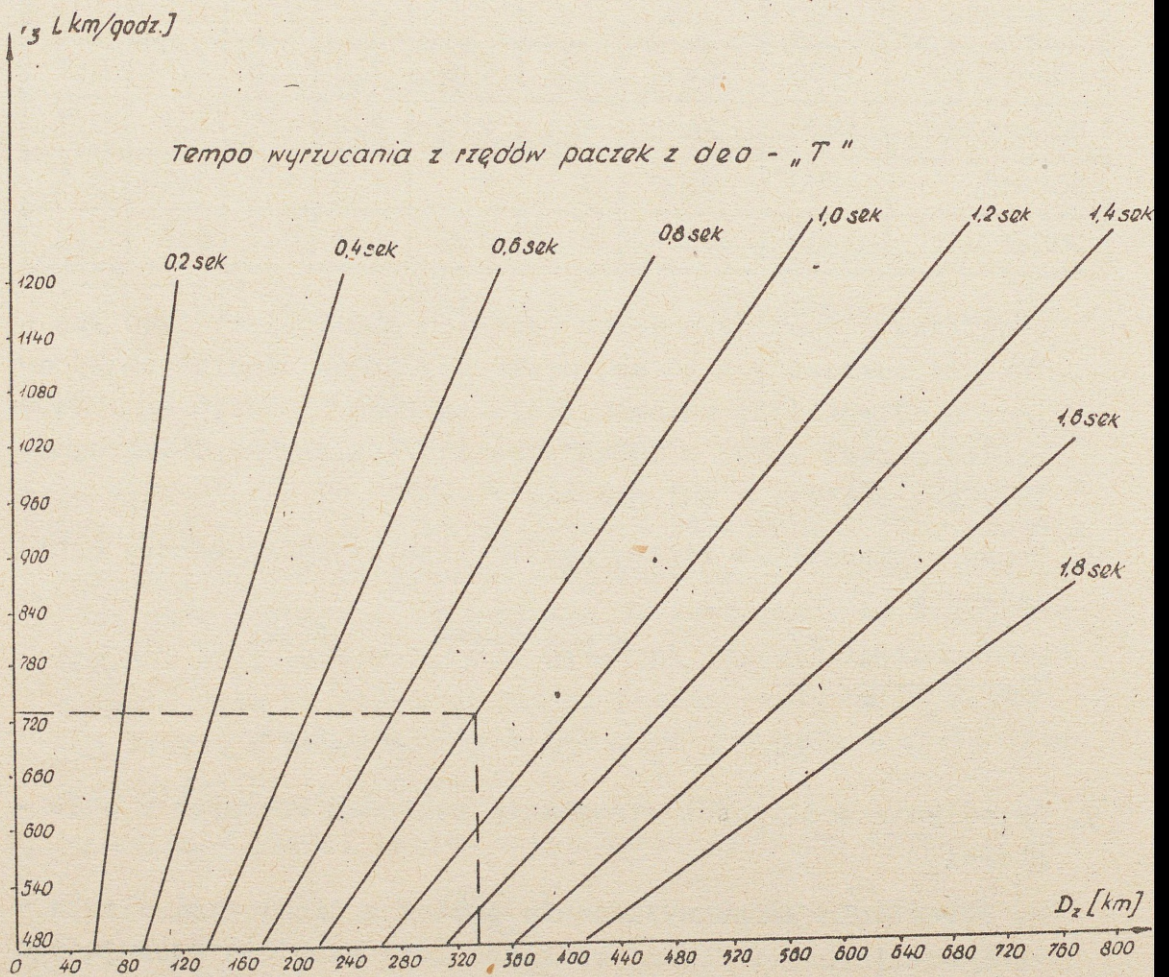
9. Określenie możliwości stosowania zakłóceń biernych w odległości.

Po określeniu tempa wyrzucania paczek z dipolowymi elementami odbijającymi /T/ i prędkości lotu samolotu stosującego zakłócenia /V_S/ oraz ilości paczek w kasecie /N_k/, można określić odcinek zakłóceń /D_Z/ według następującego wzoru:

$$D_{Z_{ASO}} = T \cdot N_k \cdot V_S \quad /21a/$$

Ażeby za każdym razem nie obliczać odcinka zakłóceń, wykorzystuje się wykresy możliwości stosowania zakłóceń biernych w odległości /rys. 14/.

x/ Współczynnik 3,6 wynika ze zmiany prędkości V_S / km/godz/ na /m/sek/.



Rys. 14. Wykres możliwości stosowania zakłóceń biernych w odległości z ASO-28

Praktyczne posługiwanie się wykresem /rys. 14/. Określona prędkość samolotu, stosującego zakłócenia bierne odkładamy na osi pionowej /np. 800 km, rys. 14/, następnie odkładając odcinek linii poziomej od punktu 800 km, znajdujemy punkt przecięcia się z tempem wyrzucania paczek, w naszym wypadku wynosi ono 0,6 sek, następnie ciągnąc linię pionową od punktu przecięcia się T z T_s do osi poziomej, otrzymamy odcinek zakłóceń $/D_{ZASO}/$.

10. Potrzebna ilość samolotów zakłóceń do maskowania ugrupowania bojowego.

a/ Potrzebną ilość samolotów w szerokości ugrupowania $/N_s/$ określamy według następującego wzoru:

$$N_s = \frac{l_m \cdot K_{ws}}{S} \quad N_{zp} = \frac{400 \cdot /1,5 \div 2,5/}{1000} = 0,6 \div 1 \quad /22/$$

przyjmujemy 1 samolot zakłócający.

b/ Potrzebną ilość samolotów w odległości $/N_D/$ obliczamy ze wzoru:

$$N_D = \frac{N_D}{N_k \cdot 2} \quad /23/$$

$$N_{D_1} = \frac{3333}{1700 \cdot 2} = 0,98$$

przyjmiemy 1 samolot zakłócający.

$$N_{D_2} = \frac{3333}{1200 \cdot 2} = 1,4$$

przyjmujemy 2 samoloty zakłócające.

c/ Ogólną ilość samolotów stosujących zakłócenia bierne $/N_{og}/$ obliczamy ze wzoru:

$$N_{og} = /N_{s_1} \cdot N_{D_1} / + /N_{s_2} \cdot N_{D_2} / + \dots + /N_{s_n} \cdot N_{D_n} / \quad /24/$$

$N_{og} = /1 \cdot 1/ + /1 \cdot 2/ = 3$ samoloty do stosowania zakłóceń biernych: 1 samolot na zakres $\lambda \approx 10$ cm i 2 samoloty na zakres $\lambda \approx 22,6$ cm.

11. Bezpieczna odległość czoła ugrupowania bojowego od samolotów stosujących zakłócenia bierne

$$l_b = V_s \cdot t_r \quad l_b = 0,222 \cdot 45 = 10 \text{ km} \quad /25/$$

gdzie: t_r - czas rozsiwania się dipolowych elementów odbijających.

Praktyczna odległość czoła ugrupowania bojowego od samolotów stosujących zakłócenia bierne powinna być różna, lecz nie mniejsza od l_b .

12. Określenie przewyższenia samolotu /ów/ stosującego/ch/ zakłócenia bierne nad ugrupowaniem bojowym.

$$\Delta H = \frac{l_b + L_m}{V_s} \cdot 0,06^x \cdot V_1; \quad H = \frac{10000 + 300}{800} \cdot 0,06 \cdot$$

$$\cdot 100 = 98 \text{ m} \quad /26/$$

13. Określenie bocznego przemieszczania się elementów odbijających.

$$S_b = \frac{10000 \cdot 3,6}{800} \cdot 10 \cdot 0,707 =$$

$$= 318 \text{ m}$$

Dla czoła ugrupowania bojowego

$$S_b = \frac{l_b \cdot 3,6}{V_s} \cdot V_w \cdot \cos \epsilon^0 \quad /27/$$

$$S_{b_z} = \frac{10000 + 3000}{800} \cdot 3,6 \cdot$$

$$\cdot 10 \cdot 0,707 = 510 \text{ m}$$

Dla końca ugrupowania bojowego.

x/ Współczynnik 0,06 wynika ze zmiany prędkości V_s /km/godz./ na / m/min /.

Wymagana ilość samolotów zakłóceń biernych z ASO-28 w celu maskowania ugrupowania bojowego.

Tabela 3

Wysokość lotu ugrup. bojowego	Ilość maskowanych samolotów w ugrupowaniu bojowym	Ilość samolotów zakłócających dla odległości obiektu od linii frontu /szt/				Uwagi
		50 /km/	100 /km/	150 /km/	200 /km/	
100 m	2	2	2	2	3	
	4	2	2	2	3	
	8	2	2	2	3	
	12	2	2	2	3	
1000 m	2	2	2	3	3	
	4	2	2	3	3	
	8	2	2	3	3	
	12	2	2	3	3	
3000 m	2	2	3	3	3	
	4	2	3	3	3	
	8	2	3	3	3	
	12	2	3	3	3	
5000 m	2	3	3	3	4	
	4	3	3	3	4	
	8	3	3	3	4	
	12	3	3	3	4	

Uwagi: - Obliczenia wykonano dla prędkości lotu samolotu zakłócającego $V_s = 600$ km/godz. Prędkość lotu rządu 500÷900 km/godz. nie ma większego wpływu na wyniki obliczeń.

- Ilość zakłócanych równocześnie częstotliwości pracy stacji radiolokacyjnych przeciwnika przyjęto cztery.

Wielkość tę uzasadnia się tym, że należy przede wszystkim zakłócać stacje radiolokacyjne naprowadzania aktywnych środków OP na własne ugrupowania.

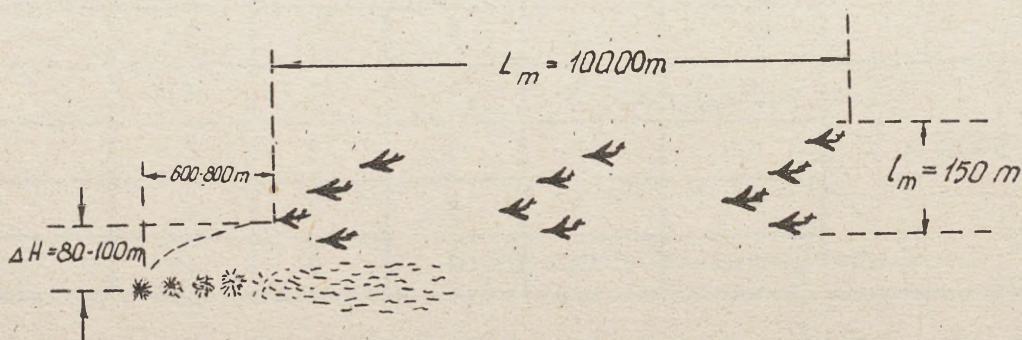
Na podstawie wzoru 21 i rys. 14 przyjęto średnie długości trasy zakłóceń/około 400 km/ przy wykorzystaniu jednej kasety.

- Ilość samolotów zakłócających obliczono dla szerokości ugrupowania bojowego 1000 m i długości korytarza zakłóceń od chwili wykrycia przez stacje radiolokacyjne przeciwnika na trasie lotu do celu i z powrotem.

B. Możliwości stosowania zakłóceń biernych przez samolotowe uzbrojenie artyleryjskie

Samoloty myśliwsko-szturmowe i myśliwsko-bombowe oprócz zakłócania z ASO mogą zakłócać biernie stacje radiolokacyjne za pomocą pocisków załadowanych dipolowymi elementami odbijającymi. W tym celu, aby skutecznie zakłócać stacje radiolokacyjne, należy dokonać niezbędnych obliczeń. Poniżej przytacza się przykładowe rozwiązanie.

Maskowane ugrupowanie bojowe przedstawia rys. 15.



Rys. 15. Przykładowe ugrupowanie bojowe eskadry samolotów w kolumnie kluczy

Zakłócenie stacji radiolokacyjnej pracujące w zakresie około $\lambda \approx 3$ cm o długości impulsu $\tau = 0,7$ μ sek. $L_m = 10000$ m.

1. Określenie tempa wystrzeliwania pocisków z dipolowymi elementami odbijającymi /T/.

$$T = \frac{\delta_D \cdot 3,6}{V_S} \quad \text{gdzie} \quad \delta_D = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 0,7 \cdot 10^{-6}}{2} = 105 \text{ m}$$

/28/

$$T = \frac{105 \cdot 3,6}{800} \approx 0,5 \text{ sek.}$$

Mając prędkość samolotu, wytwarzającego zakłócenia bierne oraz długość impulsu zakłócanej stacji radiolokacyjnej na podstawie wykresu /rys. 16/, określamy tempo wystrzeliwania pocisków z dipolowymi elementami odbijającymi.

Praktyczne posługiwanie się wykresem rys. 16.

Wyjaśnienie: Przy określaniu tempa wystrzeliwania pocisków z dipolowymi elementami odbijającymi dla stacji zakłócanej o długości impulsu do jednej mikrosekundy, korzystamy z wykresu "rys. 16A", natomiast dla długości impulsu powyżej jednej mikrosekundy korzystamy z wykresu "rys. 16B".

Określoną długość impulsu /np. 0,6 i 2,0 μ sek/ lub /90 i 300 m/ odkładamy na osi poziomej, następnie odszukujemy na grafiku uzyskaną prędkość samolotu stosującego zakłócenia bierne /np. 540 km/godz./, od punktu 0,6 lub 0,2 μ sek odkładamy odcinek linii pionowej do przecięcia się z prędkością samolotu /punkt O lub O'/, od punktu O lub O' ciągniemy linię poziomą do osi pionowej /"a" lub "b"/. Punkt przecięcia się z osią pionową /punkt M lub M'/ określa tempo wystrzeliwania pocisków z dipolowymi elementami odbijającymi /w naszym przyjętym przypadku wynosi 0,6 sek lub 2 sek/.

