



DANES-PICTA.COM

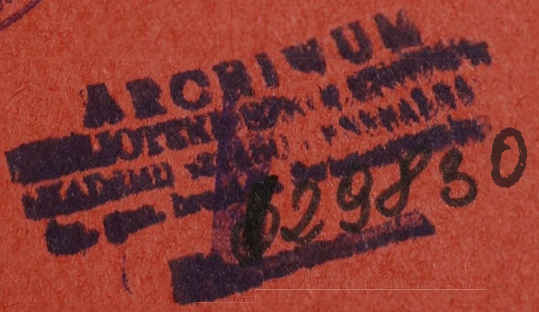
A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO  
im. gen. broni K. Świerczewskiego

Egz. Nr 49

mjr dypl. Czesław WRÓŃSKI

Temat: BIERNE I CZYNNE ZARŁOCENIA PRACY  
NAZIEMNYCH STACJI RADIOLOKACYJNYCH SYSTEMU  
OBRONY POWIETRZNEJ NIEPRZYJACIELA  
(Skrypt)



29830

REMBERTÓW LIPIEC 1965



DANES-PICTA.COM

**AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO**  
im. gen. broni K. Świerczewskiego

---

  
Egz. Nr 49

injr dypl. Czesław WRÓŃSKI

**Temat: BIERNE I CZYNNE ZAKŁÓCENIA PRACY  
NAZIEMNYCH STACJI RADIOLOKACYJNYCH SYSTEMU  
OBRONY POWIETRZNEJ NIEPRZYJACIELA**

(Skrypt)



29830

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO  
im. gen. broni K. Swierczewskiego

Publ. prot. 12357.

ZATWIERDZAM  
SZEFA KATEDRY WOJSK OPK



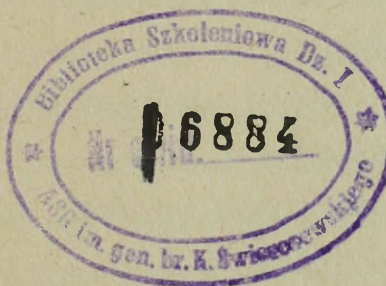
egz. nr. .... 49

płk dr. Jan UCHANSKI  
Dnia ..... 1965 r.

mjr dypl. Czesław WRONSKI

TEMAT: "BIERNE I CZYNNIE ZAKŁOCENIA PRACY NAZIEMNYCH STACJI RADIOLO-  
KACYJNYCH SYSTEMU OBRONY POWIETRZNEJ NIEPRZYJACIELA"

/s k r y p t/

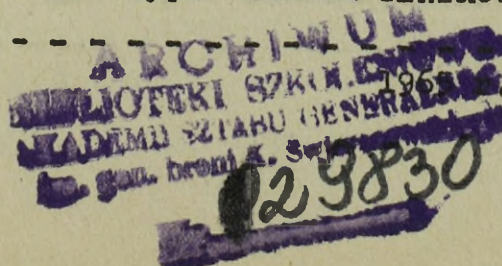


SPRAWDZIŁ:  
KIEROWNIK ZESPOŁU TAKT. WRT

kpt. dypl. Edmund PIATKOWSKI

REMBERTOW

lipiec



TRESC SKRYPTU

1. W s t ę p

I. OGOLNE WIADOMOSCI O ZAKŁOCANIU NAZIEMNYCH STACJI RADIOLOKACYJNYCH.

1. Klasyfikacja zakłóceń radiolokacyjnych.
2. Charakterystyka poszczególnych rodzajów zakłóceń.

II. ZAKŁOCENIA BIERNE I ZASADY ICH ZASTOSOWANIA

1. Metalizowane elementy odbijające.
2. Zależność ilości zrzucanych elementów odbijających od technicznych parametrów stacji radiolokacyjnej.
3. Obliczenie czynnej powierzchni odbicia dipolowego elementu odbijającego.
4. Położenie dipolowych elementów odbijających w przestrzeni.
5. Charakterystyki kierunkowe odbicia energii elektromagnetycznej od elementów odbijających w zależności od ich długości.
6. Wytwarzanie zakłóceń biernych.

III. ZAKŁOCENIA CZYNNE I ZASADY ICH ZASTOSOWANIA

1. Porównanie pod względem energetycznym nadajnika zakłóceń ze stacją radiolokacyjną.
2. Oddziaływanie nadajnika zakłóceń na stację radiolokacyjną w zależności od odległości, szerokości i intensywności podświetconego sektora.
3. Określenie niezbędnej mocy nadajnika zakłóceń dla zakłócenia stacji radiolokacyjnych.
4. Metoda obliczania skutecznego sektora zakłóceń.
5. Wykorzystanie zakłóceń czynnych.

## 1. W s t e p

Współczesna obrona powietrza charakteryzuje się bardzo dużym stopniem nasycenia różnego rodzaju środków radioelektronicznych. Środki te, pozwalają przesłać na odległość wiadomości i obraz, prowadzić obserwację w nocy, wykrywać obiekty powietrzne z dużych odległości bez względu na porę doby i warunki atmosferyczne, kierować ruchem samolotów i pocisków raketowych oraz prowadzić rozpoznanie i przeciwdziałanie radioelektroniczne itd. Środki radioelektroniczne zapewniają ciągłe dowodzenie i współdziałanie wojsk, skuteczne wykorzystanie sprzętu bojowego oraz zmniejszają w poważnym stopniu możliwość zaskoczenia ze strony nieprzyjaciela.

Wyposażenie wojsk w urządzenia radioelektroniczne spowodowało szybkie doskonalenie metod i środków przeciwdziałania radioelektronicznego. W związku z tym<sup>w</sup> przyszłych działaniach wojennych, każda ze stron będzie dążyć do jak najskuteczniejszego wykorzystania własnych środków radioelektronicznych, a jednocześnie do zniszczenia lub obezwładnienia tego rodzaju środków przeciwnika. Biorąc pod uwagę perspektywiczny rozwój radioelektroniki można śmiało stwierdzić, że nie będzie możliwy do pokonania systemu obrony powietrznej przeciwnika bez takiego rodzaju zabezpieczenia lotnictwa, jakim jest przeciwdziałanie radioelektroniczne.

Pod pojęciem przeciwdziałania radioelektronicznego rozumie się zespół przedsięwzięć zapewniających całkowite lub częściowe pozbawienie swobody pracy środków radioelektronicznych, /uniemożliwienie, naprowadzania aktywnych środków na cele powietrzne/ przy jednoczesnym zapewnieniu swobody pracy własnym środkiem.

Przeciwdziałanie radioelektroniczne stosuje się w celu wykonania następujących zadań:

- zamaskowania głównego kierunku uderzenia lotnictwa i zabezpieczenia uderzenia lotnictwa z zaskoczenia we współdziałaniu z pociskami raketowymi;
- dezorganizacja dowodzenia lotnictwem myśliwskim nieprzyjaciela w celu uniemożliwienia względnie utrudnienia naprowadzania myśliwców na cele powietrzne i wykonanie przez nich ataków;
- dezorganizowania dowodzenia artylerią lufową i raketową;
- zmniejszenia skuteczności pracy RLS nieprzyjaciela służących do wskazywania celów dla artylerii lufowej oraz pocisków kierowanych typu ziemia-powietrze;

- utrudnienie pracy radiolokacyjnym stacjom kierowania ogniem artylerii lufowej oraz pocisków kierowanych typu ziemia-powietrze.

Z powyższego wynika, że głównymi celami przeciwdziałania radioelektronicznego jest:

- umożliwić lotnictwu i środkom rakietowym pokonania obrony powietrznej nieprzyjaciela bez strat poprzez stosowanie zakłóceń środkom radioelektronicznym systemu obrony powietrznej nieprzyjaciela.

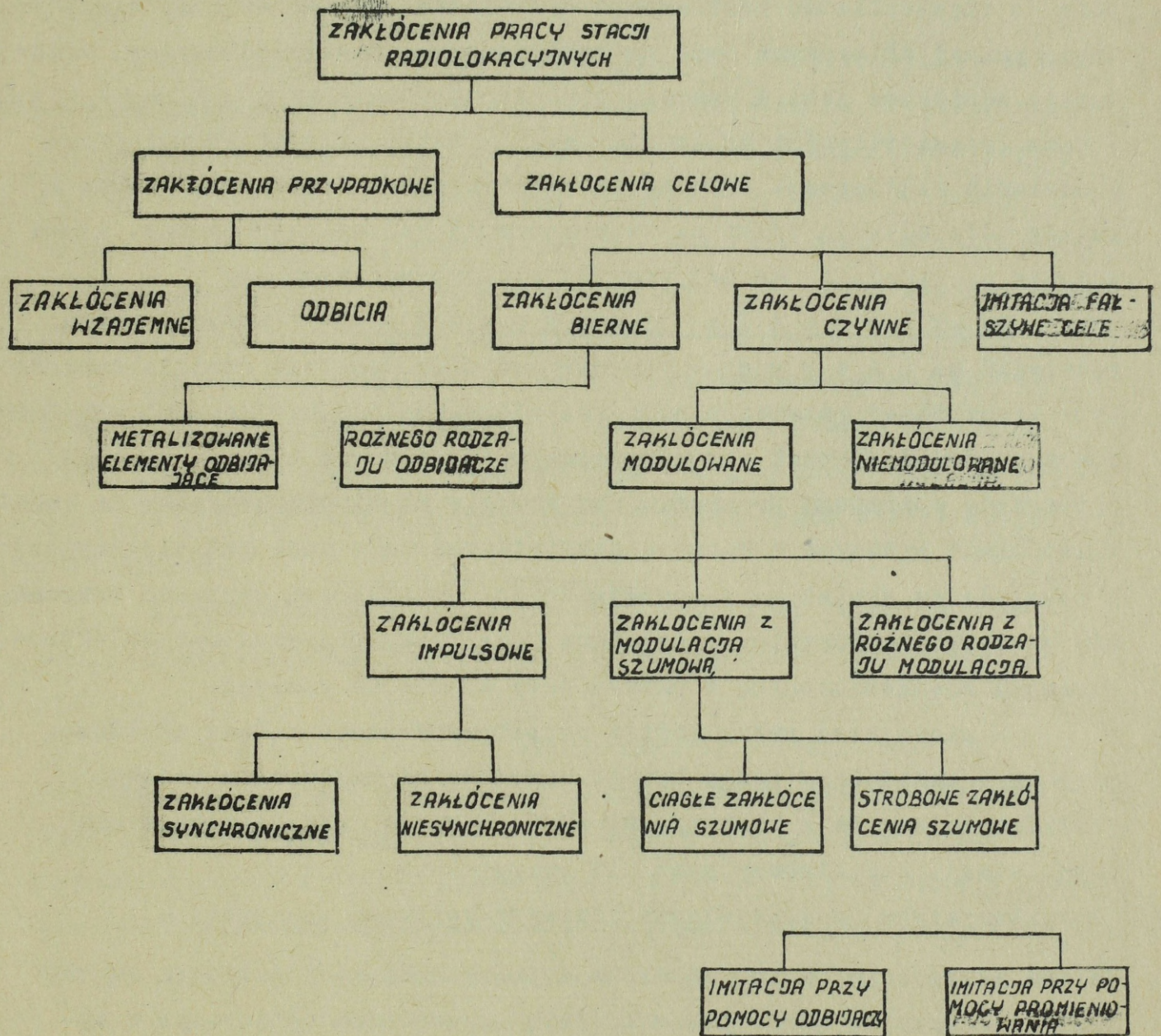
Zakłócenie systemów radioelektronicznych obrony powietrznej nieprzyjaciela tylko przy pomocy jednego rodzaju zakłóceń jest bardzo mało skuteczne. Wykonanie tego zadania może być osiągnięte tylko dzięki działaniu różnych środków i różnymi sposobami na systemy radioelektroniczne nieprzyjaciela. W rezultacie tego może być zniszczona i obezwładniona taka ilość środków, że nieprzyjaciel nie będzie w stanie skutecznie wykorzystać własne środki radioelektroniczne oraz to, że nie będzie w stanie ich uzupełnić kosztem posiadanych rezerw. W niniejszym skrypcie omówione są zasadnicze problemy stosowania zakłóceń czynnych i biernych. Planowanie i organizacja przeciwdziałania radioelektronicznego w czasie działań bojowych związków taktycznych AL będą opisane w następnym skrypcie.