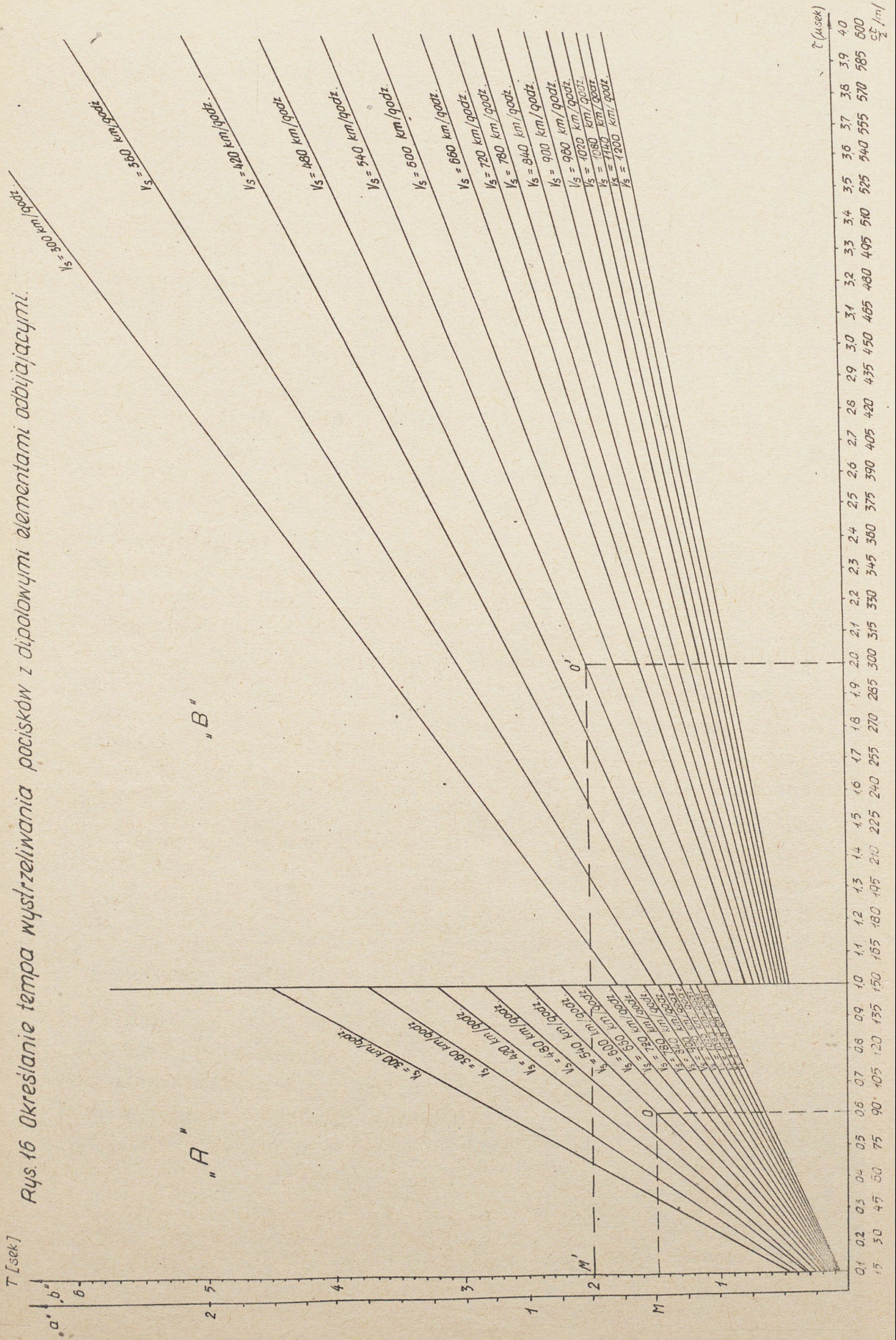
2. Określenie przewyższenia pasa zakłóceń nad ugrupowaniem bojowym / ΔH /.

$$\Delta H = \frac{/l_p + L_m/ \cdot 0,06}{V_S} \cdot V_1 \quad /29/$$

$$\Delta H = \frac{/1100 + 10000/ \cdot 0,06}{800} \cdot 100 = 83 \text{ m}$$

T [sek]

Rys. 16 Okresianie tempa wystrzeliwania pocisków z dipolowymi elementami odbijającymi.



r [km]

r [km]	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0
v_s [km/h]	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360	375	390	405	420	435	450	465	480	495	510	525	540	555	570	585	600

3. Określenie przewyższenia samolotów stosujących zakłócenia bierne nad ugrupowaniem bojowym $/H_s/$.

$$H_s = H + H_d \quad H_s = 83 + 100 = 183 \text{ m} \quad /30/$$

gdzie H_d - przewyższenie samolotów stosujących zakłócenia bierne nad pasem zakłóceń.

4. Określenie początkowej rubieży stosowania zakłóceń biernych.

$$D_{zp} = R_a + D_a \quad D_{zp} = 4,5 + 1 = 5,5 \text{ km} \quad /31/$$

gdzie D_a - odstęp aktywnego środka obrony powietrznej od atakowanego obiektu;

R_a - zasięg aktywnego środka obrony powietrznej.

5. Określenie końcowej rubieży stosowania zakłóceń biernych.

Końcowa rubież stosowania zakłóceń biernych jest równa zasięgowi skutecznego zwalczania naszego lotnictwa przez naziemne aktywne środki obrony.

6. Określenie długości trasy zakłóceń $/D_z/$.

$$D_z = 2 R_a + 2 D_a \quad D_z = /2 \cdot 4,5/ + /2 \cdot 1/ = 11 \text{ km} \quad /32/$$

7. Określenie niezbędnej ilości pocisków z dipolowymi elementami odbijającymi dla jednego zakresu $/N_{po}/$.

$$N_{po} = m \frac{D_z}{\delta_D}$$

$$N_{po} = /2 + 3/ \frac{11000}{105} = 210 + 315 \quad /33/$$

gdzie m - ilość pocisków wystrzelonych w jednej serii.

Przy określaniu niezbędnej ilości pocisków z dipolowymi elementami odbijającymi dla dwóch zakresów, obliczoną ilość dla jednego zakresu mnożymy przez dwa /w wypadku załadowania pocisku jednym typem DOS/. Przy użyciu pocisków załadowanych dipolowymi elementami odbijającymi na dwa zakresy wymagana ilość pocisków wynosi jak dla jednego zakresu.

8. Określenie niezbędnej ilości samolotów stosujących zakłócenia bierne, biorąc pod uwagę szerokość ugrupowania bojowego $/N_s/$

$$N_s = \frac{K_{ws} \cdot l_m}{S_s} \quad N_s = \frac{1.5 + 2.5}{1000} \cdot 300 = 0,45 + 0,75 \quad /34/$$

gdzie S_s - szerokość pasa zakłóceń wytworzona przez zakłócenia bierne.

9. Określenie niezbędnej ilości samolotów stosujących zakłócenia bierne w odległości $/N_D/$.

$$N_D = \frac{N_{po}}{N_{dz}} \quad N = \frac{210 + 315}{65} = 3 + 5 \quad /35/$$

Uwaga: Do obliczeń przyjęto 65 pocisków z dipolowymi elementami odbijającymi dlatego, aby samolot mógł również prowadzić działania aktywne.

Z obliczeń wynika, że dla zakłócenia stacji radiolokacyjnych jednego ugrupowania artylerii lufowej małego kalibru potrzeba 3-5 samolotów /przy założonych powyżej danych/. Jest to stosunkowo duża liczba, gdy weźmie się pod uwagę również potrzeby stosowania zakłóceń na trasach przelotu samolotów uderzeniowych. W związku z tym w celu optymalnego wykorzystania środków zakłóceń biernych stosujemy dwa sposoby zakłóceń: sposób ciągłego zakłócania^{x/} i sposób z podziałem w odniesieniu do miejsca /rejonu/ i czasu na trasie przelotu samolotów grupy uderzeniowej /zakłócenia odcinkowe/.

Ciągłe zakłócanie należy stosować w rejonach atakowanych obiektów. Sposób wykonania: co 0,5 sek. jedna seria pocisków z dipolowymi elementami odbijającymi w rejonie działania artylerii.

Zakłócenia odcinkowe stosujemy na trasie przelotu samolotów uderzeniowych w rejonach działania artylerii.

x/ Przez ciągłe zakłócanie należy rozumieć odpalanie pocisków z dipolowymi elementami odbijającymi z odstępem czasowym równym "T" /patrz wzór 28/.

Wnioski: - Ugrupowania bojowe LMSz i LMB można skutecznie niszczyć stosując zakłócenia bierne z ASO-2I lub działek tylko w polu radiolokacyjnym naprowadzania artylerii lufowej i broni pokładowej na samolotach /krótkie trasy zakłóceń/. Natomiast zakłócenie na ziemnych stacji radiolokacyjnych zabezpieczających naprowadzanie LM i kierowanych pocisków przeciwlotniczych przeciwnika jest bardzo utrudnione ze względu na małą ilość pocisków z deo w stosunku do długości tras zakłócanych. W tym przypadku zakłócenia należy stosować tylko na określonych odcinkach trasy, tam gdzie istnieje największe niebezpieczeństwo niszczenia naszych samolotów.

- W celu skutecznego zakłócania stacji radiolokacyjnych zabezpieczających naprowadzanie LM i kierowanych pocisków przeciwlotniczych przeciwnika, należy wykorzystywać /jeśli jest to możliwe w ramach współdziałania/ samoloty lotnictwa bombowego z ASO-28 lub ASO-16, które działałyby na korzyść LMSz lub LMB.

5. Zakłócenia bierne pracy stacji radiolokacyjnych nieprzyjaciela.

a. Zakłócenia bierne stacji radiolokacyjnych wykrywania, naprowadzania i wskazywania celów.

Podstawową metodą w stosowaniu biernych zakłóceń jest wytworzenie "korytarza" zakłóceń z dipolowych elementów odbijających.

Sposób wykonania. Odpalamy 6 serii pocisków /odcinek trasy zakłócanej wyniesie około 600 m/, po czym następuje przerwa 1,5 sek. /odcinek trasy nie zakłócanej wyniesie około 450 m/, następnie odpalamy 7 serii pocisków /odcinek trasy zakłócanej wyniesie około 650 m/ itd.

Ilość serii powinna być zmienna i wahać się w granicach 5÷8; zmienne również powinny być odcinki nie zakłócanie w granicach 1,5 ÷ 2,5 sek. Stosując powyższy sposób, określone zadanie można wykonać około dwukrotnie mniejszą ilością samolotów. W celu zmniejszenia skuteczności oddziaływania artylerii obrony powietrznej grupa samolotów uderzeniowych powinna sto-

sować również manewr wysokością lub kursem. Manewr należy rozpocząć natychmiast po odpaleniu ostatniej serii w odcinku zakłócanym. Manewr wysokością lub kursem jest ponadto niezbędny dla wyeliminowania z układu pamięciowego stacji radiolokacyjnej poprzedniego swego położenia w przestrzeni powietrznej. W ten sposób można w bardzo poważnym stopniu ograniczyć skuteczność oddziaływania przeciwlotniczej artylerii nieprzyjaciela na nasze lotnictwo uderzeniowe.

Skuteczne maskowanie ugrupowań samolotów w przestrzeni powietrznej przed rozpoznaniem radiolokacyjnym wymaga ścisłego przestrzegania i uwzględnienia wszystkich czynników w proponowanym rozwiązaniu. Naruszenie chociażby jednego z wyżej wymienionych czynników powoduje gwałtowne zmniejszenie skuteczności maskowania, a to z kolei może uniemożliwić osiągnięcie zamierzonego celu.

Biorąc pod uwagę minimalne użycie środków i samolotów dla wytworzenia korytarza zakłóceń przeciwko stacjom radiolokacyjnym wykrywania, naprowadzania i wskazywania celów, przy maskowaniu grup uderzeniowych w luźnym lub zwartym ugrupowaniu bojowym w dzień najbardziej celowy jest lot samolotów w korytarzu zakłóceń przy widzialności wzrokowej samolotów zakłócających. Przy odległościach 6-10 km samolotów zakłócających od czoła ugrupowania bojowego szerokość korytarza zakłóceń wynosić będzie około 1 km. Taki sposób prowadzenia samolotów w korytarzu zakłóceń nie jest stosowany podczas lotów w nocy lub w trudnych warunkach atmosferycznych.

Przy wykonywaniu uderzeń nocą pojedynczymi samolotami na obiekty rozmieszczone w taktycznej i operacyjnej głębokości obrony nieprzyjaciela, podstawową metodą stosowania zakłóceń radioelektronicznych przeciw stacjom radiolokacyjnym wykrywania, naprowadzania i wskazywania celów jest wykonanie przez specjalne samoloty /Ił-28 z ASO-28 lub Ił-16 z ASO-16/ korytarza z biernych zakłóceń, którego skuteczna powierzchnia odbijająca oddziałuje w ciągu około 10-15 minut. W korytarzu tym prowadzi się samoloty za pomocą środków radioelektronicznych.

W czasie lotu ugrupowania bojowego "potok samolotów" w odstępach czasowych co minutę i rozmieszczeniu ich na różnych

wysokościach w korytarzu zakłóceń można maskować około 60 samolotów. Ponieważ dipolowe elementy odbijające w czasie 15 minut zniżą się o około 1500 m, należy to uwzględnić przy określaniu profilu lotu samolotów.

Po upływie 15 minut skuteczna powierzchnia odbicia dipolowych elementów odbijających będzie niższa od wymaganej; z tego też względu należy ponowić zakłócenia /zależy to od głębokości potoku samolotów/.

b. Zakłócenie bierne celowników radiolokacyjnych samolotów myśliwskich nieprzyjaciela.

W celu odparcia ataków samolotów myśliwskich nieprzyjaciela w nocy lub w trudnych warunkach atmosferycznych należy - na podstawie danych z urządzenia sygnalizującego opromienianie pokładową stacją radiolokacyjną - stosować znajdujące się na samolotach indywidualne środki zakłóceń biernych. W celu racjonalnego użycia tych środków wskazane jest naniesienie na mapę lotu możliwych rubieży przechwycenia przez samoloty myśliwskie nieprzyjaciela zarówno z położenia dyżurowania na lotnisku, jak i z położenia dyżurowania /patrowania/ w powietrzu dla danej wysokości lotu. Paczki z dipolowymi elementami odbijającymi celowo jest zrzucać /wyszturzać/ na odcinku końcowego etapu naprowadzania myśliwców z takim wyliczeniem, aby przerwać automatyczne naprowadzanie i uniemożliwić celne prowadzenie ognia z broni pokładowej. Zrzucanie /wyszturzanie/ paczek z dipolowymi elementami odbijającymi powinno być skorygowane z manewrem obronnym stosowanym w taki sposób, aby uniemożliwić automatyczne śledzenie oraz spowodować odchylenie anteny pokładowej stacji radiolokacyjnej przeciwnika od kierunku na samolot. Zmusi to pilota samolotu myśliwskiego do przeprowadzenia powtórnego celowania. Z praktyki wynika, że na wykonanie tych czynności pilot samolotu myśliwskiego traci około 10-20 sek.

Paczki z dipolowymi elementami odbijającymi wyrzucane z automatu ASO zapewniają przerwanie ataku samolotów myśliwskich nieprzyjaciela z radiolokacyjnymi celownikami przy sylwetce nie większej niż 3/4. Do przerwania ataku samolotów myśliwskich z przedniej półsfery mogą być wykorzystane pociski /rakiety/ wypełnione dipolowymi elementami odbijającymi.

Przy wykonaniu ataku przez samoloty myśliwskie nieprzyjaciela z prędkością rzędu 800 - 1000 km/godz. i większą, należy stosować zakłócenia bierne pokładowych radiolokacyjnych celowników samolotów myśliwskich nie tylko w nocy, lecz również i w dzień, zwłaszcza w trudnych warunkach atmosferycznych. Skuteczność ataku z wykorzystaniem optycznych celowników jest gorsza, ze względu na mniejszą dokładność określania współrzędnych celu w porównaniu z radiolokacyjnymi celownikami, a przy prędkościach rzędu 800-1000 km/godz. i większej znacznie się ona obniża. Ponadto prowadzenie ognia kierowanymi pociskami raketowymi może się odbywać tylko za pomocą celowników radiolokacyjnych.

Oprócz zakłócenia pracy radiolokacyjnej stacji wykrywania i przycelowania broni pokładowej, samoloty myśliwsko-bombowe i myśliwsko-szturmowe mogą również stosować zakłócenia bierne pokładowej aparatury radiolokacyjnej rakiet kierowanych i ich zapalników radiolokacyjnych. Zakłócenie aparatury pokładowej rakiet kierowanych i ich zapalników radiolokacyjnych stosuje się w celu spowodowania wybuchu rakiety w bezpiecznej odległości od własnego samolotu lub spowodowania takich błędów w układach naprowadzania, przy których rakiet nie osiągnie celu lub nie zadziała zapalnik radiolokacyjny.

Częstotliwość zrzucania paczek z dipolowymi elementami odbijającymi przeciwko rakietom kierowanym, których koordynatory nie posiadają układów selekcji celu w prędkości /np. Falcon-1/, powinna być taka sama jak dla radiolokacyjnych stacji wykrywania i przycelowania. Jeżeli koordynatory rakiety posiadają układy selekcji celów w prędkości /np. Sparrow-3/, to częstotliwość zrzucania paczek z elementami odbijającymi powinna być zwiększona około 4-8-krotnie.

Stosując zakłócenia bierne zapalników radiolokacyjnych, należy mieć na uwadze możliwość zastosowania w nich selektywnych wąskopasmowych filtrów, zestrojonych na odpowiedni zakres prędkości zbliżania do celu. Przy zastosowaniu takich filtrów zrzucanie paczek z dipolowymi elementami odbijającymi z częstotliwością obliczoną jak dla radiolokacyjnych stacji wykrywania i przycelowania będzie skuteczna tylko przy strzelaniu przez samolot myśliwski pod sylwetką 4/4, gdy prędkość zbliżania ra-

kiety do celu jest bliska prędkości zbliżania jej do elementów odbijających.

Podczas ataków pod małymi sylwetkami należy kilkakrotnie zwiększyć gęstość obłoku zakłóceń, co możliwe jest tylko przy użyciu samolotów wytwarzających zakłócenia bierne z ASO-2J lub przez samoloty specjalnie do tego celu przystosowane. Należy zaznaczyć, że wytwarzanie zakłóceń biernych za pomocą elementów odbijających jest bardzo skuteczne dla spowodowania samoczynnego zadziałania zapalnika radiolokacyjnego. W przybliżeniu można przyjąć, że przy wykorzystaniu każdego ze środków: ASO-2J /64 pociski z dipolowymi elementami odbijającymi odpalane elektrycznie co 0,3 lub 1 sek. /, PRŁ-30 /65 pocisków z dipolowymi elementami odbijającymi/ i PRS-1 /16 rakiet z dipolowymi elementami odbijającymi/, można uniemożliwić 4 ataki samolotu myśliwskiego przeciwnika, z ASO-2B /800 paczek z dipolowymi elementami odbijającymi /8-16 ataków myśliwca.

c. Bierne zakłócanie radiolokacyjnych stacji przeciwlotniczej artylerii lufowej i raketowej nieprzyjaciela.

W celu skutecznego zakłócania pracy systemów radioelektronicznych przeciwlotniczej artylerii lufowej i raketowej nieprzyjaciela należy stosować zakłócenia czynne i bierne na wszystkich wykorzystywanych przez niego długościach fal. W lotnictwie myśliwsko-bombowym i myśliwsko-szturmowym może być stosowany tylko jeden rodzaj zakłóceń, to jest zakłócenia bierne. Jednak ilość środków zakłóceń biernych jest stosunkowo mała i niewystarczająca dla wytwarzania na całych trasach lotów ciągłych zakłóceń na wszystkich długościach fal, na których pracują stacje radiolokacyjne nieprzyjaciela. Z tego wynika, że można zakłócać biernie tylko stacje radiolokacyjne stanowiące największe niebezpieczeństwo. Na trasach lotów oraz w rejonach celów najniebezpieczniejsze będą stacje radiolokacyjne kierowania ogniem przeciwlotniczej artylerii lufowej i naprowadzania rakiet przeciwlotniczych.

Zabezpieczenie działań lotnictwa myśliwsko-bombowego i myśliwsko-szturmowego przez zakłócenia bierne pracy stacji radiolokacyjnych wykrywania i wskazywania celów powietrznych przeciwlotniczej artylerii lufowej i raketowej może być rea-

lizowane tylko przez specjalnie przystosowane do tego celu samoloty /np. Ił-28 z ASO-28/. Uwarunkowane to jest tym, że trasy zakłóceń są długie, a tym samym należy zrzucić bardzo dużą ilość paczek z dipolowymi elementami odbijającymi. Zakłócenia bierne pracy stacji radiolokacyjnych kierowania ogniem przeciwlotniczej artylerii lufowej i naprowadzania rakiet realizuje się siłami i środkami lotnictwa myśliwsko-bombowego i myśliwsko-szturmowego. W celu racjonalnego użycia środków zakłóceń biernych należy nanieść na mapę lotu miejsca rozmieszczenia przeciwlotniczej artylerii lufowej i raketowej oraz ich rubieże prowadzenia skutecznego ognia. Początek wytwarzania zakłóceń biernych powinien być co najmniej na maksymalnej odległości rozpoczęcia prowadzenia skutecznego ognia przez nieprzyjaciela i kontynuowany aż do wyjścia ze strefy ognia. Zakłócenia w strefie ognia mogą być ciągłe lub wytwarzane na pewnych odcinkach. Będzie to zależało od stosunku ilości paczek do długości całej trasy zakłóceń.

d. Stosowanie zakłóceń biernych podczas działań bojowych lotnictwa na małych wysokościach.

Podczas działań bojowych lotnictwa własnego na małych wysokościach skuteczność artylerii przeciwlotniczej i lotnictwa myśliwskiego nieprzyjaciela znacznie maleje. Jeżeli na wysokościach 1000-4000 m skuteczność ognia artylerii przeciwlotniczej jest największa, to na wysokościach rzędu 300-500 m prowadzenie ognia przez artylerię z wykorzystaniem stacji radiolokacyjnych jest mało skuteczne. Odległość wykrycia ugrupowania bojowego lecącego na małych wysokościach przez stacje radiolokacyjne jest stosunkowo mała /mały zasięg wykrycia RLS, odbicia od miejscowych przedmiotów terenowych, stożek martwy/. Z tego też względu naprowadzanie samolotów myśliwskich jest bardzo ograniczone, a w niektórych wypadkach - w ogóle niemożliwe.

Biorąc pod uwagę ograniczone możliwości aktywnych środków OP nieprzyjaciela przy zwalczaniu naszych samolotów lecących na małych wysokościach, zakłócenia bierne należy stosować w następujący sposób. Przy działaniu LMSz i LMB na wysokościach

rzędu 150+300 m można pokonywać system obrony powietrznej przeciwnika bez specjalnego maskowania radioelektronicznego. Jednak trzeba mieć zawsze na uwadze to, aby stworzyć dla przeciwnika jak najtrudniejsze sytuacje, nie dać mu nawet w minimalnie krótkim czasie skutecznie wykorzystać aktywnych środków obrony powietrznej. Dlatego też należy stosować zakłócenia bierne w strefach działania aktywnych środków OP nieprzyjaciela oraz manewr kursem na trasie lotu.

Powyższe zabiegi w bardzo poważnym stopniu ograniczają działania aktywnych środków i tym samym zmniejszają do minimum własne straty.

III. ZAKŁÓCENIA CZYNNNE I ZASADY ICH ZASTOSOWANIA

1. Porównanie pod względem energetycznym nadajnika zakłóceń ze stacją radiolokacyjną

Do zakłóceń czynnych zalicza się wszelkie promieniowanie energii elektromagnetycznej, która została wypromieniowana w celu zakłócenia. Metody wytwarzania zakłóceń czynnych mogą być różne, jednak wszystkie są oparte na tym, że zakłócające promieniowanie wytwarza się na częstotliwości zgodnej z częstotliwością zakłócanej stacji radiolokacyjnej. Do kompletu aparatury zakłóceń wprowadza się odbiorniki rozpoznawcze i wskaźniki dla określenia częstotliwości, na której należy wytwarzać zakłócenia.

W początkowym okresie czasu zakładano, że dla zakłócenia użytecznego sygnału przychodzącego na wejście odbiornika stacji wystarczy wypromieniować na tej częstotliwości sygnał zakłóceń o bardzo małej mocy, nie zwracając uwagi szczególnie na energetyczny stosunek i kierunkowość wypromieniowania zakłóceń. Wychodząc z tego założenia, produkowano nadajniki zakłóceń mocy kilku wat, a nadajniki o mocy 10-20 wat uważano za nadajniki o bardzo dużej mocy.

Dalsze badania wykazały jednak, że w czasie opracowywania aparatury dla wytworzenia zakłóceń w pierwszym rzędzie należy wziąć pod uwagę stosunki energetyczne.

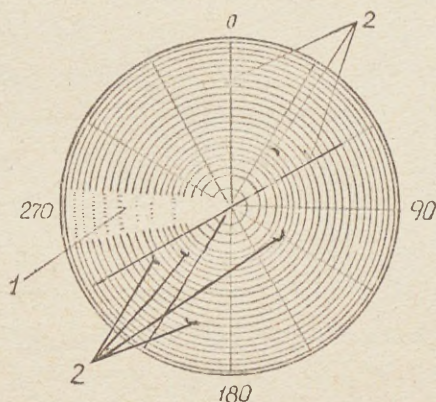
Moc nadajnika zakłóceń niezbędna dla skutecznego zakłócenia pracy RLS w zasadzie określa się następująco. W stacji radiolokacyjnej pracującej w systemie impulsowym koncentrować można w impulsie dużą moc rzędu kilku milionów wat, natomiast nadajniki zakłóceń powinny promieniować ciągle.

Jeżeli przyjąć współczynnik wypełnienia pracy stacji radiolokacyjnej równy 0,001, co odpowiada długości impulsu 1 μ sek przy częstotliwości powtarzania 1000 Hz, to nadajnik zakłóceń będzie energetycznie "ustępować" w stosunku do stacji zakłóceń 1000 razy.

Stacje radiolokacyjne z reguły posiadają bardzo dużą kierunkowość anten ze współczynnikiem kierunkowego działania dochodzącym do kilku tysięcy. Anteny nadajników zakłóceń, szczególnie na samolotach, posiadają znacznie mniejszą kierun-

kowość, gdyż w przeciwnym wypadku bardzo skomplikowałoby się ich naprowadzanie na zakłócaną stację. W tym wypadku można przyjąć, że nadajnik posiada dziesięciokrotnie mniejszy zysk kierunkowy w porównaniu z przeciętną stacją radiolokacyjną.

Nastrojenie nadajnika wąskopasmowych zakłóceń na częstotliwość stacji radiolokacyjnej może być niedokładne. Dla kompensacji tej niedokładności pasmo zakłóceń powinno być nieco szersze od pasma częstotliwości przepuszczania przez odbiornik stacji radiolokacyjnej. Oprócz tego napięcie sygnału zakłóceń na wejściu odbiornika winno być kilka razy większe od napięcia użytecznego sygnału, w przeciwnym razie użyteczne sygnały będą widoczne na tle zakłóceń. W tym wypadku stacja radiolokacyjna ma 5-krotną przewagę nad nadajnikiem zakłóceń.