## I. OGÓLNE WIADOMOSCI O ZAKŁOCANIU NAZIEMNYCH STACJI RADIOLOKACYJNYCH

### 1. Klasyfikacja zakłóceń radiolokacyjnych.

Pracę stacji radiolokacyjnych można zakłócać wszelkiego rodzaju energią elektromagnetyczną, która dostała się do odbiornika poprzez system antenowy bezpośrednio na wejście lub jeden ze stopni wzmocnienia odbiornika. Przeszkadza 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. Można ich podzielić na zakłócenia celowe /umyślne/ wytwarzane specjalnie dla zakłócenia pracy stacji radiolokacyjnych i przypadkowe /nie celowe/ powstałe na skutek pracy sąsiednich urządzeń radioelektronicznych, zjawisk atmosferycznych oraz odbić od przedmiotów terenowych /zakres centymetrowy/.



Rys. 1. Przedstawia podział zakłóceń pracy stacjom radiolokacyjnym.

Zakłócenia celowe z kolei można podzielić na zakłócenia bierne i czynne. Wytwarza się je po to, ażeby na ekranie wskaźnika stacji radiolokacyjnej ukryć użyteczny 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 urządzenia odbiorcze, urządzenie odbiorcze jest w zasięgu skutecznych zakłóceń i  $\Delta f_z \approx \Delta f_s / \Delta f_z$  - pasmo częstotliwości zakłóceń,  $\Delta f_s$  - 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 poprzez stację radiolokacyjną od miejscowych przedmiotów terenowych zjawisk atmosferycznych i czynne - wytwarzane aparaturą promieniującą energię elektromagnetyczną na częstotliwościach zgodnych z roboczą częstotliwością stacji radiolokacyjnej i powstałe na skutek burz magnetycznych. Do zakłóceń czynnych odnoszą się wzajemne zakłócenia, powstające przy pracy urządzeń radioelektronicznych rozmieszczonych w niewłaściwy sposób na pozycji.

W niniejszej pracy będzie rozpatrzony każdy rodzaj zakłóceń, przy czym zasadnicza uwaga będzie zwrócona na zakłócenia celowe /zakłócenia czynne i bierne/, które są bardziej niebezpieczne dla pracy stacji radiolokacyjnych niż przypadkowe.

## 2. Charakterystyka poszczególnych rodzajów zakłóceń czynnych.

Celowe zakłócenia czynne wytwarzane przez nadajniki zakłóceń są to takie zakłócenia, które przeszkadzają urządzeniom odbiorczym w wydzielaniu sygnałów użytecznych. Według skuteczności oddziaływania na urządzenia wskaźnikowe stacji radiolokacyjnych zakłócenia czynne można podzielić na: tłumiące /maskujące/ i imitujące/dązinformujące/.

zakłócenia tłumiące /maskujące/ całkowicie lub częściowo maskują użyteczny sygnał w urządzeniu odbiorczym. Wytwarza się ich w celu uniemożliwienia lub utrudnienia wydzielania sygnału użytecznego na wskaźniku RLS. Zakłócenia wywołują całkowite lub częściowe świecenie ekranu stacji radiolokacyjnej, tym samym maskują znaczniki od celów.

Zakłócenia imitujące /dezinformacyjne/ odtwarzane na ekranie wskaźnika RIS, częściowo lub całkowicie analogiczne są sygnałom użytecznym.

Przy pomocy zakłóceń imitujących stwarza się na ekranach stacji radiolokacyjnych pozorne /fakszywe/, cele które uniemożliwiają 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, modulują pozorną informacją i prawie momentalnie emitują dokładnie na tejże samej częstotliwości, na której sygnały te były przyjęte.

Zakłócenia imitujące z punktu widzenia energetycznego są ekonomiczniejszymi w porównaniu z maskującymi, jednak zakłócenia te są skuteczne tylko dla jednego typu stacji. Zakłócenia maskujące mogą być wykorzystane dla zakłócenia różnych typów stacji radiolokacyjnych.

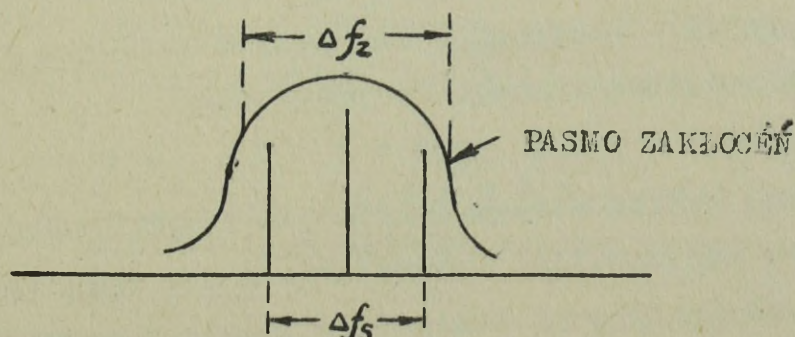
Zakłócenia czynne ze względu na szerokość pasma promieniowanych częstotliwości dzielą się na: wąskopasowe i szeroko pasowe.

Zakłócenia wąskopasmowe przeznaczone są dla zakłócenia pracy stacji radiolokacyjnych na jednej jakiegokolwiek fali. Przedstawiają one sobą energię elektromagnetyczną wypromieniowaną w wąskim pasie częstotliwości, współmierną z pasem przepuszczania urządzenia odbiorczego /rys. 2/ to jest  $\Delta f_z \approx \Delta f_s$

gdzie:

$\Delta f_z$  - pasmo częstotliwości zakłóceń;

$\Delta f_s$  - pasmo przepuszczania odbiornika.



Rys. 2 Zakłócenia wąskopasmowe.

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

$$f = f_z - f_s$$

Czy<sup>m</sup> mniejsza jest ta różnica, tym większa dokładność zestrojenia częstotliwości, a tym samym są skuteczniejsze zakłócenia sygnału użytecznego. 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 zakłócania pracy RIS przeważnie wynosi kilka megaherc. A to pozwala 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:

$$\rho = \frac{P_{nz}}{\Delta f_z}$$

gdzie:  $P_{nz}$  - moc nadajnika zakłóceń

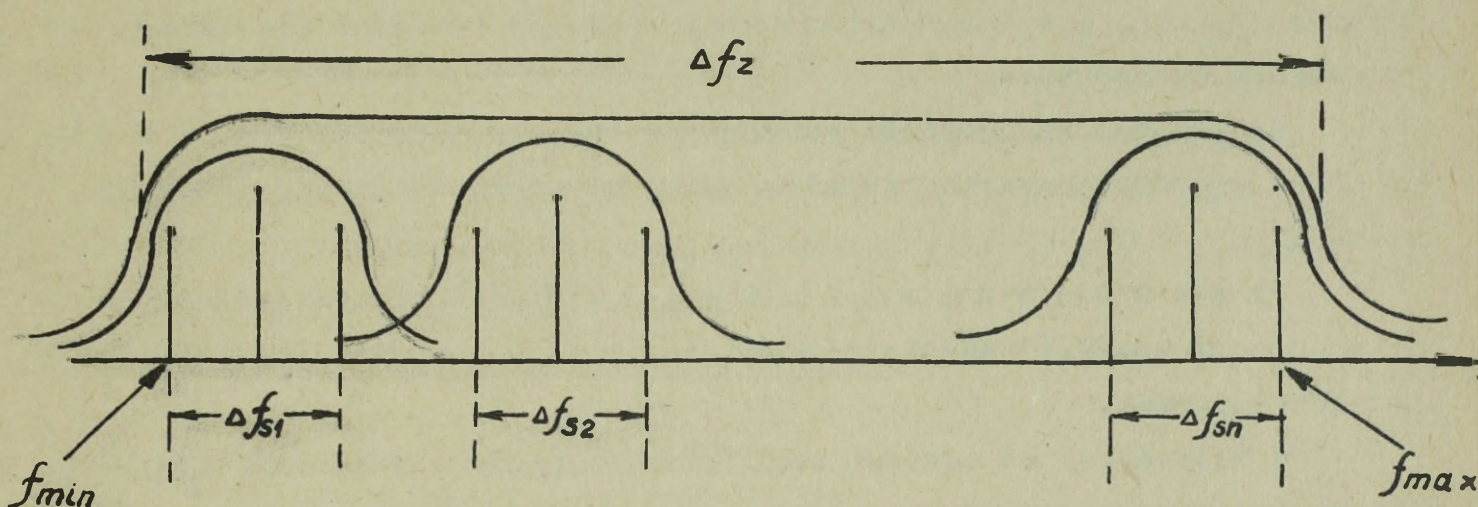
$\Delta f_z$  - szerokość pasma zakłóceń.