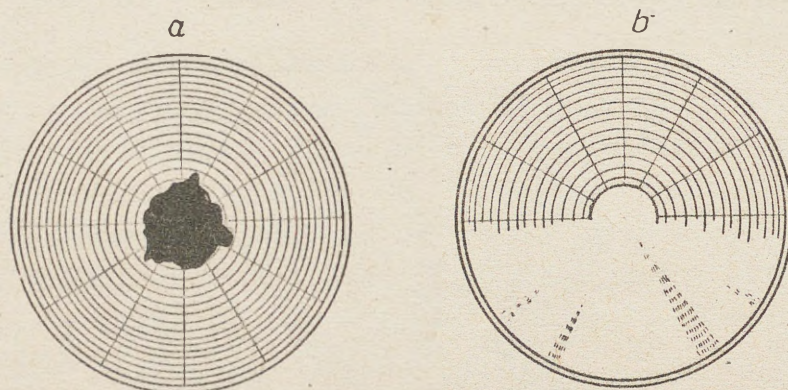
Rys. 17. Oddziaływanie nadajnika zakłóceń małej mocy na stację radiolokacyjną obserwacji okrężnej: 1 - sektor podświetlony zakłóceniami; 2 - impulsy odbite od samolotów

Jeżeli moc nadajnika zakłóceń jest stosunkowo mała, to skuteczne oddziaływanie zakłóceń na stację radiolokacyjną będzie wywoływane tylko wówczas, kiedy antena stacji będzie skierowana na nadajnik zakłóceń. Oddziaływanie takiego nadajnika na pracę stacji radiolokacyjnej będzie widoczne w postaci wąskiego podświetlonego sektora na ekranie wskaźnika typu "P" /rys. 17/, szerokość sektora będzie przypuszczalnie równa szerokości charakterystyki kierunkowej stacji radiolokacyjnej. Zrozumiałe jest, że skuteczność takiego zakłócania będzie nie-

wielka, ponieważ będą widoczne wszystkie sygnały od celów znajdujące się poza wąskim sektorem zakłóceń.

Dla podświetlenia szerokiego sektora na ekranie należy zwiększyć moc nadajnika zakłóceń do takiego stopnia, ażeby oddziaływanie zakłóceń wywoływane było i wówczas, kiedy antena stacji odchyli się od kierunku na nadajnik. Zakłócenia na wskaźniku stacji wyniknąć mogą również w rezultacie bocznego i wstecznego odbioru anteny.

Oczywiście, im mniejszy będzie poziom bocznego i tylnego odbioru anteny stacji, tym bardziej należy podwyższać moc nadajnika zakłóceń. Wpływ zakłóceń dużej mocy na stację radiolokacyjną pokazany jest na rys. 18.



Rys. 18. Silne zakłócenia dla stacji obserwacji okrężnej:
a - wygląd wskaźnika bez zakłóceń; b - ten sam wskaźnik z zakłóceniami

Jeżeli nadajnik ma wytwarzać zakłócenia w sektorze, to znów otrzyma się energetyczne "straty", których wielkość zależy od jakości anteny stacji radiolokacyjnej i od szerokości sektora, który powinien być podświetlony przez nadajnik zakłóceń. Przyjmujemy, że wielkość tych "strat" wynosi 100.

Jeżeli teraz zsumujemy powyższe energetyczne "straty" nadajnika zakłóceń i porównamy ze stacją radiolokacyjną /przy obliczaniu powinniśmy wziąć pod uwagę iloczyn oddzielnych "strat"/, to otrzymamy wielkość 5 000 000. Wielkość ta na tyle jest duża, że może ona całkowicie skompensować pozornie ogromną energetyczną przewagę nadajnika zakłóceń polegającą na tym,

że stacja radiolokacyjna przyjmuje słaby odbity sygnał od celu przypuszczalnie z tej odległości, z której promieniuje się silny bezpośredni sygnał zakłóceń.

2. Oddziaływanie nadajnika zakłóceń na stację radiolokacyjną w zależności od odległości, szerokości i intensywności podświetlonego sektora

Zasięg działania nadajnika zakłóceń zależy nie tylko od wypromieniowanej przez niego mocy, ale i od charakterystyki stacji radiolokacyjnej. Jeden i ten sam nadajnik zakłóceń może mieć zasięg działania dla jednej stacji radiolokacyjnej 100 km, a dla drugiej 50 km. Zależy to od poziomu bocznego promieniowania anteny, mocy nadajnika i czułości odbiornika stacji radiolokacyjnej. Biorąc to pod uwagę, łatwiej jest podać charakterystykę nadajnika zakłóceń nie na podstawie zasięgu jego działania, lecz wypromieniowanej mocy.

Przy porównaniu energetycznych stosunków stacji radiolokacyjnej i nadajnika zakłóceń należy mieć na uwadze następujące czynniki. Zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnej jest proporcjonalny do pierwiastka czwartego stopnia z mocy nadajnika, ponieważ promieniowana energia przechodzi odległość pomiędzy stacją i celem dwa razy - do celu i z powrotem. Zasięg działania nadajnika zakłóceń jest proporcjonalny do pierwiastka drugiego stopnia z jego mocy, ponieważ promieniowana moc przechodzi odległość pomiędzy nadajnikiem i stacją tylko w bezpośrednim kierunku. Wymagana moc nadajnika stacji radiolokacyjnej P_{RLS} jest proporcjonalna do czwartej potęgi z odległości, a moc nadajnika zakłóceń P_{nz} - do kwadratu odległości.

$$P_{RLS} = D^4$$

$$P_{nz} = D^2$$

Z tego stosunku wynika, że przy zmniejszeniu odległości moc stacji radiolokacyjnej wzrasta znacznie szybciej aniżeli moc nadajnika zakłóceń oraz że nadajnik zakłóceń skutecznie zakłóca pracę stacji na dużych i średnich odległościach /około 120-30 km/, przy zmniejszeniu odległości do pewnej minimalnej /na tle zakłóceń są widoczne sygnały odbite od celów/.

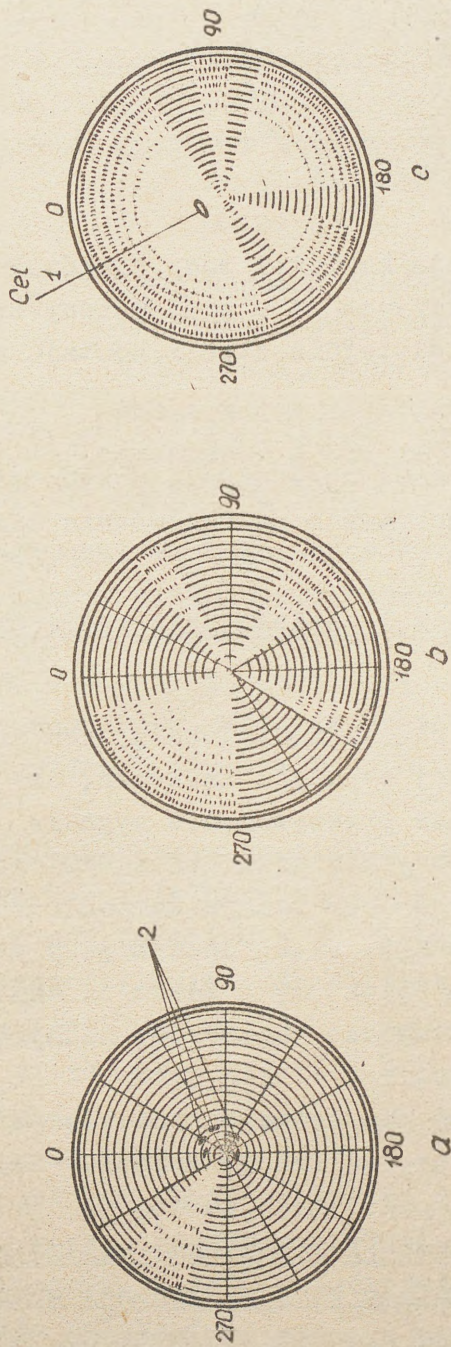
Na rys. 19 pokazany jest wpływ zakłóceń samolotowego nadajnika na stację radiolokacyjną obserwacji okrężnej z różnych odległości. Przy większej odległości na ekranie wskaźnika widoczny jest wąski sektor zakłóceń, a odbity od samolotu sygnał użyteczny jest niewidoczny /rys. 19a/.

Przy zmniejszaniu odległości sektor zakłóceń rozszerza się, pojawiają się dodatkowe zakłócone sektory od bocznych i tylnych listków promieniowania kierunkowej anteny - odbity od samolotu sygnał użyteczny, jak i poprzednio jest niewidoczny /rys. 19b/. Przy dalszym zmniejszeniu odległości sektor zakłóceń jeszcze się rozszerza, jednak na tle zaświeconego sektora zaczyna pojawiać się sygnał użyteczny odbity od samolotu, na którym umieszczony jest nadajnik zakłóceń /rys. 19c/.

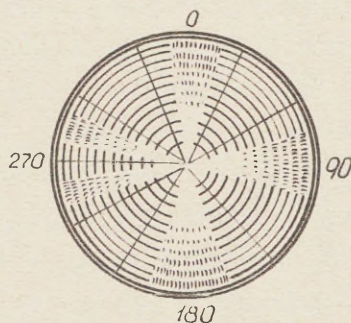
Dla skutecznego zakłócania pracy stacji radiolokacyjnej niedostateczne jest wytworzenie tylko szerokiego sektora zakłóceń na ekranie wskaźnika. Konieczne jest również odpowiednio duże rozjaśnienie sektora zakłóceń, posiadające taką intensywność, przy której sygnał odbity od celu byłby niewidoczny na tle zakłóceń. Nadajnik zakłóceń dużej mocy może doprowadzić odbiornik stacji radiolokacyjnej do przesterowania. Obserwuje się wówczas pojawienie wąskich zaciemnionych sektorów w środku szerokiego zaświeconego sektora zakłóceń /rys. 20/.

W odróżnieniu od stacji radiolokacyjnej, gdzie z reguły wykorzystuje się generatory pracujące w systemie impulsowym, dla nadajników zakłóceń wykorzystuje się zazwyczaj generatory ciągłego promieniowania.

Ostatnio do obrony przed zakłóceniami zaczęto wykonywać stacje radiolokacyjne z przestrajaniem częstotliwości roboczej. Spowodowało to nowe wymagania w stosunku do aparatury zakłóceń. Obecnie nie wystarcza, aby nadajnik zakłóceń posiadał dużą moc i szerokie granice przestrajania w częstotliwości, ale także powinien też być szybko przestrajany. Mechaniczne systemy przestrajania nie mogą spełnić tych wymagań. Dlatego zaczęto konstruować generatory zakłóceń posiadające szybkie bezinercyjne przestrajanie w szerokich granicach. W tym wypadku udoskonalenie stacji radiolokacyjnych zmusza do szukania i rozpracowania nowych metod wytwarzania zakłóceń, a następnie do zwiększania skuteczności oddziaływania przeciwradiolokacyjnej aparatury,



Rys. 19. Oddziaływanie samolotowego nadajnika zakłóceń na stacji obserwacji okrężnej:
 a - duża odległość; b - średnia odległość; c - mała odległość;
 1 - sygnał odbity od celu; 2 - sygnały odbite od miejscowych przedmiotów terenowych.



Rys. 20. Oddziaływanie nadajnika dużej mocy zakłóceń szumowych na stacje radiolokacyjne /1 - zaciemniony sektor, w granicach którego odbiornik stacji zostaje przestawiany/

co nieuchronnie pociąga za sobą opracowanie nowych metod radiolokacji i zwiększenie odporności na zakłócenia stacji radiolokacyjnych.

3. Określenie niezbędnej mocy i zasięgu zakłócenia pracy stacji radiolokacyjnych

Dla zakłócania pracy stacji radiolokacyjnych należy nie tylko wybrać skuteczny rodzaj czynnych zakłóceń, ale również należy zabezpieczyć konieczne przewyższenie sygnału zakłóceń nad sygnałem użytecznym na wejściu urządzenia odbiorczego zakłócanego stacji. Zależy to od mocy nadajnika zakłóceń, parametrów taktyczno-technicznych RLS, odległości między nadajnikiem zakłóceń a RLS i osłanianym obiektem, a także od charakterystyki celu. Wyprowadzimy zależność parametrów nadajnika zakłóceń od parametrów RLS i celu.

Sprawdzianem dla oceny niezbędnego przewyższenia sygnału zakłócającego nad sygnałem użytecznym na wejściu zakłócanego odbiornika jest tak zwany współczynnik zakłóceń.

Współczynnikiem zakłóceń /Kz/ nazywamy minimalny stosunek amplitudy drgań sygnału zakłóceń przy wyłączonej modulacji nadajnika zakłóceń do amplitudy sygnału użytecznego, mierzony na wejściu odbiornika. Stosunek ten wybiera się z takim wyliczeniem, aby zapewnić żądane prawdopodobieństwo zakłócenia sygnału użytecznego przy włączeniu modulacji.

$$K_z = \frac{U_z}{U_s} \quad \text{lub} \quad K_z^2 = \frac{\text{Podz.}}{\text{Pods.}} \quad /36/$$

gdzie: U_s i P_{ods} - napięcie i moc sygnału użytecznego;

U_z i P_{odz} - napięcie i moc sygnału częstotliwości nośnej zakłóceń na wejściu odbiornika zakłócanego.

Wielkość K_z^2 - jest wygodna dlatego, że ona automatycznie uwzględnia różne właściwości zakłóceń /szerokość pasma, głębokość modulacji, obecność modulacji i częstotliwości, charakter modulowanego widma/ i nie zależy od absolutnego poziomu zakłóceń.

Praktyczna wartość współczynnika zakłóceń, otrzymana dla zakłóceń z optymalnymi parametrami, określa stopień odporności na zakłócenia odbiorczo-wskaźnikowego urządzenia stacji. Dla wskaźników z modulacją amplitudy w zakresie centymetrowym w dogodnych warunkach " K_z " nie udaje się otrzymać poniżej 3÷6. W laboratoryjnych warunkach uzyskuje się K_z wynoszące nawet 2÷3.

Przy określeniu możliwości nadajnika zakłóceń centymetrowego zakresu należy brać pod uwagę wielkość współczynnika zakłóceń nie mniejszą jak $K_z = 3$. Natomiast dla wskaźnika z modulacją jasności, wielkość współczynnika zakłóceń jest mniejsza niż dla wskaźnika z modulacją amplitudy i wynosi $K_z=1,5:2,5$; tłumaczy się to gorszymi warunkami obserwowania sygnałów na ekranach z modulacją jasności w porównaniu ze wskaźnikiem z modulacją amplitudy.

Wartości K_z przyjmowane są dla wąskopasmowych i szerokopasmowych zakłóceń szumowych. Pomiędzy współczynnikiem zakłóceń szerokopasmowych K_{zz} a współczynnikiem zakłóceń wąskopasmowych K_z istnieje zależność:

$$\frac{K_{zz}^2}{F_{zz}} = \frac{K_z^2}{F_z}; \quad /37/$$

gdzie: f_{zz} - szerokość pasma szerokopasmowych zakłóceń;

f_z - szerokość pasma wąskopasmowych zakłóceń.

Jeżeli znany jest współczynnik zakłócania K_z , to możemy określić skuteczną moc nadajnika dla różnych przypadków zakłócania.

Rozróżnia się dwa przypadki:

- gdy nadajnik zakłóceń jest poza maskowanym obiektem i zakłóca głównie przez listki boczne charakterystyki promieniowania anteny stacji radiolokacyjnej /patrz rys. 21b/;
- gdy nadajnik zakłóceń znajduje się wraz z maskowanym obiektem lub jest w ugrupowaniu bojowym /patrz rys. 21a/.

Określimy skuteczną moc nadajnika zakłóceń dla przypadku pierwszego.

Wprowadzimy oznaczenia:

P_{RLS} - moc w impulsie promieniowania przez RLS;

G_{RLS_0} - maksymalny zysk kierunkowy anteny RLS;

G_{RLS} - zysk kierunkowy anteny RLS w kierunku na cel;

G'_{RLS} - zysk kierunkowy anteny RLS w kierunku na nadajnik zakłóceń;

D_c - odległość od celu do RLS;

σ_s - skuteczna powierzchnia odbicia /celu/ obiektu;

A_{RLS_0} - A_{RLS} , A'_{RLS} - skuteczna powierzchnia anteny odbiorczej RLS, odpowiednio do kierunku maksymalnej kierunkowej diagramy celu i nadajnika zakłóceń;

P_z - moc promieniowania przez nadajnik zakłóceń;

G_z - współczynnik wzmocnienia anteny nadajnika zakłóceń w kierunku na RLS;

D_z - odległość między nadajnikiem zakłóceń a RLS.

Za podstawę do obliczeń przyjęty zostanie współczynnik zakłóceń.

$$K_z^2 = \frac{P_{odz}}{P_{ods}}$$

/38/



Rys. 21. Schemat zakłócania naziemnych stacji radiolokacyjnych
 a - nadajnik zakłóceń znajduje się wraz z maskowanym obiektem w jednym ugrupowaniu bojowym; b - nadajnik zakłóceń maskuje samolot, działając na boczne listki charakterystyki anteny

Wielkość mocy sygnału odbitego na wejściu odbiornika RLS znajdziemy z podstawowego równania radiolokacji:

$$P_{ods} = \frac{P_{RLS} G_{RLS}}{4\pi D_c^2} \cdot \sigma_s \cdot A_{RLS} \quad /39/$$

Moc zakłóceń na wejściu odbiornika od nadajnika zakłóceń określa się wyrażeniem:

$$P_{odz} = \frac{P_z G_z}{4\pi D_z^2} \cdot \gamma \cdot A_{RLS}; \quad /40/$$

gdzie γ - współczynnik uwzględniający osłabienie mocy zakłóceń ze względu na niezbieżność polaryzacji pola zakłóceń i anteny RLS / $\gamma > 1/$.

Podstawiając wyrażenie /39/ i /40/ w 38, otrzymamy

$$\frac{P_z \cdot G_z}{4 \pi D_z^2} \cdot \delta \cdot A_{RLS}' = K_z^2 \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS}}{4 \pi D_c^2/2} \cdot \sigma_s \cdot A_{RLS} \quad /41/$$

Jeżeli w RLS jedna antena spełnia również funkcję i anteny nadawczej, to wzór /41/ można uprościć, wyrażając skuteczną powierzchnię tłumienia anteny odbiorczej przez współczynnik wzmocnienia anteny nadawczej.

$$A_{RLS} = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_{RLS} \quad \text{i} \quad A_{RLS}' = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_{RLS}'$$

gdzie λ - długość fali:

Wówczas wzór /41/ będzie posiadał postać:

$$\frac{P_z G_s}{4 \pi D_z^2} \cdot \frac{\lambda^2}{4 \pi} \cdot G_{RLS} \cdot \delta = K_z^2 \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS}}{4 \pi D_c^2/2} \cdot \sigma_s \cdot \frac{\lambda^2}{4 \pi} \cdot G_{RLS} \quad /42/$$

Moc nadajnika zakłóceń zakresu centymetrowego często jest określana wartością mocy, tj. mnożeniem mocy promieniowanej przez współczynnik wzmocnienia anteny nadajnika zakłóceń.

Rozwiązując wzór /42/, dotyczący skutecznej mocy nadajnika zakłóceń, otrzymamy:

$$P_z \cdot G_z = \frac{K_z^2}{\delta} \cdot \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS} \sigma_s}{4 \pi \frac{G_{RLS}'}{G_{RLS}}} \cdot \frac{D_z^2}{D_c^4} \quad /43/$$

Wzór /43/ właściwy jest dla wypadku rozchodzenia się fal radiowych w swobodnej przestrzeni przy dowolnym rozmieszczeniu nadajnika zakłóceń stacji radiolokacyjnej i samolotu maskowanego /objektu/.

Przy uwzględnieniu wpływu ziemi otrzymamy:

$$P_z \cdot G_z = \frac{K_z^2}{\delta} \cdot \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS} \sigma_s}{4 \pi \frac{G_{RLS}'}{G_{RLS}}} \cdot \frac{D_z^2}{D_c^4} \cdot \frac{\gamma_{nad}^2 \cdot \gamma_{od}^2}{\gamma_{nz}^2} \quad /44/$$

gdzie - współczynnik oddziaływania ziemi dotyczący pola dla nadawania i odbioru na drodze: nadajnik RLS - cel, cel - odbiornik RLS, nadajnik zakłóceń - odbiornik RLS.

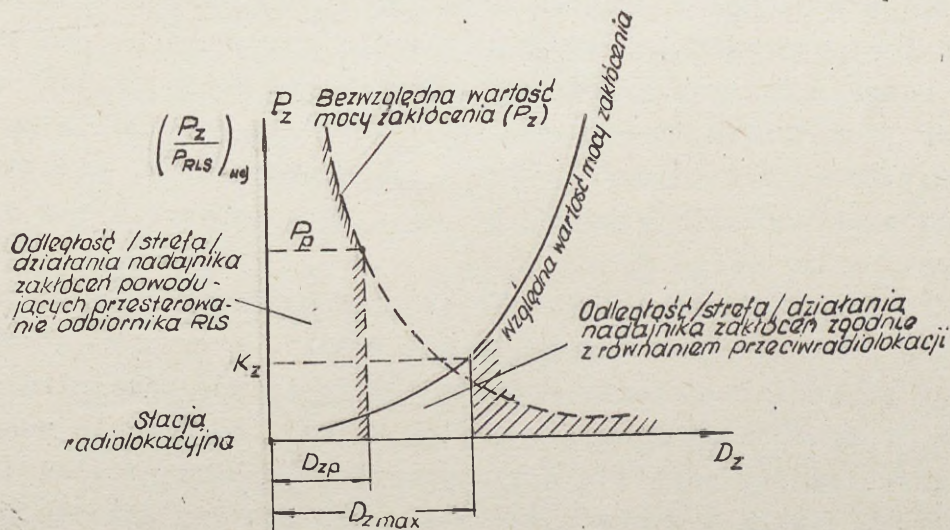
W niektórych wypadkach, gdy nadajnik zakłóceń ma zamaskować tylko ten samolot, na którym on jest umieszczony lub który znajduje się w ugrupowaniu bojowym, wzory /43/ i /44/ mogą być zapisane w następującej postaci:

$$P_{nzs} = \frac{K_z^2}{\gamma} \cdot \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS}}{4\pi} \cdot \sigma_s \cdot \frac{1}{D_c^2} \quad /45/$$

$$P_{nzs} = P_z \cdot G_z = \frac{K_z^2}{\gamma} \cdot \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS}}{4\pi} \cdot \sigma_s \cdot \frac{\gamma_{nad}^2}{D_c^2} \quad /46/$$

Zasięg zakłócania nadajników zakłóceń czynnych

Skuteczne zakłócanie pracy stacji radiolokacyjnych można określić wielkością minimalnej i maksymalnej odległości zakłóceń. Przy rozważaniu powyższego zagadnienia należy uwzględnić zależność stosunku mocy zakłóceń do mocy sygnału użytecznego stacji radiolokacyjnej. Zależność ta w funkcji odległości D_z przedstawiona jest w postaci wykreślonej na rys. 22.



Rys. 22. Odległość /strefa/ działania nadajnika zakłóceń powo- krywającego się z obiektem w funkcji odległości

Analiza tej krzywej wskazuje na względne zmniejszenie mocy zakłócania w porównaniu z mocą sygnału w miarę przybliżania się samolotu z nadajnikiem zakłóceń do zakłócaniej stacji radiolokacyjnej.

Poczynając od pewnej odległości D_{zmin} /wzór 47/ stosunek mocy zakłócenia do mocy sygnału stacji radiolokacyjnej staje się mniejszy niż współczynnik zakłócania K_z , wskutek czego cel zostaje wykryty na tle zakłóceń.

$$D_{zmin} = \sqrt{\frac{K_z^2 \cdot P_{RLS} \cdot G_{RLS} \cdot \sigma_s}{\gamma \cdot P_z \cdot G_z \cdot 4\pi}} \cdot \frac{\Delta f_z}{\Delta f_{RLS}} \quad /47/$$

Wzór jest słuszny dla wypadku, gdy nadajnik zakłóceń znajduje się z maskowanym obiektem w jednym ugrupowaniu bojowym.

Zmniejszenie skuteczności zakłócenia w rozpatrywanym przypadku tłumaczy się odmiennymi zależnościami zmian mocy zakłócenia i mocy sygnału stacji radiolokacyjnej wraz ze zmianą odległości. Moc zakłócenia wraz ze zmniejszeniem odległości rośnie odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu D_z , podczas gdy moc sygnału stacji radiolokacyjnej wzrasta odwrotnie proporcjonalnie do czwartej potęgi odległości D_c .

Należy nadmienić, że bezwzględna wartość mocy zakłócenia wzrasta w miarę przybliżania się nadajnika zakłóceń do zakłócaniej stacji radiolokacyjnej. W wielu przypadkach, poczynając od pewnej odległości może ona przekroczyć dopuszczalną wartość mocy przesterowania odbiorczego urządzenia wskaźnikowego. Dotyczy to w szczególności stacji radiolokacyjnych, których odbiorcze urządzenia wskaźnikowe mają ograniczony zakres dynamiczny.

Przeciążenie traktu odbiorczo-wskaźnikowego przez zakłócenie powoduje jego całkowite zakłócenie, przy czym skuteczność tego zakłócenia wzrasta w miarę zbliżania się nadajnika zakłóceń do zakłócaniej stacji radiolokacyjnej. Na ekranie wskaźnika panoramicznego powstają w tym przypadku sektory rozświetlone, których liczba i wymiary wzrastają bez przerwy wskutek przeciążenia odbiornika zakłóceniami odbieranymi przez boczne listki charakterystyki kierunkowej anteny. Od pewnej odległości wskaźnik stacji radiolokacyjnej może być całkowicie zaświecony.

Użycie odbiorczych urządzeń wskaźnikowych o dużym zakre-

nie dynamicznym, mających różnego rodzaju regulacje wzmocnienia, może w poważnym stopniu wyeliminować wpływ zakłócenia spowodowanego przesterowaniem.

Na podstawie równania /wzór 43/ można określić maksymalnie dopuszczalną odległość nadajnika zakłóceń od zakłócanej stacji radiolokacyjnej D_{zmax} . Można także wyznaczyć zasięg wykrywania D_c maskowanego samolotu przez stację radiolokacyjną w warunkach zakłóceń szumowych, gdyż zakłócenia szumowe są najbardziej typowe i najczęściej stosowane dla zakłócania pracy stacji radiolokacyjnych.

Zależności te podają poniższe wzory:

$$1/ D_{zmax} = D_c^2 \sqrt{\frac{\gamma}{K_z^2} \cdot \frac{P_z \cdot G_z \cdot G_{RLS}}{P_{RLS} \cdot G_{RLS} \cdot G_{RLSo}} \cdot \frac{4\pi}{\sigma_s}} \quad /48/$$

$$2/ D_{cmin} = \sqrt{\frac{K_z}{\gamma} \cdot \frac{P_{RLS}}{P_z} \cdot \frac{G_{RLS} \cdot G_{RLSo}}{G_z \cdot G_{RLS}} \cdot \frac{D_z^2 \cdot \sigma_s}{4\pi}} \quad /49/$$

Wzory są słuszne w przypadku, gdy samoloty zakłócające lecą obok ugrupowania bojowego samolotów uderzeniowych.

Wnioski: Podczas planowania użycia środków zakłóceń czynnych należy dokładnie określić odległość wykrycia w zakłóceniach maskowanego ugrupowania bojowego przez stacje radiolokacyjne przeciwnika. Powyższy zabieg ma na celu zaplanowanie tras lotu ugrupowań bojowych poza strefą wykrywania stacji radiolokacyjnych. W przypadku gdy samoloty z nadajnikami zakłóceń znajdują się poza ugrupowaniem bojowym, należy określić na trasie lotu ugrupowań bojowych odcinki zakłócanie oraz nie zakłócanie. W wyniku tych obliczeń trasy lotu powinny być tak zaplanowane, ażeby przeciwnik miał bardzo małe możliwości wykrywania naszych samolotów lecących wykonać zadania.