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 radiowego, a to ułatwia obronę stacji radiolokacyjnych od zakłóceń poprzez jej przestrojenie na inną częstotliwość oraz wielokanałowość stacji radiolokacyjnej pozwala na pracę w zakłóceniach. Ponadto 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 zakłócania stacji radiolokacyjnej P-30 należy posiadać 5 nadajników zakłóceń centymetrowego zakresu oraz 1 nadajnik zakresu decymetrowego.

Z a k ł ó c e n i a s z e r o k o p a s m o w e /rys.3/ przeznaczone<sup>sa</sup> dla jednoczesnego zakłócenia kilku pracujących stacji o różnych częstotliwościach. Przedstawiają one sobą wypromieniowanie energii elektromagnetycznej w szerokim paśmie częstotliwości to jest:

Gdzie:  $\Delta f_z \geq f_{max} - f_{min}$



Rys.3. Zakłócenia szerokopasmowe.

Takie zakłócenia mogą obejmować znaczne pasmo dowolnego zakresu częstotliwości, wykorzystywanego w urządzeniach radiolokacyjnych.

Dla wytwarzania zakłóceń szerokopasmowych o niezbędnej gęstości i 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 promieniowania 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 drganiem sygnałów przeszkadzających, można podzielić na niemodulowane i modulowane.

Zakłócenia niemodulowane przedstawiają sobą drgania sinusoidalne wielkiej częstotliwości na częstotliwości nośnej 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 od zakłóceń bardzo prostymi metodami.

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

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

## 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 jest dostatecznie duża, to na ekranie wskaźnika stacji radiolokacyjnej pojawi się zobrazowanie sygnału odbitego, który na pierwszy wygląd podobny jest do znacznika od samolotu. Kilka takich elementów odbijających może stworzyć na ekranie wskaźnika obraz podobny do lotu samolotów 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 wogóle niemożliwa.

Wykorzystanie zasady odbicia energii elektromagnetycznej od elementów odbijających, pozwala na przeprowadzenie radiolokacyjnego maskowania obiektów powietrznych.

Stosowanie zakłóceń biernych przy pomocy 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 /rezonansowa/ to w dipolu wzbudzają się intensywne dgrania. Dipol w tym wypadku staje się wtórnym źródłem promieniowania energii elektromagnetycznej. Dla otrzymania warunku rezonansowego, długość dipola musi być mniejsza od połowy długości fali.

Współczynnik skrócenia przy tym jest równy:

$$K = \frac{l}{\frac{\lambda}{2}} = 0,95$$

gdzie:  $l$  - długość dipola /elementu odbijającego/

$\lambda$  - długość fali zakłócającej RLS.

W odniesieniu do przytoczonych warunków wybiera się długość elementów odbijających. Przy tym długość pasków jest zależna od częstotliwości zakłócającej stacji radiolokacyjnej. Nieduże odchylenia od częstotliwości rezonansowej / $\pm 5 - 10\%$ / w małym stopniu zmieniają skuteczność oddziaływania zakłóceń, dlatego też paski jednakowego rozmiaru wykorzystywane są do zakłócania pracy stacji, częstotliwości których są odchyłone we wskazanych granicach. Większe odchylenia od rezonansowej częstotliwości znacznie zniżają efekt zakłóceń. Szczególnie jeśli elementy odbijające są dużo krótsze od połowy długości fali. Elementy odbijające około 25 cm przeznaczone są dla zakłóceń stacji radiolokacyjnych pracujących na długości fali 50 cm. Słabo natomiast będą one oddziaływać na stację metrowego zakresu. Odbicie będzie również występowało dla innych długości, jednak będzie posiadało charakter nierezonansowy, a rozproszony /dyfuzyjny/ oraz niedużą intensywność.

Elementy odbijające wykonuje się różnymi sposobami i z różnych materiałów: z fali aluminiowej, papieru metalizowanego, metalizowanego włókna szklanego, metalizowanego włókna sztucznego nylonu, stylon, kapron itd. Paski winny posiadać dostateczną mechaniczną wytrzymałość, ażeby przy wyrzuceniu z samolotu opór powietrza ich nie zniekształcał ponieważ warunki rezonansowe mogą się <sup>nie</sup>spełniać i skuteczność oddziaływania zmniejszyć się.

Szczególnie to dotyczy pasków o dużej długości, przeznaczonych dla wytwarzania zakłóceń pracy stacjom radiolokacyjnym metrowego zakresu fal. Bardzo duże znaczenie posiada samo ułożenie i opanowanie elementów odbijających. Zazwyczaj paski układa się tak, ażeby one rozwijały się w powietrzu po zrzuceniu kiedy czołowy opór powietrza zanika.

Skuteczność oddziaływania pojedynczego elementu odbijającego się jest nieduża, dlatego układa się<sup>je</sup> w paczki. Ilość elementów odbijających w paczce winna być przypuszczalnie taka, ażeby przy zrzucaniu z samolotu jedna paczka stwarzała odbicie ekwiwalentne odbiciu od samolotu /samolotów/. Dla metrowego zakresu fal paczka składa się z kilkudziesięciu elementów odbijających. Ze skróceniem fali, skuteczność oddziaływania elementów odbijających szybko maleje. Ilość elementów odbijających w paczce, przy równej ekwiwalentnej powierzchni odbicia obiektu powietrznego w zakresie centymetrowym wzrasta do kilku, a nawet kilkudziesięciu tysięcy.

W początkowym okresie stosowania elementów odbijających napotymano często na niepowodzenie. Bez względu na dokładne wstępne rozpoznanie i przestrzeganie koniecznych rozmiarów elementów odbijających, przewidywanego efektu przy zrzucaniu pasków nie otrzymano. Trudno było odrazu określić przyczyny niepowodzenia z tego względu, że elementy odbijające były zrzucane na terenie przeciwnika i o skuteczności ich oddziaływania można było sądzić tylko po ilości zniszczonych samolotów maskowanych.

W rezultacie przeprowadzenia różnych badań było wyjaśnione, że przy zwiększeniu prędkości samolotów, elementy odbijające w momencie zrzucania rwą i płaczą się, spadając szybko na ziemię w postaci zwiniętych kłębow, przy tych warunkach skutecznych zakłóceń nie można stworzyć. Należało polepszyć materiał, z którego były przygotowane elementy odbijające, ułożenie ich oraz technikę wyrzucania.

## 2. Zależność ilości zrzucanych elementów odbijających od technicznych parametrów stacji radiolokacyjnych.

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

Zakładając, że pojęcie kierunkowego działania anteny stacji radiolokacyjnej, jest znane czytelnikowi, wspomnę, że rozróżnialnością stacji w odległości nazywamy najmniejszy odstęp między dwoma znajdującymi się na jednym azymucie obiektami, przy którym one jeszcze mogą być oddzielnie obserwowane na ekranie wskaźnika stacji. Rozróżnialność w odległości zależy od czasu trwania impulsów wypromieniowanych stacją radiolokacyjną. Na rys. 4 pokazane jest, że dwa samoloty znajdujące się na odległości  $d_1$  jeden od drugiego widoczne są na ekranie stacji posiadającej duży czas trwania impulsu, w postaci jednego znacznika /rys. 4a/, a na ekranie stacji o mniejszym czasie trwania z impulsu, a zatem z większą rozróżnialnością - oddzielnie w postaci dwóch znaczków. Jeśli przed  $d_0$  oznaczyć odległość zajmowaną promieniowanym impulsem to na rys. 4b spostrzegamy, że obiekt zaczyna być obserwowany oddzielnie tj. kiedy odległość między samolotami  $d_1$  równa jest odległości  $d_0$  lub nie dużo większej od niej. Rozróżnialność posiada prosty związek z czasem trwania impulsu i równa się:

$$\Delta d_0 = \frac{c \tau}{2}^*$$

stad:  $c$  - prędkość rozchodzenia się energii elektromagnetycznej;  
 $\tau$  - czas trwania impulsu.

Na przykład przy długości impulsu  $\tau = 1 \mu \text{sek}$   
 $d_0 = 150 \text{ m}$ . Naturalnie, że przy tym zobrazowanie impulsu odbitego od samolotu, lub od zrzuconej paczki z elementami odbijającymi na ekranie wskaźnika będzie posiadać szerokość proporcjonalną  $d_0$ , równą 150 m przy  $\tau = 1 \mu \text{sek}$  natomiast dla  $\tau = 20 \text{ sek}$  będzie ona wynosić 3 km.

Szerokość zobrazowania na ekranie wskaźnika typu P zależy od charakterystyki kierunkowej anteny stacji radiolokacyjnej. Na rys. 5a widać dwa samoloty znajdujące się na jednej i tej samej odległości i na różnych azymutach, których różnica równa  $\epsilon_1$

będą zobrazowane na ekranie wskaźnika w postaci jednego znacznika, tj. jeśli kąt określający szerokość charakterystyki kierunkowej anteny stacji radiolokacyjnej będzie większy od kąta  $\epsilon_1$

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

Natomiast samoloty będą obserwowane oddzielnie, jeśli szerokość charakterystyki kierunkowej  $\epsilon_0$  będzie mniejsza od  $\epsilon_1$  /rys.5b/.