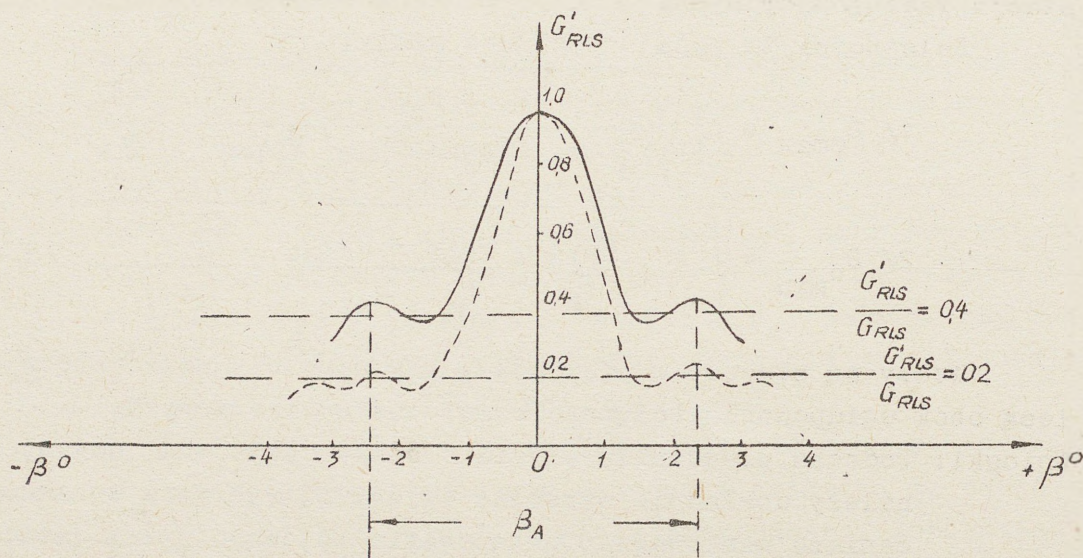
Analiza równania przeciwradiolokacji

- a. Zwiększenie promieniowanej mocy nadajnika zakłócanej RLS wymaga również zwiększenia mocy nadajnika zakłóceń, ponieważ

$$P_{nzs} = P_z \cdot G_z = P_{RLS} \cdot G_{RLS}$$

- b. Im mniejszy jest poziom listków bocznych charakterystyki kierunkowej anteny RLS, tym większą należy stosować moc nadajnika zakłóceń, jeśli chcemy zapewnić rozjaśnienie określonego sektora na ekranie, ponieważ /patrz rys. 23/

$$P_z \cdot G_z = \frac{1}{\frac{G'_{RLS}}{G_{RLS}}} \approx \frac{G_{RLS}}{G'_{RLS}}$$



Rys. 23. Charakterystyka kierunkowa anteny

- c. Dla zamaskowania zakłóceniami czynnymi samolotów z dużymi skutecznymi powierzchniami odbicia potrzebny jest nadajnik zakłóceń z większymi mocami z tego względu, że

$$P_z \cdot G_z \approx \sigma_s$$

- d. Im odporniejszy na zakłócenia jest odbiorczo-wzmacniający tor RLS, tym wymagana jest większa moc ekwiwalentna nadajnika zakłóceń dla jej zakłócenia, ponieważ

$$P_z \cdot G_z \approx K_z^2$$

Szerokopasmowe /zaporowe/ zakłócenia wymagają zwiększenia mocy nadajnika zakłóceń tyle razy, ile razy szerokość pasma zakłóceń szerokopasmowych jest szersza od wąskopasmowych zakłóceń /lub pasma przepuszczania odbiornika/, ponieważ

$$K_{zz} = K_z^2 \cdot \frac{f_{zz}}{f_z}$$

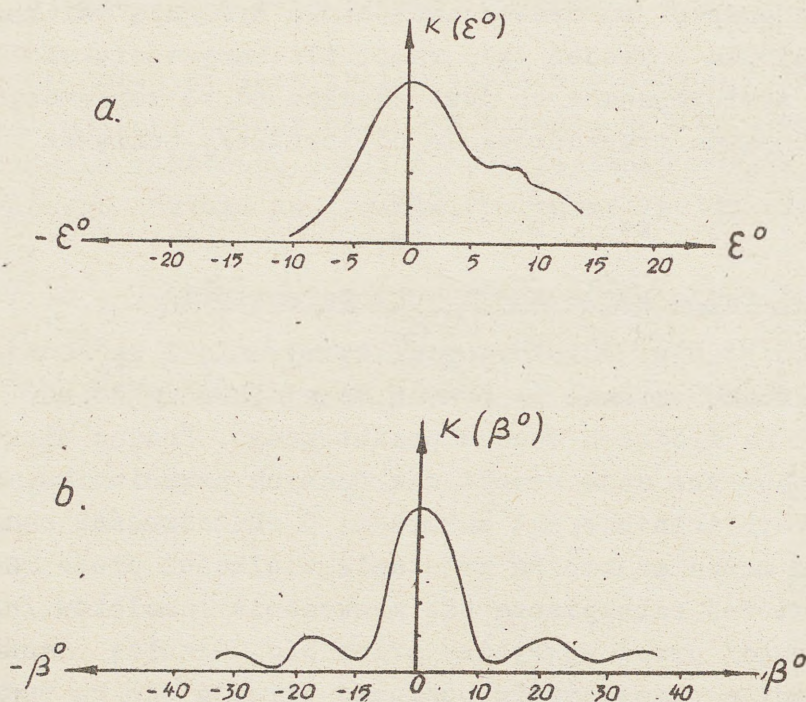
4. Metoda obliczania skutecznego sektora zakłóceń

Naziemne stacje radiolokacyjne wykrywania i naprowadzania będą zakłócone czynnie za pomocą nadajników zakłóceń zainstalowanych na środkach napadu powietrznego. Znając niektóre taktyczno-techniczne dane stacji zakłócanych przeciwnika, można określić w przybliżeniu efekt zakłóceń. O skuteczności nadajnika zakłóceń można sądzić na podstawie wielkości przestrzeni, w granicach której zabezpiecza się maskowanie samolotów /ugrupowania bojowego/ przed wykryciem przez RLS. Granicę maskowanej przestrzeni w płaszczyźnie poziomej określa się na podstawie sektora skutecznych zakłóceń, tj. sektora, w którego granicach na ekranie wskaźnika zakłócanej RLS nie obserwuje się na tle zakłóceń zobrazenia sygnału odbitego od maskowanych samolotów /ugrupowania bojowego/.

Posługując się równaniem przeciwradiolokacji, można określić sektor zakłóceń. Warunkiem zamaskowania sygnału odbitego od samolotu /ugrupowania bojowego/ przy użyciu zakłóceń czynnych jest wyrażenie z równania /38/.

$$P_{odz} = K_z^2 \cdot P_{ods}$$

System antenowy RLS posiada charakterystykę kierunkową, której natężenie pola w płaszczyźnie poziomej określa się zależnością $K / \beta / i$ w pionowej - $K / \varepsilon /$ rys. 24.



Rys. 24. Charakterystyki kierunkowe natężenia pola stacji radiolokacyjnej w płaszczyźnie pionowej i poziomej

Wartość zysku energetycznego anteny G_{RLS} w kierunku na cel wyraża się zależnością:

$$G_{RLS} = G_{RLS \max} \cdot K^2 / \beta_z / \cdot K^2 / \epsilon_c /$$

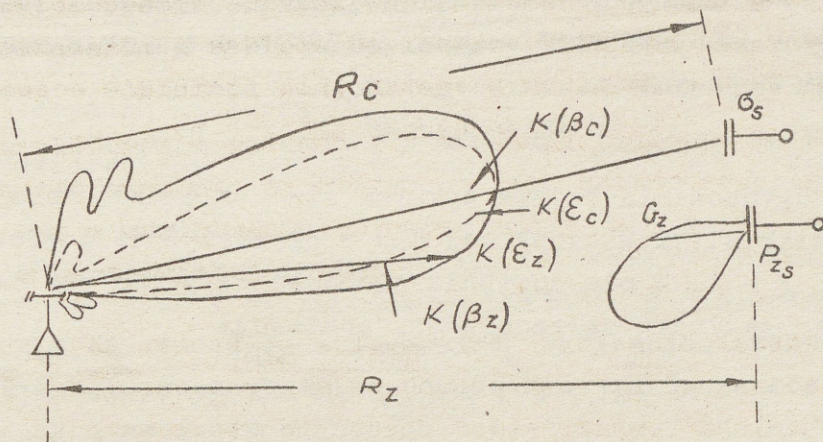
a w kierunku na stację zakłócającą:

$$G_{RLS} = G_{RLS \max} \cdot K^2 / \beta_z / \cdot K^2 / \epsilon_z /,$$

gdzie $G_{RLS \max}$ - zysk energetyczny anteny RLS w kierunku maksymalnego promieniowania.

Analogicznie przedstawia się wyrażenie zysku energetycznego anteny stacji zakłóceń w kierunku na RLS:

$$G_z = G_z \max \cdot K^2 / \beta_z / \cdot K^2 / \epsilon_z / \quad /50/$$



Rys. 25. Charakterystyki kierunkowe RLS w płaszczyźnie pionowej /linia ciągła/ i poziomej /linia przerywana/

W celu uproszczenia danego wyrażenia z dostatecznym stopniem dokładności można liczyć, że

$$G_z = 0,5 \cdot G_z \text{ max}$$

gdzie G_z - średnia wartość zysku energetycznego anteny stacji zakłóceń.

Podstawiając powyższe zależności do wyrażenia /42/ otrzymamy:

$$\frac{P_{zs} G_z \cdot G_{RLS \text{ max}} \cdot K^2 / \beta_z \cdot K^2 / \epsilon_z \cdot \lambda^2}{/4\pi /^2 D_z^2} \geq \frac{K_z^2 \cdot P_{RLS} \cdot G_{RLS} \cdot K^4 / \beta_c /}{/4\pi /^3 D_c^4} /51/$$

$$\cdot \frac{K^4 / \epsilon_c / \lambda^2}{/4\pi /^3 D_c^4} ;$$

gdzie P_{zs} - skuteczna moc nadajnika zakłóceń promieniowania w granicach pasma częstotliwości odbiornika RLS

$$P_{zs} = P_z \cdot K_f \cdot \xi \cdot \frac{\Delta f_{RLS}}{\Delta f_z} /52/$$

K_f - współczynnik uwzględniający nierównomierność rozłożenia się mocy nadajnika zakłóceń w paśmie zakłóceń /przy $f_z = 10 - 50$ kHz wybiera się $K_f = 0,5$; przy $f_z = 100 - 150$ MHz. $K_f = 0,2 - 0,3$ /.

Przy zakłócaniu naziemnych RLS wykrywania i naprowadzania, gdy samoloty zakłócające znajdują się w maskowanym ugrupowaniu bojowym:

$$D_c = D_z = D$$

Ugrupowanie bojowe wykrywa się w kierunku maksymalnej charakterystyki kierunkowej RLS w płaszczyźnie poziomej, tj. $K / \beta_c / = 1$. W płaszczyźnie pionowej kąty miejsca celu i nadajnika zakłóceń są jednakowe, ponieważ:

$$K / \varepsilon_z / = K / \varepsilon_c / = K / \varepsilon / \quad /53/$$

Wyrażenie 51 z uwzględnieniem powyższego założenia posiada następującą postać:

$$P_{zs} \cdot G_z \cdot K^2 \cdot / \beta_z / \geq K_z^2 \cdot K^2 / \varepsilon_z / \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS \max} \sigma_s}{4 \pi D^2} \quad /54/$$

Dla każdego położenia ugrupowania bojowego o skutecznej powierzchni odbicia σ_s można określić sektor skutecznych zakłóceń w płaszczyźnie poziomej, wyznaczony wielkością $K / \beta /$.

Znaczenie $K / \beta_z /$ można otrzymać z równania:

$$K / \beta_z / = \frac{K_z \cdot K / \varepsilon_z /}{D} \cdot \sqrt{\frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS \max} \cdot \sigma_s}{P_{zs} \cdot G_z \cdot 4 \pi}} \quad /55/$$

Sektor skutecznych zakłóceń a_s określa się według charakterystyki kierunkowej RLS w płaszczyźnie poziomej dla danej wielkości $K / \beta_z /$ rys. 24.

Poniżej rozpatrzona jest kolejność obliczania skutecznego sektora zakłóceń na wskaźniku stacji radiolokacyjnej.

Kolejność obliczeń

Określa się dane wyjściowe zakłócanej RLS, nadajnika zakłóceń i celu.

a. Dane RLS:

- zakres przestrajania / f_{\max} i f_{\min} /;
- moc $/P_{RLS}/$;

- zysk energetyczny anteny $G_{RLS \max}$;
- pasmo przepuszczania odbiornika
- współczynnik zakłóceń $/K_z^2/$;
- charakterystyka kierunkowa RLS w płaszczyźnie poziomej i pionowej $/\beta/i/\epsilon/$.

Współczynnik zakłóceń zależy od rodzaju stosowanych zakłóceń i odporności na zakłócenia urządzenia odbiorczego zakłócanej RLS. Przy zakłócaniu szumowym naziemnych stacji radiolokacyjnych wykrywania i naprowadzania przyjmuje się zwykle współczynnik zakłóceń w granicach 3-6.

Przy braku danych charakterystyki RLS można posługiwać się średnimi wartościami dla stacji zakresu centymetrowego i metrowego w płaszczyźnie poziomej.