Rozróżnialnością stacji radiolokacyjnej w azymucie nazywamy minimalny kąt między kierunkami na dwa samoloty znajdujące się na jednakowej odległości, przy którym samoloty obserwuje się jeszcze na ekranie wskaźnika stacji w postaci oddzielnych znaczników.

Łącząc dwa parametry stacji radiolokacyjnej - szerokość charakterystyki kierunkowej we współrzędnych kątowych /  $\epsilon_0$  / oraz rozróżnialność w odległości  $d_0$ , można przejść do tak zwanej rozróżnialności objętościowej stacji radiolokacyjnej /rys.6/.

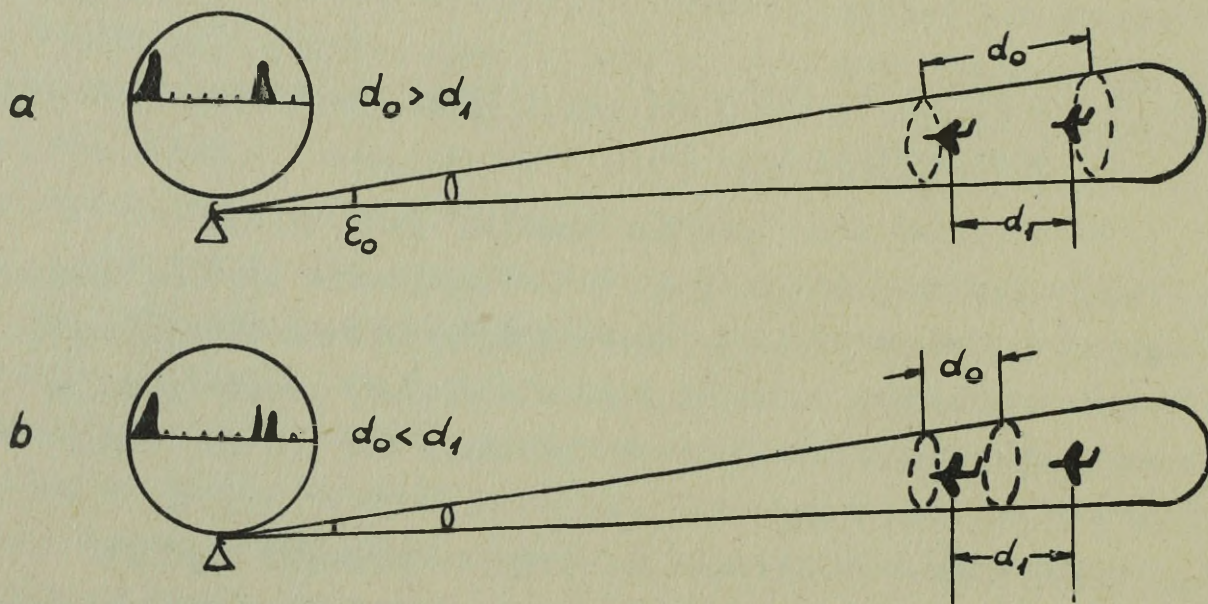
Dla uproszczenia przyjmiemy, że kierunkowość anteny stacji jest jednakowa w azymucie i kącie położenia, wówczas rozróżnialność objętościowa będzie wynosić:

$$\Delta V = \frac{S_0 \cdot C \cdot \tau}{2}$$

gdzie:

$\Delta V$  - rozróżnialność objętościowa

$S_0$  - średni przekrój charakterystyki.

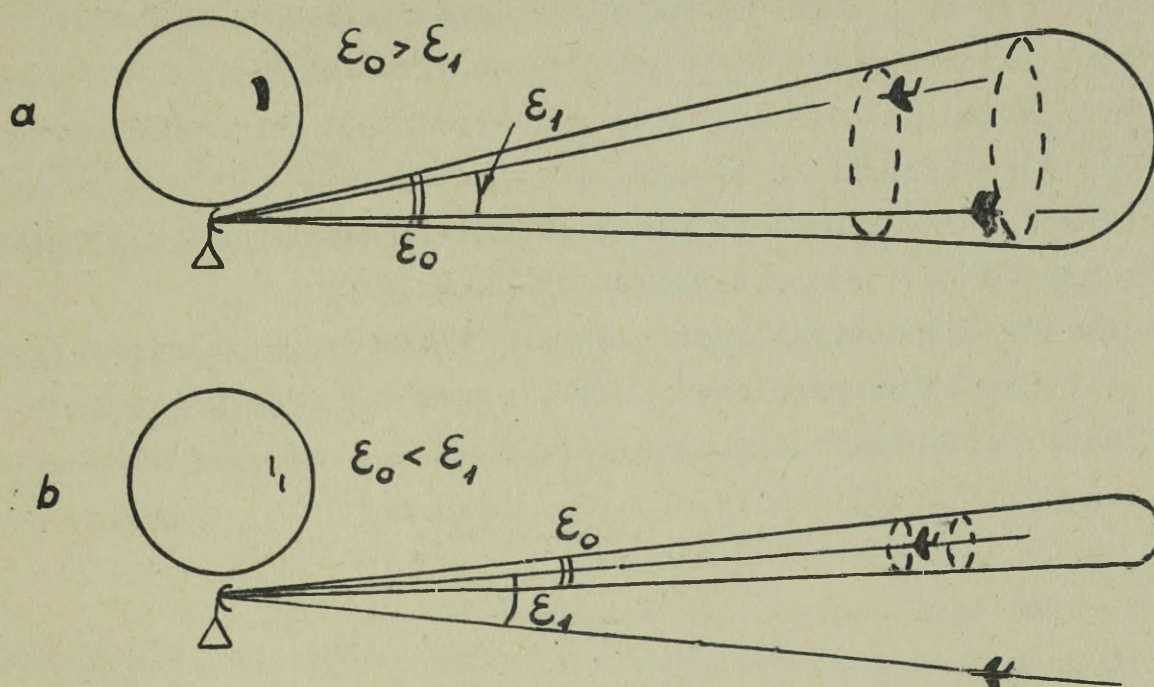


Rys.4. Wpływ rozróżnialności stacji radiolokacyjnej w odległości na obserwację celów.

$\epsilon_0$  - szerokość charakterystyki kierunkowej anteny stacji radiolokacyjnej;

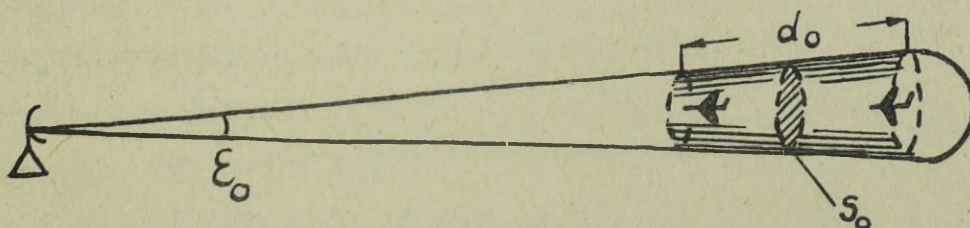
$d_0$  - rozróżnialność w odległości;

$d_1$  - odległość między samolotami.



Rys.5. Wpływ rozróżnialności stacji radiolokacyjnej we współrzędnych kątowych na oddzielne obserwowanie celów.

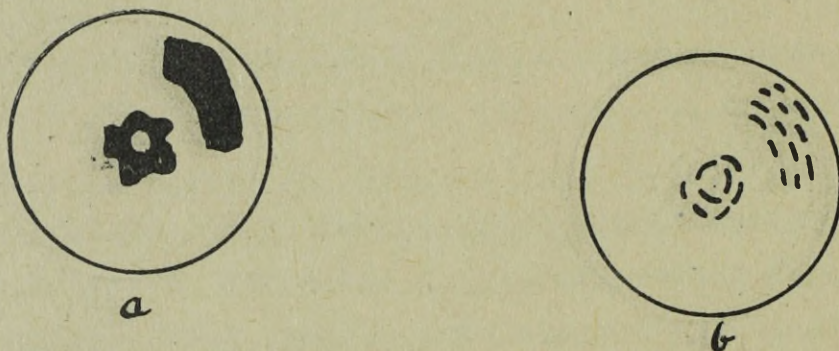
Im większa rozróżnialność objętościowa stacji radiolokacyjnej, tym mniejsza ilość paczek dipolowych elementów odbijających potrzebna jest dla jej zakłócenia. Przyjmijmy, że w strefie która winna być zakłócana, elementy dipolowe ułożyły się tak, że na każdą objętość równą rozróżnialności objętościowej przypada jedna paczka.



Rys.6. Rozróżnialność objętościowa stacji radiolokacyjnej.

W takim wypadku przy dowolnym położeniu charakterystyki anteny kierunkowej w granicach wybranej 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. 7a/.

Jeśli dla obserwacji w tej strefie będzie wykorzystana stacja radiolokacyjna z dużą rozróżnialnością, to na jej ekranie grupy elementów odbijających od zrzuconych paczek będą obserwowane oddzielnie /rys. 7b/



Rys.7. 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 zasadniczo posiadają bardzo małą rozróżnialność w odległości i azymucie, trzeba stosunkowo niedużą ilość paczek dipoli. Tym właśnie charakteryzowała się duża skuteczność zakłóceń biernych w pierwszym okresie ich stosowania, ponieważ wówczas wykorzystywano przeważnie stacje radiolokacyjne metrowego zakresu.

W miarę rozwoju techniki radiolokacyjnej zaczęto produkować stacje radiolokacyjne przeważnie centymetrowego zakresu. Umożliwiło to uzyskanie od stacji większych dokładności określania współrzędnych, zwiększyć rozróżnialność i jednocześnie uodpornić stacje przed zakłóceniami biernymi. Porównajmy dla przykładu odporność na zakłócenia dwóch umownie przyjętych stacji radiolokacyjnych: metrowego

zakresu z szerokością charakterystyki kierunkowej  $\epsilon_{01} = 30^\circ$ , czasem trwania impulsu  $\tau_1 = 10 \mu\text{sek}$  i centymetrowego zakresu z szerokością charakterystyki kierunkowej  $\epsilon_{02} = 5^\circ$  i czasem trwania impulsu  $\tau_2 = 1 \mu\text{sek}$ . Dla porównania należy wyliczyć stosunek rozróżnialności objętościowej tych stacji.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\epsilon_{01}^2 \cdot \tau_1}{\epsilon_{02}^2 \cdot \tau_2} = \frac{30^2 \cdot 10}{5^2 \cdot 1} = 360$$

Z przytoczonego przykładu widać, że dla zakłócenia pracy stacji radiolokacyjnej centymetrowego zakresu przy tych danych rozmiarach strefy, w której wytwarza się zakłócenia należy ~~zrzucić 360 razy więcej paczek niż przy zakłóceniu stacji metro-~~ *zrzucić 360 razy więcej paczek niż przy zakłóceniu stacji metro-*wego zakresu.

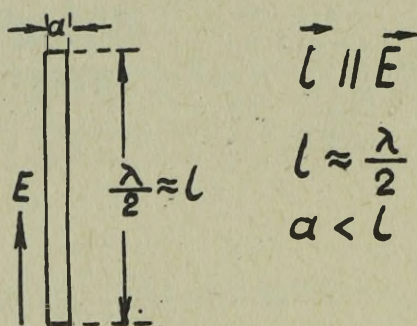
Dla zakłócania pracy stacji radiolokacyjnych centymetrowego zakresu, które z zasady posiadają dużą rozróżnialność trzeba bardzo dużą ilość pasków. W pewnym okresie czasu sądzono, że stosowanie zakłóceń biernych przeciw tym stacjom jest nie słuszne. Jednak rozpracowanie nowej technologii dla produkcji elementów odbijających pozwala kilkakrotnie zmniejszyć ciężar każdej paczki. Dlatego też stosowanie obecnie zakłóceń biernych należy uważać jako jedną ze skuteczniejszych metod zakłócania pracy stacji radiolokacyjnych. W początkowym okresie stosowania zakłóceń biernych paczki z elementami odbijającymi zrzucane były ręcznie przez jednego z członków załogi samolotu jednak, z czasem ilość zrzucanych elementów odbijających wzrastała a sumaryczny ciężar ich dochodził do kilkuset kilogramów, oraz tempo zrzucania wzrastało. Wywołane to było koniecznością stworzenia bardzo dużej koncentracji elementów odbijających w powietrzu i znacznym zwiększeniem prędkości lotu samolotów. Oprócz tego, ażeby otrzymać maksymalny efekt, paczki z elementami odbijającymi trzeba było zrzucić w równomiernym poprzednio przygotowanym tempie.

Przyspieszenie tempa mogłoby doprowadzić do nieracjonalnego wykorzystania pasków i nierównomiernego zakłócania na poszczególnych odcinkach trasy.

To spowodowało konieczność automatyzacji procesu zrzucania paczek.

3. Obliczenie czynnej powierzchni odbicia dipolowego elementu odbijającego

Skuteczna powierzchnia odbicia dipola półfalowego  $\sigma_{\frac{\lambda}{2}}$  zależna jest od położenia względem polaryzacji fali nań padającej.



Rys.8. Dipolowy element odbijający / pasek, dipol lub odbijacz/

Energię elektromagnetyczną odbitą od czynnej powierzchni dipolowego elementu odbijającego możemy zapisać w/g wzoru:

$$P_{odb} = \frac{P_{pad}}{4\pi D^2} \cdot \sigma_{\frac{\lambda}{2}} \quad /1/$$

gdzie:

$D$  - odległość dipola półfalowego od RLS

$P_{odb}$  - moc odbita od powierzchni dipola przypadająca na jednostkę powierzchni w miejscu znajdowania się RLS;

$P_{pad}$  - moc przypadająca na jednostkę powierzchni w miejscu znajdowania się dipola odbijającego;

$\sigma_{\frac{\lambda}{2}}$  - skuteczna powierzchnia odbicia dipola /  $m^2$  /  
stąd powierzchnia skuteczna dipola:

$$\sigma_{\frac{\lambda}{2}} = 4\pi D^2 \frac{P_{odb}}{P_{pad}} = 4\pi D^2 \frac{E_{odb}^2}{E_{pad}^2} \quad /2/$$

Dla półfalowego dipola.

Padająca fala wywołuje prąd w dipolu równy:

$$I_0 = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \frac{E_{pad}}{\tau_{\frac{\lambda}{2}}} \quad \tau_{\frac{\lambda}{2}} = 73 \text{ omy}$$

gdzie:  $\tau \frac{\lambda}{2}$  - opór promieniowania dipola półfalowego  
stąd:

$$E_{pad} = \frac{I_0 \pi \tau \frac{\lambda}{2}}{\lambda} \quad /3/$$

Jeżeli przez przewodnik przepływa prąd, to będzie wokół niego wywołane natężenie pola elektrycznego, które można określić w/g wzoru:

$$E_{odbi} = \frac{60 I_0}{D} \quad /4/$$

$E_{odbi}$  - natężenie pola elektrycznego odbitego od powierzchni dipola;  
 $E_{pad}$  - natężenie pola elektrycznego padającego na dipol odbijający.  
Po podstawieniu do wzoru /2/ wzoru /3/ i /4/ otrzymamy

$$\sigma \frac{\lambda}{2} = 4 \pi D^2 \frac{60^2 I_0^2}{D^2} \cdot \frac{\lambda^2}{I_0^2 \pi^2 \tau^2 \frac{\lambda}{2}} = \frac{4 \cdot 60^2 \lambda^2}{3,14 \cdot 73} = 0,86 \lambda^2 \quad /5/$$

Przykład: jaką powierzchnię odbicia posiada jeden dipolowy element odbijający o długości  $\frac{\lambda}{2}$  dla zakresu 10 cm.

$$10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

$$\sigma \frac{\lambda}{2} = 0,86 \cdot \lambda^2 = 0,86 \cdot 10^{-2} = 0,0086 \text{ m}^2$$

Ile należy wziąć dipolowych elementów odbijających dla stworzenia czynnej powierzchni odbicia równej  $50 \text{ m}^2$ , /taką powierzchnię w przybliżeniu posiada na przykład strategiczny bombowiec/.

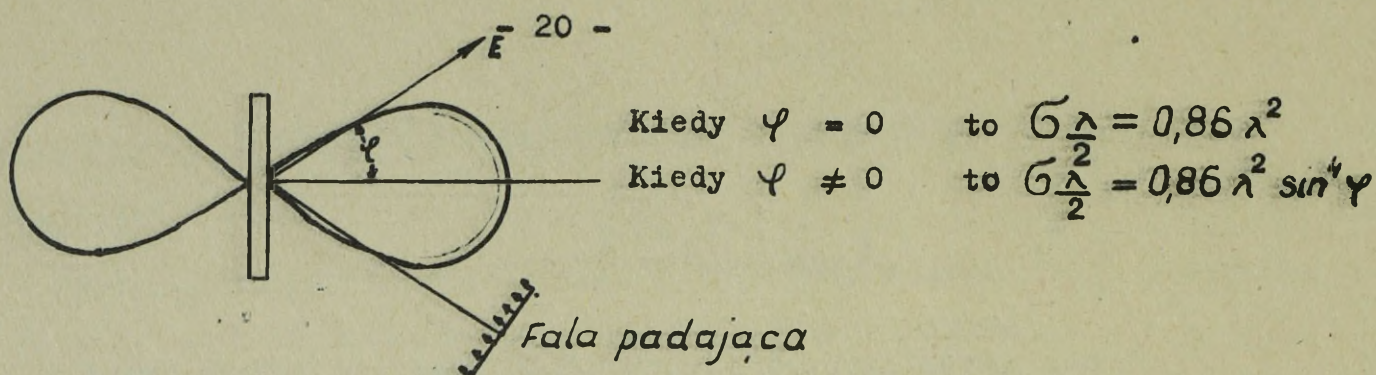
$$N = \frac{\sigma_s}{\sigma \frac{\lambda}{2}} = \frac{50}{0,0086} \approx 5800 \text{ sztuk} \quad /6/$$

$N$  - ilość dipolowych elementów odbijających

$\sigma_s$  - czynna powierzchnia odbicia samolotu /samolotów/

Skuteczne to jest gdy wektor "E" jest równoległy do długości dipola  $|\vec{E} \parallel \vec{l}|$

Praktycznie takich warunków przy stosowaniu zakłóceń biernych nie ma, dlatego też w dalszym naszym rozważaniu będzie rozpatrywana skuteczna powierzchnia odbicia  $|\sigma \frac{\lambda}{2}|$  dla fali odbitej pod kątem  $\varphi$ .



Rys.9. Podanie fali elektromagnetycznej na dipolowy element odbijający pod kątem

#### 4. Położenie dipolowych elementów odbijających w przestrzeni

Zrzucane paski z folii metalizowanego włókna, papieru np. o długości 30 cm będą w przestrzeni powietrznej układały się chaotycznie /bezładnie/. Jeżeli natomiast będziemy zrzucali paski na spadochronikach to ułożenie ich będzie pionowe. Dlatego w tych przykładach należy stosować różne wzory na obliczenie ilości pasków.

Jeżeli wektor  $E$  jest równoległy do dipolowego elementu odbijającego - to odbicie będzie maksymalne, jeżeli prostopadły - minimalne i zbliżone do "0". Gęstość prawdopodobieństwa dowolnego ułożenia się dipola na płaszczyźnie równoległej do czoła fali wynosi  $W = \frac{1}{4\pi}$ . Uwzględniając przypadkowe położenie dipola na płaszczyźnie równoległej do czoła fali, można wyznaczyć średnią skuteczną powierzchnię odbicia z wzoru:

$$\bar{\sigma}_{\lambda} = \int_0^{2\pi} 0,86 \lambda^2 \cos^4 \varphi \cdot \frac{1}{2\pi} d\varphi = 0,32 \lambda^2 \quad (17)$$

gdzie:  $\bar{\sigma}_{\lambda}$  - średnia skuteczna powierzchnia odbicia.