W płaszczyźnie pionowej $K / \epsilon /$ może być przyjęty 0,5 - 1.

b. Dane nadajnika zakłóceń:

- zakres przestrajania $/f_{\max}$ i $f_{\min}/$;
- moc nadajnika zakłóceń $/P_z/$;
- rodzaj czynnych zakłóceń i szerokość pasma zakłóceń $/\Delta f_z/$;
- zysk energetyczny anteny nadajnika zakłóceń $/G_z/$.

c. Dane maskowanego samolotu /ugrupowania bojowego/

- określa się znaczenie skutecznej powierzchni odbicia $/\sigma_s/$ samolotu /ugrupowania bojowego/;
- oblicza się skuteczną moc nadajnika zakłóceń P_{zs} według wyrażenia /52/;
- wybiera się minimalną odległość skutecznego zakłócenia $/D_{\min}/$ i wysokość lotu samolotu zakłócającego $/H/$.

Minimalną odległość skutecznych zakłóceń, tj. odległość od nadajnika zakłóceń do RLS, przy której jeszcze zapewnia się maskowanie samolotu /grupy samolotów/ można obliczyć ze wzoru /54/ - określa się wartość $K / \epsilon_z/$. Oblicza się kąt nachylenia dla D_{\min} i określonej wysokości lotu samolotu z nadajnikiem zakłóceń za pomocą przybliżonego wzoru.

$$\varepsilon^{\circ} = 57,3 \frac{H / \text{km} /}{D_{\min} / \text{km} /} - \frac{D_{\min} / \text{km} /}{220} \quad /56/$$

Na podstawie charakterystyki kierunkowej stacji zakłóceń w płaszczyźnie pionowej dla wyliczonego kąta ε° określa się $K / \varepsilon_z /$. Przy braku danych charakterystyki kierunkowej w płaszczyźnie pionowej $K / \varepsilon_z /$ można przyjąć równe 0,5 - 1 przy spełnieniu warunku, że

$$K / \varepsilon_z / = K / \varepsilon_c / = K / \varepsilon /$$

- oblicza się wartość $K / \beta_z /$ według wzoru

$$K / \beta_z / = \frac{K / \varepsilon_z / \cdot K_z}{D_{\min}} \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{RLS}} \cdot G_{\text{RLS max}}}{P_{zS} \cdot G_z}} \cdot \frac{\sigma_s}{4\pi} \quad /57/$$

- określa się sektor skutecznych zakłóceń na odległości D_{\min} po wielkości $K / \beta_z /$ charakterystyki kierunkowej RLS w płaszczyźnie poziomej. Średnie dane wartości a_s , w zależności od $K / \beta_z /$, przytoczone są w tabeli 4.

Tabela 4

$K / \beta_z /$	1	0,5	0,3	0,1	0,05	0,01
a_s RLS zakresu centymetrowego	1°-1,5°	2°-2,5°	4°-5°	6°-8°	12°-14°	40°-50°
a_s RLS zakresu metrowego	2°	2°-3°	4°-6°	8°-10°	14°-18°	60°-70°

Przykładowe rozwiązanie zadania:

a. Dane RLS: zakres 10 cm; $P_{\text{RLS}} = 900 \text{ kw}$; $\Delta f_{\text{RLS}} = 1 \text{ MHz}$;

$$G_{\text{RLS}} = 1100$$

Dane stacji zakłócającej: zakres 10 cm; $P_z = 350 \text{ W}$

$$\Delta f_{\text{RLS}} = 5 \text{ MHz}, K_f = 0,7; \quad \delta = 0,8; \quad G_z = 10.$$

Dane celu $\sigma_s = 15 \text{ m}^2$; $K_z = 6$

b. Skuteczna moc nadajnika zakłóceń;

$$P_{zs} = P_z \cdot K_f \cdot \gamma \cdot \frac{\Delta f_{RLS}}{\Delta f_z} = 350 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot \frac{1}{5} = 39 \text{ W}$$

c. $D_{min} = 30 \text{ km}$, $H = 8000 \text{ m}$

d. Znaczenie $K / \epsilon_z /$; $\epsilon^0 = 57,3 \cdot \frac{H}{R_{min}} = \frac{D_{min}}{220} =$

$$= 57,3 \cdot \frac{8}{30} = \frac{30}{220} = 16^\circ$$

wybieramy $K / \epsilon_z / = 0,5$

e. Określić znaczenie $K / \beta_z /$

$$K / \beta_z / = \frac{K / \epsilon_z / \cdot K_z}{D_{min}} \cdot \sqrt{\frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS \max} \cdot G_s}{P_{zs} \cdot G_z \cdot 4\pi}} = \frac{0,5 \cdot 6}{30000}$$

$$\sqrt{\frac{9 \cdot 10^5 \cdot 11 \cdot 10^2 \cdot 15}{39 \cdot 600 \cdot 12,56}} \approx 0,02$$

Z tabeli 4 określamy a_s dla $K / \beta_z / = 0,02$

$$a_s \approx 35^\circ \div 45^\circ$$

5. Możliwości stosowania zakłóceń czynnych

Zasadniczymi wskaźnikami określającymi możliwości bojowe załóg stosujących zakłócenia czynne są:

- głębokość skutecznej strefy zakłóceń;
- minimalna głębokość strefy zakłóceń;
- ilość jednocześnie zakłócanych stacji radiolokacyjnych.

Strefa zakłóceń jest to przestrzeń, w której granicach mogą być skutecznie zakłócone urządzenia radiolokacyjne nieprzyjaciela. Należy dążyć, aby przednia granica strefy zakłóceń była jak najdalej w przodzie, przy jednoczesnym skutecznym maskowaniu ugrupowań bojowych. Głównym wskaźnikiem, jaki należy przyjmować do określenia maksymalnej odległości zakłóceń, jest odległość wykrycia maskowanego ugrupowania bojowego na określonej wysokości. Odległości wykrywania naszych samolotów przez naziemne stacje radiolokacyjne nieprzyjaciela należy przyjmować z podręcznika "Cechy demaskujące urządzeń radioelektronicznych państw NATO", wyd. MON, Warszawa 1965 r. Drugim

wskaźnikiem, który w istotny sposób wpływa na głębokość strefy zakłóceń jest moc nadajnika zakłóceń oraz moc zakłócanej stacji radiolokacyjnej. Przy założeniu, że nadajnik zakłóceń dostrójony jest w częstotliwości na zakłócaną stację radiolokacyjną spełnienie drugiego warunku nastąpi wówczas, gdy

$$K_z^2 \geq \frac{P_z}{P_s} \quad /58/$$

Na podstawie powyższego wzoru wielkość mocy nadajnika zakłóceń $P_z G_z$ dla ukrycia w zakłóceniach ugrupowania bojowego σ_s określamy ze wzoru:

$$P_z G_z = \frac{K_z^2}{\gamma} \cdot \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS}}{4\pi} \cdot \sigma_s \cdot \frac{1}{D_s^2} \quad /59/$$

Uwaga: wzór jest słuszny wtedy, gdy samolot zakłócający znajduje się w ugrupowaniu bojowym.

Przykład: Należy zakłócać stację AN/CPS-6 przy locie ugrupowań bojowych na wysokości 1000 m.

Dane do obliczeń: $K_z = 6$; $\gamma = 0,8$; $P_{RLS} = 5 \times 750 \text{ KW}$; $G_{RLS} = 4400$
 $\sigma_s = 50 \text{ m}^2$; $D_s = 110 \text{ km}$.

Zasięg stacji radiolokacyjnej nieprzyjaciela na $H = 1000 \text{ m}$ wynosi około 100 km. Dodatkowo 10 km przyjęto w tym celu, ażeby zakłócenia występowały przed rubieżą wykrycia naszych samolotów.

$$P_z \cdot G_z = \frac{36}{0,8} \cdot \frac{750 \cdot 4400}{4 \cdot 3,14} \cdot 0,00005 \cdot \frac{1}{12100} \approx 59 \text{ W}$$

Jeżeli współczynnik " G_z " wynosi 400, to skuteczna moc nadajnika zakłóceń wyniesie około 0,15 W.

Z przytoczonego powyżej wzoru /59/ wynika, że wymagana moc nadajnika zakłóceń jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości. A więc, im większa jest odległość do zakłócanej stacji radiolokacyjnej, tym moc nadajnika zakłóceń potrzebna do skutecznego zakłócania jest mniejsza. Ponadto na pewnej odległości /minimalnej/ wielkość sygnału zakłóceń spada poniżej poziomu wymaganego, to jest:

$$K_z^2 \leq \frac{P_z}{P_s}$$

Minimalna głębokość strefy zakłóceń D_{\min} jest to przestrzeń, w której granicach na tle zakłóceń są widoczne na ekranie stacji radiolokacyjnej impulsy odbite od obiektów powietrznych. D_{\min} określamy z wzoru /47/.

Podstawiając do wzoru /47/ przyjęte wielkości powyżej otrzymamy:

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{750 \cdot 4400 \cdot 36 \cdot 50 \cdot 5}{0,35 \cdot 400 \cdot 12,56 \cdot 0,8 \cdot 1}} = 4,6 \text{ km}$$

Z powyższego wynika, że w granicach strefy określonej promieniem 4,6 km zakłócenia nie będą skuteczne oraz że im większa jest ekwiwalentna moc, tym mniejsze są wymiary strefy niezakłócanej.

Ilość jednocześnie zakłócanych naziemnych stacji radiolokacyjnych

Wchodzące w skład uzbrojenia samolotów Ił-28 stacje zakłóceń czynnych typu SPS-1 i SPS-2 mogą zakłócać naziemne stacje radiolokacyjne pracujące w zakresie fal: $\lambda = 9,5 \div 12,5 \text{ cm}$; $\lambda = 30 \div 200 \text{ cm}$. W zakresach tych pracuje większość nieprzyjacielskich stacji radiolokacyjnych wykrywania celów powietrznych, wykrywania i naprowadzania LM, określania wysokości oraz niektóre stacje kierowania ogniem artylerii przeciwlotniczej i pociskami przeciwlotniczymi. Zakłócanie tych stacji jest możliwe tylko na jednej częstotliwości /jeśli stacja radiolokacyjna w ww. zakresach jest wielokanałowa - na jednym kanale lub jedną stacją radiolokacyjną, gdy jest jednokanałowa/.

Wymagana ilość samolotów Ił-28 z nadajnikami zakłóceń typu SPS-1 i SPS-2 jest uzależniona od ilości stacji radiolokacyjnych równocześnie wykrywających nasze ugrupowania bojowe. W zależności od wysokości lotu ugrupowania bojowego będzie ono znajdowało się w zasięgu równoczesnego wykrywania i naprowadzania różnej ilości stacji radiolokacyjnych przeciwnika.

W pierwszej kolejności należy się liczyć podczas pokonywania obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela ze stacjami radio-

lokacyjnymi wykrywania, a następnie z RLS kierowania ogniem artylerii lufowej i pocisków kierowanych oraz RLS naprowadzania LM.

Należy zaznaczyć, że ze względu na zakres pracy urządzeń SPS-1 i SPS-2 nie jesteśmy w stanie zakłócać systemu radiolokacyjnego kierowania pociskami przeciwlotniczymi "Hawk".

Wymaganą ilość samolotów z nadajnikami zakłóceń czynnych w celu maskowania ugrupowania bojowego obrazuje tabela 5.

Tabela 5

Wysokość lotu ugrupowania bojowego /m/	Przypuszczalna ilość stacji radiolokacyjnych opromieniowujących ugrupowanie bojowe /szt/	Przypuszczalna ilość częstotliwości roboczych RLS przeciwnika opromieniowująca nasze ugrupowanie bojowe	Wymagana ilość samolotów Ił-28 z nadajnikami zakłóceń /szt/	Uwagi:
100	1÷2	2	2	
1000	3÷5	5	3	
3000	4÷7	7	4	
5000	6÷10	10	5	

Uwaga: - W tabeli 5 uwzględniono tylko stacje radiolokacyjne naprowadzania LM i niektóre stacje kierowania ogniem artylerii przeciwlotniczej oraz wskazywania i kierowania pociskami przeciwlotniczymi.

Wnioski: - Jak wynika z tabeli 5, nie jesteśmy w stanie przydzielić wymaganej ilości samolotów z nadajnikami zakłóceń czynnych. W związku z tym, samoloty z zakłóceniami czynnymi należy przydzielać dla maskowania ugrupowania bojowego tylko na tych kierunkach, na których niemożliwe jest stosowanie manewru przeciwradiolokacyjnego.

- Z tabeli również wynika, że im większa jest wysokość lotu naszych ugrupowań bojowych, tym więcej należy przydzielić samolotów z nadajnikami zakłóceń czyn-

nych. W związku z tym należy dążyć do tego, aby loty nad terenem nieprzyjaciela odbywały się w miarę możliwości na małych wysokościach.

6. Wykorzystanie zakłóceń czynnych

Zakłócanie systemów radiolokacyjnych nieprzyjaciela prowadzi przede wszystkim armia lotnicza. W celu uniemożliwienia lub utrudnienia nieprzyjacielowi użycia środków obrony powietrznej należy zakłócać:

- systemy wskazywania i naprowadzania LM;
- system wskazywania celów w artylerii lufowej;
- środki kierowania pociskami raketowymi;
- środki radiolokacyjne rozmieszczone na samolotach przechwytyjących.

Przy zakłócaniu systemów wykrywania i naprowadzania należy uwzględnić znaczną rozbudowę systemów nieprzyjaciela zarówno pod względem ilości i jakości, jak i rozróżnialności stacji radiolokacyjnych. Grupa samolotów w miarę lotu w głąb terytorium nieprzyjaciela powinna - oprócz zakłócania jego systemu wykrywania i naprowadzania - stosować różne rodzaje przeciwdziałania/manewr, rozdział grup itd./ w celu uniknięcia szablony podczas pokonywania obrony powietrznej nieprzyjaciela. Posiadanie przez nieprzyjaciela dużej ilości środków radiolokacyjnych umożliwi mu szybkie wyjaśnienie sytuacji powietrznej. W związku z tym grupa lotnictwa uderzeniowego podczas wykonywania nalotu powinna zakłócać przede wszystkim te środki radiolokacyjne nieprzyjaciela, których praca stanowi największe niebezpieczeństwo dla grupy. Takimi środkami są w pierwszym rzędzie stacje radiolokacyjne punktów naprowadzania. Równocześnie należy zakłócać powietrzne sieci dowodzenia oraz radiolokacyjne stacje myśliwskich samolotów przechwytyjących.