Średnia powierzchnia skuteczna dla dowolnego położenia dipola elementarnego w przestrzeni przy gęstości prawdopodobieństwa będzie  $W = \frac{1}{4\pi}$

$$\bar{\sigma}_{\lambda} = \int_{\theta=0}^{\theta=2\pi} \int_{\varphi=0}^{\varphi=2\pi} 0,86 \lambda^2 \cos^4 \varphi \frac{1}{4\pi} \sin \vartheta d\theta d\varphi = 0,17 \lambda^2 \quad (18)$$

Przykład:

$$N = \frac{\sigma_s}{\bar{\sigma}_{\lambda/2}} = \frac{\sigma_s}{0,17 \lambda^2} = \frac{50}{0,17 \cdot 0,1^2} \approx 30\,000 \text{ sztuk}$$

Ze wzoru /5 i 8/ możemy określić współczynnik "K" uwzględniający dowolne położenie dipoli w czasie opadania.

$$K = \frac{\sigma_{\frac{\lambda}{2}}}{\bar{\sigma}_{\frac{\lambda}{2}}} = \frac{0,86 \cdot \lambda^2}{0,17 \cdot \lambda^2} \approx 5$$

W praktyce współczynnik "K" przyjmuje się od 5-10. Wówczas wzór na obliczenie ilości pasków w paczce będzie

$$N = K \cdot \frac{\sigma_s}{\bar{\sigma}_{\frac{\lambda}{2}}} = (5 \div 10) \frac{\sigma_s}{0,86 \lambda^2} \quad 19/$$

Przyjmując, że paczka dipolowych elementów odbijających odpowiada swą wielkością skutecznej powierzchni odbicia  $= 50 \text{ m}^2$ , a współczynnik "K" będzie wynosił 5-10, to liczba dipolowych elementów odbijających w paczce będzie wynosić:

Rozwiązanie: 1. dla zakresu 4 m.

$$N = (5 \div 10) \frac{\sigma_s}{0,86 \cdot \lambda^2} = (5 \div 10) \frac{50}{0,86 \cdot \lambda^2} \approx 19 \div 38 \text{ sztuk}$$

2. Dla zakresu 10 cm.

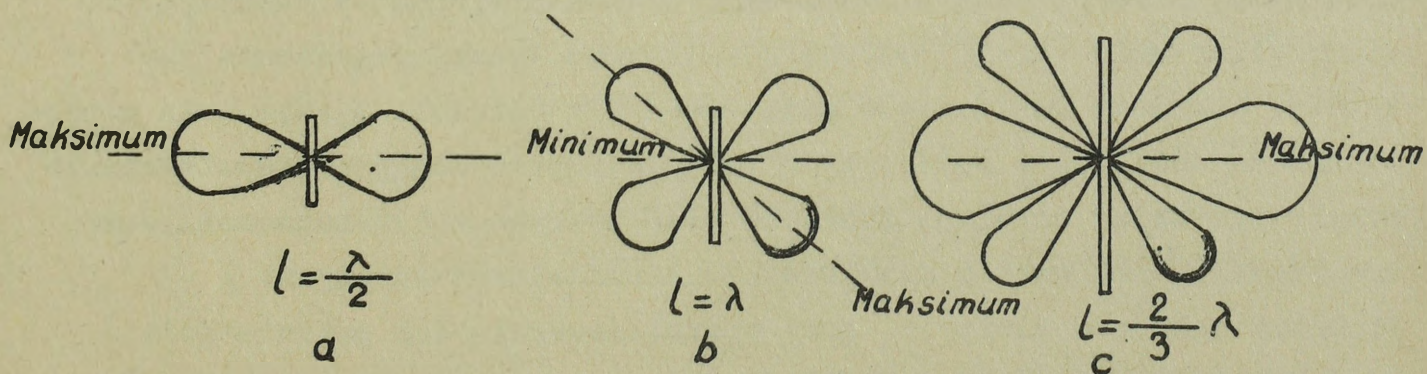
$$N = (5 \div 10) \frac{\sigma_s}{0,86 \lambda^2} = (5 \div 10) \frac{50}{0,86 \cdot 0,1^2} \approx 29000 \div 58000 \text{ sztuk}$$

3. Dla zakresu 3 cm.

$$N = (5 \div 10) \frac{\sigma_s}{0,86 \cdot \lambda^2} = (5 \div 10) \frac{50}{0,86 \cdot 0,03^2} \approx 320000 \div 640000 \text{ sztuk}$$

Jeżeli przyjmiemy, że stacje radiolokacyjne posiadają układy przeciwwzakłócenieniowe /TES/ to należy odpowiednio zwiększyć ilość elementów odbijających.

5. Charakterystyki kierunkowe odbicia energii elektromagnetycznej od elementów odbijających w zależności od ich długości.



Rys.10. Charakterystyki kierunkowe odbicia od elementu odbijającego w zależności od jego długości.

W miarę zwiększania długości oraz szerokości dipolowego elementu odbijającego pasmo skutecznych zakłóceń wzrasta.

Typy niektórych dipolowych elementów odbijających stosowanych do zakłóceń przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Typ dipolowych elementów odbijających	$\lambda$ /cm/	Ilość w paczce deo	$L$ /cm/	$\sigma_z$ paczki /m <sup>2</sup> /	Waga paczki /gram/
DOS-250u	50	8·10 <sup>3</sup>	25	70	125
DOS-150u	30	10·10 <sup>3</sup>	15	60	100
DOS-113u	22.6	13·10 <sup>3</sup>	11.3	80	180
DOS-100u	20	15·10 <sup>3</sup>	10	60	90
DOS - 50u	10	60·10 <sup>3</sup>	5	60	50
DOS - 15u	3	500·10 <sup>3</sup>	1,5	50-60	90
DOS-4u	0,8	1300·10 <sup>3</sup>	0.4	60	25

#### 6. Wytwarzanie zakłóceń biernych

Zakłócenia bierne mogą być wytwarzane różnymi sposobami. Do walki z naziemnymi i pokładowymi stacjami radiolokacyjnymi wytwarza się "obłoki" z dipolowych elementów odbijających. "Obłoki" zakłóceń wytwarza się przez wyrzucanie z samolotu paczek lub wystrzeliwanie pocisków z dipolowymi elementami odbijającymi, które pod działaniem strug powietrza rozsiewają się tworząc znacznych rozmiarów wolno opadające "obłoki". W zależności od wysokości na jakiej zostały wyrzucone, "obłoki" zakłóceń utrzymują się w powietrzu od kilku do kilkunastu minut. Przeciętna prędkość opadania wynosi od 60 do 180 m/min. Prędkość opadania obłoku będzie zależała od prędkości i cyrkulacji wiatru oraz od wilgotności powietrza. Na przykład opady deszczowe, śniegu, mogą przyspieszyć opadanie elementów odbijających silny wiatr może znieść "obłok" dipoli poza wyznaczoną strefą zakłóceń. Samoloty zakłócające winny lecieć w przodzie ugrupowania maskowanego na odległości takiej by dipole odbijające mogły się dostatecznie rozproszyć dając maksimum zakłóceń oraz by była wykluczona możliwość uszkodzenia maskowanych samolotów paczkami nierozwiniętymi.

"Obłoki" zakłóceń biernych, przy opromienianiu ich przez stacje radiolokacyjne, dają bardzo silne sygnały odbite, które utrudniają lub wręcz uniemożliwiają wykrycie, określenie liczby i miejsca położenia

samolotów w przestrzeni. Intensywność sygnałów pochodzących od "obłoków" zakłóceń zależy od: objętości przestrzeni zajętej przez "obłoki" zakłóceń, czasu trwania impulsu stacji radiolokacyjnej, szerokości charakterystyki promieniowania, polaryzacji fal wypromieniowanych przez stację, gęstości obłoku i stosunku długości dipoli do długości fali, na której pracuje zakłócana stacja radiolokacyjna.

Zakłócenia dzielimy na słabe, silne i bardzo silne. Zakłócenia słabe /01/ są to takie, przy których operator stacji radiolokacyjnej jest w stanie wykrywać obiekty powietrzne i prowadzić je w strefie zakłóceń. W tym wypadku ilość przekazywanych meldunków przez operatora o obiektach powietrznych maleje. Zakłócenia silne /02/ są to takie zakłócenia, przy których słabo wyszkolony operator nie jest w stanie wykrywać i prowadzić obiektów powietrznych w strefie zakłóceń. Wykrywać i śledzić obiekty powietrzne w strefie silnych zakłóceń może tylko operator bardzo dobrze wyszkolony z dużą praktyką prowadzenia celów w warunkach zakłóceń. Należy zaznaczyć, że ilość prowadzonych obiektów powietrznych w strefie zakłóceń słabych i silnych zależy również od mnemotechnicznych możliwości operatora /sposobność, pamięć wzrokowa/. Wykrywanie i prowadzenie obiektów powietrznych w strefie bardzo silnych zakłóceń /03/ jest niemożliwe.

Określenie niezbędnych wielkości dla stosowania zakłóceń biernych przy maskowaniu ugrupowań bojowych lotnictwa.

Ażeby skutecznie zamaskować ugrupowanie bojowe samolotów zakłóceniami biernymi należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:

DOS - x - typy dipolowych elementów odbijających na trasie;

$\tau$  - czas trwania impulsu zakłócającej stacji radiolokacyjnej sek/;

$\epsilon, \beta$  - szerokość wiązki promieniowania zakłócającej stacji radiolokacyjnej w płaszczyźnie poziomej i pionowej /stopniach/;

$\sigma_z$  - średnia skuteczna powierzchnia odbicia jednej paczki z dipolowymi elementami odbijającymi /m<sup>2</sup>/;

$\sigma_s$  - skuteczną powierzchnię odbicia samolotu/ów/ maskowanego /m<sup>2</sup>/;

$t_r$  - czas rozsiwania dipolowych elementów odbijających do chwili osiągnięcia maksimum odbicia /w sek/;

- $V_s$  - prędkość samolotu stosującego zakłócenia bierne /km/godz/;  
 $V_l$  - prędkość opadania dipolowych elementów odbijających /m/min/;  
 $V_w$  - prędkość wiatru /m/sek/;  
 $H$  - wysokość lotu ugrupowania samolotów maskowanych /m/;  
 $l_m$  - szerokość ugrupowania bojowego /m/;  
 $Dog$  - długość zakłócającej trasy /km/;  
 $Q$  - ciężar jednej paczki / /;  
 $K$  - współczynnik zakłócania określony jako stosunek sygnału zakłóceń do sygnału użytecznego, przy którym otrzymujemy skuteczne zakłócenia /liczba niewymierna/  
 $r_{smin}$  - promień stożka martwego zakłócającej stacji radiolokacyjnej /km/;  
 $\sigma_{sp}$  - skuteczna powierzchnia odbicia grupy samolotów znajdujących się w jednej objętości odbijającej /m<sup>2</sup>/;  
 $\epsilon_{\alpha}$  - kąt zawarty między kursem ugrupowania bojowego a kierunkiem wiatru w stopniach;  
 $l_m$  - maksymalna głębokość ugrupowania bojowego /m/;  
 $H_m$  - urzutowanie samolotów na wysokości /m/.