Do zakłócenia stacji radiolokacyjnych nieprzyjaciela konieczna jest dokładna znajomość ich charakterystyk. Charakterystyki te określa się za pomocą specjalnych stacji rozpoznawczych. We frontowym lotnictwie bombowym w uzbrojeniu znajdują się samolotowe stacje rozpoznawcze SRS-1, SRS-2, SRS-3 i stacje zakłócające SPS-1 i SPS-2. Zakłócenia czynne powodują rozjaśnienie sektora obserwacji na ekranie, w którym wykrycie sa-

samolotu staje się utrudnione lub niemożliwe. Szerokość zakłócanego sektora jest tym większa, im bliżej znajduje się źródło zakłóceń /samolot z nadajnikiem zakłóceń/ stacji zakłócanej.

Przy stosowaniu zakłóceń czynnych najskuteczniej można osłaniać samoloty znajdujące się w pobliżu nadajnika zakłóceń. Dlatego też samoloty ze stacjami zakłóceń lecą najczęściej równoległe do osłanianego ugrupowania bojowego. Zakłócenia spowodowane stacjami zakłócającymi zaczynają pojawiać się na ekranie stacji radiolokacyjnej z odległości przewyższającej z reguły zasięg wykrywania samolotów. Po ustaleniu sektora zakłóceń nieprzyjaciół może określić przypuszczalny rejon znajdowania się naszych samolotów. Dlatego włączanie nadajników zakłóceń do czasu przelotu samolotów uderzeniowych przez rubież wykrywania jest w zasadzie niedopuszczalne.

Podczas wykonywania lotu bojowego, zakłócenia radiolokacyjnych stacji wykrywania i naprowadzania zaczyna się stosować po przelocie rubieży wykrywania i kontynuuje się je do ponownego przelotu przez tę rubież w czasie powrotu. Wyjątkiem może być odcinkowe zakłócanie na trasie w wypadku wykonywania lotu na małych wysokościach.

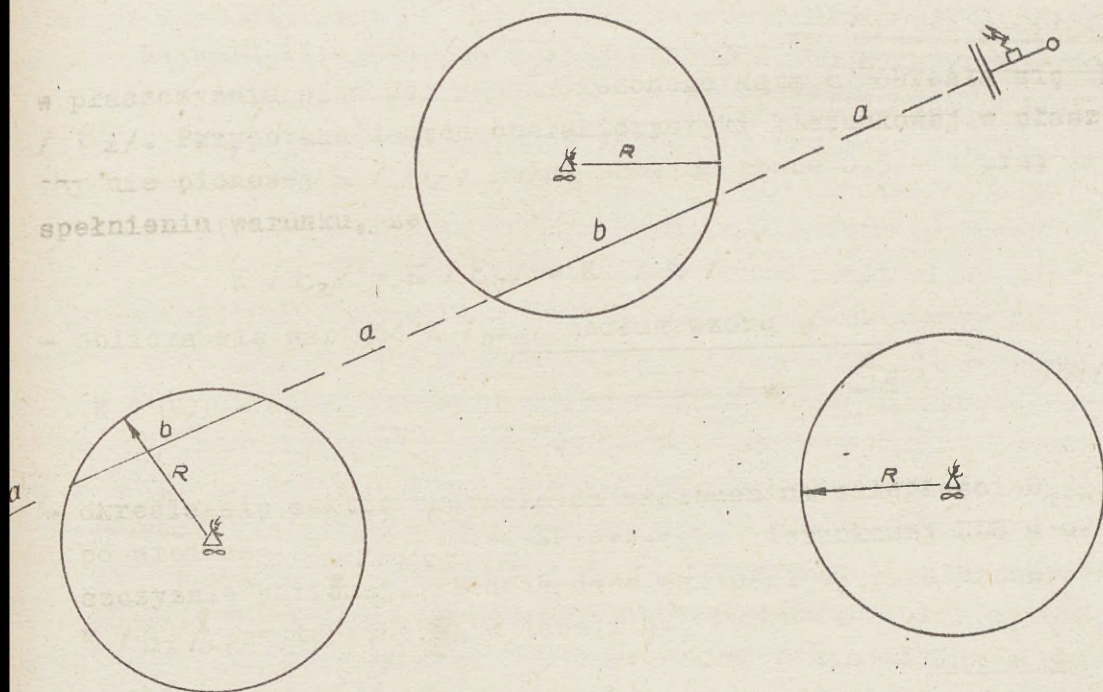
Aby stosować zakłócenia na pewnych odcinkach trasy, jak to jest pokazane na rys. 26, należy posiadać dokładnie rozpoznane rozmieszczenie stacji radiolokacyjnych przeciwnika oraz znać zasięgi wykrywania tych stacji.

Zakłócanie bierne i czynne środków radiolokacyjnych artylerii przeciwlotniczych pocisków rakietowych, jeżeli dostatecznie są znane miejsca stanowisk ogniowych baterii, zaczyna się z odległości automatycznego prowadzenia, to jest 30-40 km od nich i kończy się po wyjściu samolotów uderzeniowych za zewnętrzny pierścień rozmieszczenia baterii artylerii w odległości 10-15 km.

W razie braku danych o dokładnym rozmieszczeniu stanowisk ogniowych baterii artylerii, wytwarzanie zakłóceń czynnych i biernych zaczyna się na 60-70 km przed obiektem i kończy w odległości 30-40 km za obiektem.

Zakłócanie stacji radiolokacyjnych naprowadzania pocisków kierowanych np. typu "Nike" zaczyna się z odległości 70-80 km od zewnętrznego pierścienia rozmieszczenia wyrzutni i kończy

...y się po wyjściu za zewnętrzny pierścień wyrzutni na odle -
 ...ość 35-40 km.



rys. 26. Zakłócenia odcinkowe dla nisko lecących samolotów.
 R - zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnej; a - trasa lotu samolotów bez zakłóceń; b - trasa lotu samolotów z zastosowaniem zakłóceń.

W wypadku rozporządzania małą ilością środków przeciw -
 działania radioelektronicznego do wytwarzania zakłóceń wymie -
 nionych środków OP nieprzyjaciela, posiadane środki kieruje
 się w celu obezwładnienia tylko tych środków OP, które na do -
 lnym odcinku trasy będą przedstawiały największe niebezpie -
 zeństwo. Należy wtedy liczyć się z tym, że najwięcej środków
 przeciwdziałania radioelektronicznego trzeba użyć w celu obez -
 władnienia systemu wykrywania i naprowadzania lotnictwa myśliw -
 kiego nieprzyjaciela. Jednakże nawet całkowite obezwładnie -
 nie go nie wyklucza możliwości wyjścia myśliwców w rejon znaj -
 owania się samolotów uderzeniowych oraz wykonania samodziel -
 nego poszukiwania i ataku. Środki przeciwdziałania radioelek -
 tronicznego dają odpowiednie rezultaty wtedy, gdy są stosowane
 masowo i obejmują wielkie przestrzenie. Osiąga się to w warun -

kach jednoczesnego działania kilku jednostek lotnictwa z wykorzystaniem środków przeciwdziałania radioelektronicznego.

Stosowanie czynnych i biernych zakłóceń środków radiolokacyjnych powinno być połączone z maskowaniem radioelektronicznym, które obejmuje:

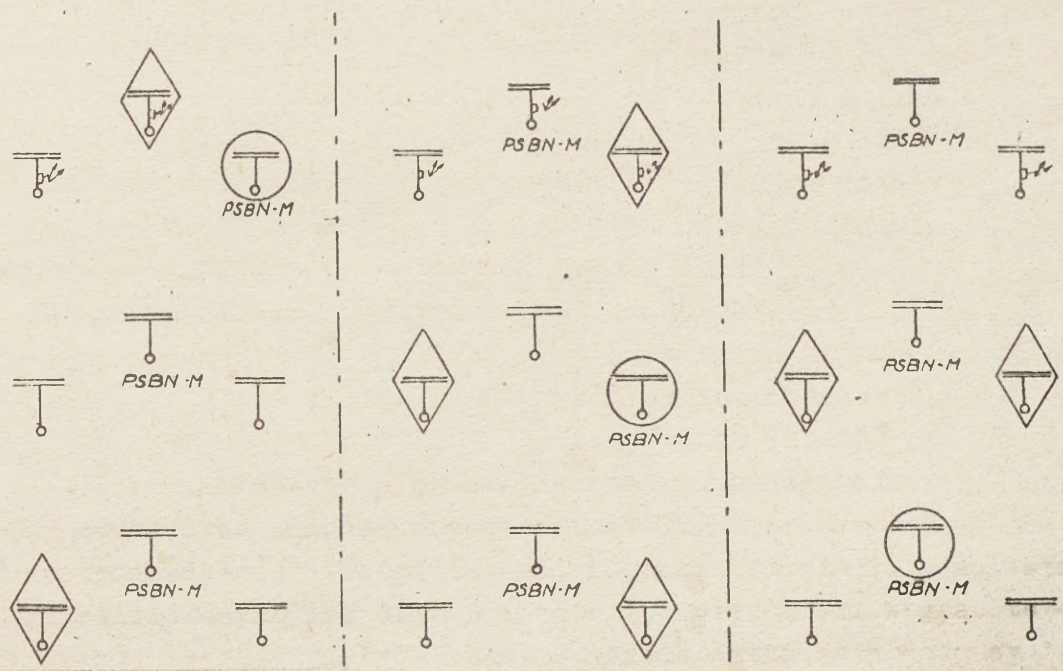
- ograniczenie pracy samolotowych środków radiowych i radiolokacyjnych;
- manewr przeciwradiolokacyjny;
- organizację działań pozornych.

Praca samolotowych środków radiowych i radiolokacyjnych powinna być szczególnie ograniczona w czasie lotu poza strefą wykrywania środków radiolokacyjnych nieprzyjaciela oraz podczas działań za linią frontu na małych wysokościach.

Manewr przeciwradiolokacyjny może być różny. Jeden z jego rodzajów sprowadza się do tego, że wejście w strefę wykrywania stacji radiolokacyjnych nieprzyjaciela wykonuje się na minimalnie dopuszczalnej odległości od linii frontu. W tym wypadku lot do linii frontu wykonuje się na wysokości mniejszej od dolnej granicy strefy wykrywania, a nabieranie nakazanej wysokości wykonuje się bezpośrednio przed obiektem niszczenia lub linią frontu. To odsuwa rubieżę wykrywania i przechwytywania samolotów uderzeniowych przez myśliwce przeciwnika.

Drugim rodzajem manewru przeciwradiolokacyjnego jest lot nad terenem nieprzyjaciela na małej wysokości z częstymi zmianami trasy. Przy takim sposobie działań, system radiolokacyjny wykrywania uzyskuje od różnych stacji radiolokacyjnych odcinki trasy lotu nie pozwalające na wyciągnięcie wniosków o ilości samolotów uderzeniowych i kierunku ich lotu, w wyniku czego naprowadzanie myśliwców jest w bardzo dużym stopniu utrudnione

Przykład: Skład i rozmieszczenie samolotów grupy ubezpieczającej nosicieli broni jądrowej przy działaniach dziennych /rys. 27/.



Samolot nosiciel broni jądrowej



Samolot z aparaturą pracującą na częstotliwościach fałszywych



Samolot wytwarzający zakłócenia bierne



Samolot wytwarzający zakłócenia czynne



Samolot dublujący

Działania pozorujące stosuje się w celu wprowadzenia nieprzyjaciela w błąd i rozproszenia wysiłków jego lotnictwa myśliwskiego. Sprowadzają się one do wysłania na kierunki pozorne samolotów wyposażonych w środki przeciwdziałania radioelektronicznego /zazwyczaj pod osłoną myśliwców/. Grupy pozorne z reguły przenikają głęboko za rubież przechwytywania przez myśliwce nieprzyjaciela.

BIBLIOGRAFIA:

1. Osnovy radioprotiwodziejstwa. Uczebnik. Wyd. Wojennej Akademii im. W.M. Frunze, Moskwa 1962 r.
2. Zasady przeciwdziałania radioelektronicznego. Podręcznik. Wyd. MON, Warszawa 1966 r.
3. Zakłócenia bierne oraz sposoby i urządzenia do ich stosowania przeciwko środkom radiolokacyjnym. Podręcznik. Wyd. MON, Warszawa 1967 r.
4. Kratkaja charakteristyka aktywnych pomiech. A.P. Sidorenko, Kalinin 1962 r.
5. Protiworadiolokacja wyd. Wojenneje izdatielstwo ministerstwa obrony sojuza SSR. Moskwa 1960 r.
6. Cechy demaskujące urządzeń radioelektronicznych państw NATO. Podręcznik. Wyd. MON, Warszawa 1965 r.
7. Wojna radioelektroniczna. Wyd. MON 1966 r.
8. Zagadnienia wojny elektronicznej w Stanach Zjednoczonych. Wojskowy Przegląd Zagraniczny, Warszawa 1961 r.
9. Krótki informator o podstawowym uzbrojeniu i sprzęcie bojowym głównych państw kapitalistycznych. Wyd. Sz.G. Warszawa, 1964 r.

Wykonano w 30 egz.

Egz.nr 1-30 bibl.tajna
Wyk. ppłk Wroński
Druk. OH, dn. 14.7.72r.
Nr ks. 0956/01705/WW
Kor. ME



BIBLIOTEKA NAUKOWA ASB WP
Archiwum Działu Zbiarów Specjalnych
Nr ewid. 40863