Przykład: Należy zakłócać stację radiolokacyjną typu AN/CPS-6B.

Dane stacji radiolokacyjnej AN/CPS-6B

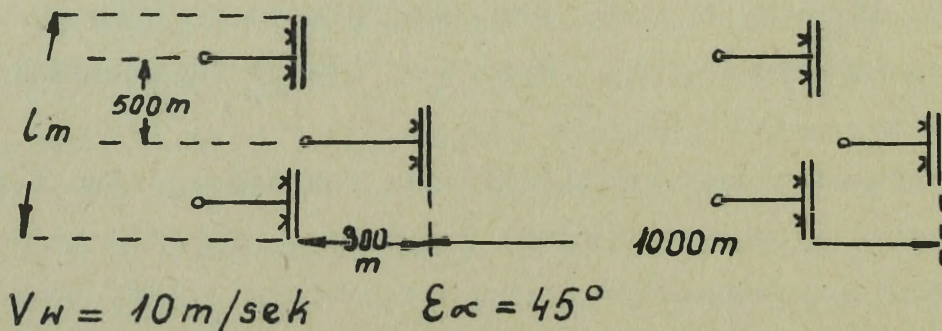
$$T = 3 \mu \text{ sek}; \beta = 1,3^\circ; \epsilon = 18^\circ$$

- samolot wytwarzający zakłócenia bierne Ił-28

$$V_s = 800 \text{ km/godz}; H = 10000 \text{ m}; \sigma_s = 20 \text{ m}^2; Dog = 500 \text{ km.}$$

- rozmiary ugrupowania bojowego

$$m = 1000 \text{ m}; L_m = 5000 \text{ m}; H_m = 500 \text{ m.}$$



Rys.11. Ugrupowanie przedstawia sobą klucze samolotów w klinie.

Rozwiązanie.

1. Rozróżnialność stacji radiolokacyjnej

$$\Delta D = \frac{c\tau}{2} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{2} = 450 \text{ m}$$

2. Rozróżnialność liniowa na odległości  $P_{\min}$  stacji radiolokacyjnej w azymucie.

$$\Delta \beta = D_{\min} \frac{\beta}{57.3} = 30700 \frac{1.3}{57.3} \approx 750 \text{ m}$$

gdzie:  $D_{\min} = H \cdot \text{ctg } 18^\circ$ ;  $D_{\min} = 10000 \cdot 3.07 = 30700$

Wielkości te odpowiadają rozmiarom ugrupowania bojowego zajętego przez 2 samoloty.

3. Określenie ilości paczek w jednej objętości odbijającej /m/

$$\sigma_{sp} = \eta \cdot n \cdot \sigma_s = 0.8 \cdot 2 \cdot 20 = 32 \text{ m}^2; \quad m = \frac{\sigma_{sp} \cdot k}{\sigma_z} = \frac{32 \cdot 2}{50} = 1.28$$

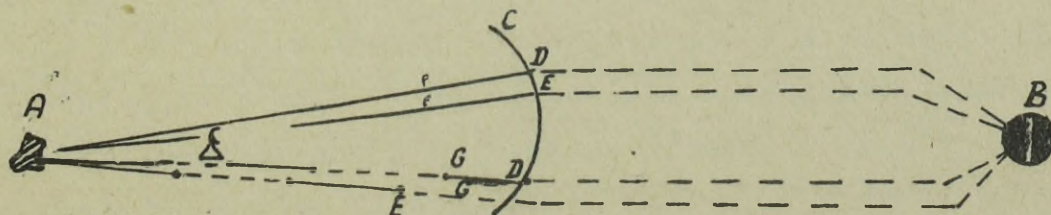
przyjmujemy  $m = 2$

gdzie:  $\eta$  - współczynnik zależny od wzajemnego usytuowania samolotów w objętości odbijającej. Praktycznie przyjmuje się od 0.4 - 0.9

$n$  - ilość samolotów w objętości odbijającej.

4. Określenie długości zakłócanej trasy /Dog/

Przy praktycznym planowaniu można brać pod uwagę zrzucanie dipolowych elementów odbijających na całej trasie lub na pewnych odcinkach. Zależać to będzie od sytuacji bojowej wykonywanego zadania oraz od stosunku ilości paczek zakłóceń do długości trasy lotu. Jeśli nie wystarczą paczki zakłóceń na całą trasę lotu wówczas można RLS nieprzyjaciela zakłócać na pewnych odcinkach.



Rys.12. Zakłócenia na całej trasie i na odcinkach trasy.

gdzie: A - obiekt bombardowania; B - lotnisko własne;

C - rubież wykrycia własnych samolotów przez stacje radiolokacyjne nieprzyjaciela; D - początek stosowania zakłóceń;

E - koniec stosowania zakłóceń F - ciągłe zakłócanie na trasie; G - odcinkowe zakłócenia na trasie.

5. Określenie ilości paczek zakłóceń na całej trasie  $/N_p/$

$$N_p = m \frac{D_{og}}{\Delta D} = 2 \frac{500\ 000}{450} \approx 2230 \text{ paczek}$$

6. Określenie ciężaru paczek zakłóceń  $/Q_n/$

$$Q_n = Q \cdot N_p = 50 \cdot 2230 \approx 111,5 \text{ kg}$$

7. Określenie tempa wyrzucania paczek  $/T/$

Tempo wyrzucania paczek z elementami odbijającymi zależy w znacznym stopniu od: parametrów technicznych stacji zakłócanych rozróżnialności, gęstości "obłoku", skutecznej powierzchni odbicia samolotu - grupy samolotów i od czynnej powierzchni odbicia paczki zakłóceń.

Jeśli samoloty zakładające stwarzają "obłok" z elementów odbijających w celu maskowania ugrupowania bojowego /ilość samolotów w grupie i podgrupach, ugrupowania bojowe, oraz manewr prędkością, wysokością i kursem/, wówczas zakłócenia winny mieć charakter ciągły. Natomiast tempo zrzucania paczek z elementami odbijającymi z liniowymi przerwami nie może w żadnym wypadku być mniejsze od rozróżnialności w odległości zakłócanych stacji radiolokacyjnych dlatego, że przerwy w sygnale zakłóceń dają możliwość obserwacji samolotów w "obłoku" elementów odbijających.

Tempo wyrzucania paczek z elementami odbijającymi określa się w/g wzoru:

$$T = \frac{\Delta D \cdot 3,6^*}{V_s \cdot m} = \frac{450 \cdot 3,6}{800 \cdot 2} \approx 1 \text{ sek}$$

8. Określenie możliwości stosowania zakłóceń biernych w odległości,

Po określeniu tempa wyrzucania paczek z deo  $/T/$  i prędkości lotu samolotu stosującego zakłócenia  $/V_s/$  oraz ilości paczek w kasecie  $/N_{pk}/$  można określić odcinek zakłóceń następującym wzorem:

$$D_z = T_{(sek)_{(pacz)}} \cdot N_{pk} \cdot V_s \text{ (km/sek)}$$

W tym celu ażeby każdorazowo nie obliczać odcinka zakłóceń wykorzystuje się wykresy możliwości stosowania zakłóceń biernych w odległości /patrz zał. 1,2 i 3/.

Praktyczne posługiwanie się wykresami. Określoną prędkość samolotu stosującego zakłócenia bierne odkładamy na osi pionowej /800 km patrz zał. nr 1/, następnie odkładając odcinek linii poziomej od punktu 800 km znajdujemy punkt przecięcia się z tempem wyrzucania paczek w naszym wypadku ono wynosi 1,0 sek następnie ciągnąc linię pionową do punktu przecięcia się T z  $V_s$  do osi poziomej otrzymamy odcinek zakłóceń Dz.

9. Obliczenie ilości samolotów stosujących zakłócenia bierne biorąc pod uwagę szerokość maskowanego ugrupowania / $N_z$ /

$$N_z = \frac{K_p \cdot S}{l_m} = \frac{(1,5 \div 2,5) \cdot 1000}{1000} = 1,5 \div 2,5$$

przyjmujemy 2

gdzie:  $K_p = 1/1,5 : 2,5/ l_m$  współczynnik zapasu;

S - szerokość pasa zakłóceń wytworzonego przez jeden samolot zakłócający.

10. Określenie odległości samolotu stosującego zakłócenia od czoła maskowanego ugrupowania bojowego / $l_b$ /

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

11. Określenie przewyższenia samolotu stosującego zakłócenia nad ugrupowaniem bojowych /  $\Delta H$ /.

$$\Delta H = \frac{l_b}{V_s} \cdot V_1 = \frac{10 \cdot 0,15 \cdot 60}{800} = 125 \text{ m.}$$

12. Określenie bocznego przemieszczenia się pasków / $S_b$ /

$$S_b = \frac{l_b}{V_s} \cdot V_w \cdot \cos \xi \alpha$$

$$S_b = \frac{10000}{800000} \cdot 3600 - 10 \cdot 0,707 = 318 \text{ m.}$$

Środki radioelektronicznego przeciwdziałania.

Według przeznaczenia samolotowe środki przeciwdziałania radioelektronicznego dzielą się na indywidualne i grupowe.

x/ Współczynnik 3,6 wynika z zmiany prędkości / $V_s$ / z km/godz. na m/sek.

### Indywidualne środki przeciwdziałania

radioelektronicznego przeznaczone są do osłony pojedynczych samolotów od rażenia ogniem z broni pokładowej rozmieszczonej na środkach latających, artylerii lufowej i raketowej.

Samoloty lotnictwa bombowego i rozpoznawczego mogą być wyposażone w następujący sprzęt przeciwdziałania radioelektronicznego:

- urządzenia sygnalizacyjne opromieniowanie samolotu przez stację radiolokacyjną nieprzyjaciela;
- automat do zrzutu dipolowych elementów odbijających /ASO-2B/

Samoloty myśliwsko-bombowe mogą być wyposażone w następujący sprzęt przeciwdziałania radioelektronicznego:

- pociski z dipolowymi elementami odbijającymi do działek NR-30 /jedno działko 130 pocisków/

Samoloty myśliwskie oraz myśliwsko-szturmowe mogą być wyposażone w następujący sprzęt przeciwdziałania radioelektronicznego:

- urządzenie sygnalizacyjne opromieniowanie samolotu przez stację radiolokacyjną nieprzyjaciela;
- pociski z dipolowymi elementami odbijającymi do działek N-37;
- stacje radiolokacyjne do naprowadzenia samolotu na środki radiolokacyjne nieprzyjaciela,

### Grupowe środki przeciwdziałania radioelektronicznego

przeznaczone są do osłony ugrupowań bojowych pododdziałów, jednostek i związków lotniczych przez stosowanie zakłóceń czynnych i biernych naziemnym. RLS wykrywania i naprowadzania samolotów myśliwskich, naziemnym radiolokacyjnym urządzeniem rozpoznawczym, radiolokacyjnym stacjom wskazywania celu i kierowania ogniem artylerii lufowej i raketowej, a także do stosowania zakłóceń aktywnych UKF środkiem 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-2B w lotnictwie myśliwsko-szturmowym ASO-2J/ oraz różnego typu nadajniki do zakłóceń czynnych /SPS-1 i SPS-2/ oprócz wymienionych nadajników zakłóceń używane są nadajniki zakłóceń jednorazowego użytku.

Automat do zrzucania elementów odbijających ASO -28.

Paczki z dipolowymi elementami odbijającymi energię elektromagnetyczną zrzucana się z samolotu Ił-28 za pomocą automatów ASO-28. Automat składa się z 2-ch kaset, urządzenia ciągnącego taśmę papierową oraz pulpitu sterowania.

Pulpit sterowania umieszczony jest w kabinie pilota. Służy do zdalnego włączania i wyłączania automatu oraz do regulowania tempa wyrzucania paczek od 0,5 sek w zwyż.

Kasety oraz urządzenia ciągnące rozmieszczone jest w luku bombowym. W kasety ładowane są taśmy z paczkami dipolowych elementów odbijających.

Warianty załadowania jednej kasety.

Tabela 2

Typy elementów odbijających	Ilość paczek elementów odbijających w jednej kasecie /szt/	Długość fali zakłócającej stacji radiolokacyjnej /cm/
DOS-15u	1704	3,04 - 3,26
DOS-50u	1704	10,18-10,9
DOS-113	1200	22,5-24,36

W celu osłony indywidualnej w każdym samolocie Ił-28 mogą być umieszczone automaty ASO-2B, w które ładuje się 800 paczek elementów odbijających DOS-15u.

Automat ASO-2B przeznaczony jest dla wytworzenia biernych zakłóceń pokładowym stacjom radiolokacyjnym lotnictwa myśliwskiego. Montuje się go w luku bombowym. Sterowanie nim odbywa się z kabiny.

Wyrzucanie paczek może odbywać się w czasie naprowadzania samolotów myśliwskich nieprzyjaciela na nasze bombowce na sygnał "Syreny - 2".

Automat może pracować w czterech wariantach:

- ciągłe zrzucanie	800 paczek
t = 3 sek	40 min
t = 1 sek	13,3 min
t = 0,3 sek	4 min
- ciągłe zrzucanie	1/3 paczek
- t = 3 sek	10 min
t = 1 sek	3,3 min
t = 0,3 sek	1 min

- zrzucanie seryjne 800 paczek  
t = 1 sek, 2-3 paczki . t = 5 sek, 2-3 paczki.  
t = 0,3 sek, 6-8 paczek . t = 5 sek, 6-8 paczek
- zrzucanie seryjne 30 paczek  
t = 1 sek, 30 paczek . t = 5 sek, 30 paczek  
t = 0,3 sek, 30 paczek.

Z doświadczeń wiadomo jest, że przy pomocy ASO-2B można utrudnić przeciwnikowi od 8 do 16 naprowadzań.

Oprócz tego do indywidualnej osłony każdego samolotu mogą być wykorzystane rakiety sygnałowe. W tym celu z tych rakiet należy usunąć substancję świecącą, a na jej miejsce umieścić elementy odbijające. Ciężar elementów odbijających DCS-15u umieszczonych w jednej rakiecie wynosi 100 gram /  $G_2 \approx 70 \text{ m}^2$ . Ogólny ciężar elementów odbijających wynosi 1,2 kg.

#### Stosowanie biernych zakłóceń przeciw RLS wykrywania naprowadzania i wskazywania celów.

Podstawową metodą w stosowaniu pasowych zakłóceń jest wytwarzanie "korytarza" zakłóceń z dipolowych elementów odbijających.

Wychodząc z minimalnego użycia środków i samolotów dla wytworzenia korytarza zakłóceń przeciw RLS wykrywania i naprowadzania, przy maskowaniu grup uderzeniowych w luźnym lub zwartym ugrupowaniu bojowym w dzień, najbardziej celowym 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 będzie rzędu 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 RLS wykrywania, naprowadzania i wskazywania celów jest wykonywanie przez specjalne samoloty korytarza biernych zakłóceń, skuteczne działanie którego wynosi 10-15 min. W korytarzu tym prowadzi się samoloty przy pomocy radiotechnicznych środków.

Przy locie falowym samolotów w odstępach czasowych co minutę i rozmieszczeniu ich na wysokości w czterech grupach w korytarzu zakłóceń można maskować około 60 samolotów. Ponieważ dipolowe elementy odbijające

w czasie 15 minut zniżą się o 1500 m, to przy określaniu profilu lotu samolotów należy to uwzględnić.

Po upływie 15 minut skuteczna powierzchnia odbicia dipolowych elementów odbijających będzie niższa od wymaganej i dla tego należy ponownie wytwarzać zakłócenia /zależy od głębokości potoku/.  
Stosowanie biernych zakłóceń przeciw radiolokacyjnym celownikom dla przerwania ataku myśliwców nieprzyjaciela.

Dla odparcia ataków myśliwców nieprzyjaciela nocą lub w trudnych warunkach atmosferycznych należy na podstawie danych z odbiornika powiadomienia stosować indywidualne środki biernych zakłóceń, znajdujących się na samolotach. W celu racjonalnego zużycia środków zakłóceń wskazanym jest nanieść na mapę lotu możliwe rubieże przechwyceń przez samoloty myśliwskie nieprzyjaciela zarówno z położenia dyżurowania na lotniskach jak i z położenia patrolowania w powietrzu dla zadanej wysokości lotu ugrupowania bojowego. Dipolowe elementy odbijające celowym jest zrzucić na odcinku końcowego etapu ataku myśliwców z takim wyliczeniem, aby przerwać automatyczne samonaprowadzanie i uniemożliwić celne prowadzenie ognia z broni pokładowej.

Paczki z dipolowymi elementami odbijającymi wyrzucane z automatów zapewniają przerwanie ataku myśliwców nieprzyjaciela z radiolokacyjnym celownikiem przy sylwetce nie większej niż 3/4. Dla przerwania ataku myśliwców z przedniej półsfery mogą być wykorzystywane pociski wypełnione dipolowymi elementami odbijającymi.

Przy wykonywaniu ataku przez myśliwce nieprzyjaciela z prędkością 800-1000 km/godz. i większej zakłócenia bierne należy stosować przeciw pokładowym radiolokacyjnym celownikom myśliwców nie tylko nocą, ale także i w dzień. Skuteczność wzrokowego ataku z zastosowaniem optycznych celowników posiada mniejszą dokładność określania współrzędnych celu w porównaniu z radiolokacyjnym celownikiem, a przy prędkościach 800-1000 km/godz. i większej dokładność znacznie się obniża. Oprócz tego prowadzenie ognia kierowanymi pociskami raketowymi może odbywać się tylko przy pomocy radiolokacyjnych celowników.

Właściwości organizacji i stosowania zakłóceń biernych podczas działań bojowych lotnictwa na małych wysokościach.

Podczas działań bojowych lotnictwa frontowego na małych

wysokościach skuteczność artylerii przeciwlotniczej i lotnictwa myśliwskiego nieprzyjaciela znacznie maleje. Jeśli na wysokości 1000-4000 m skuteczność ognia artylerii przedwlotniczej jest największa, to na wysokościach 300-500 m prowadzenie ognia przez artylerię z wykorzystaniem RLS praktycznie jest nie możliwe. Odległość wykrycia ugrupowania bojowego lecącego na małych wysokościach przez RLS jest bardzo mała /mały zasięg RLS, odbicia od miejscowych przedmiotów terenowych, stożek martwy/ z tego też względu naprowadzanie myśliwców jest bardzo ograniczone, a w niektórych wypadkach wogóle niemożliwe.

Podczas działań ugrupowania bojowego na małych wysokościach dla zmniejszenia skuteczności przeciwdziałania lotnictwa myśliwskiego nieprzyjaciela celowym jest podjąć następujące przedsięwzięcia:

- wykonać przeciwmiejski manewr z takim obliczeniem, aby jaknajwięcej ograniczyć rejon możliwych ataków;
- organizować demonstracyjne działania;
- obezwładniać radioelektroniczne środki nieprzyjaciela /artyleryjskim ogniem, uderzeniami lotnictwa i rakiet/;
- wybierać profil lotu z uwzględnieniem ukształtowania terenu;
- stosować dla zerwania ataku myśliwców indywidualne środki zakłóceń biernych.

Przy działaniach lotnictwa myśliwsko-szturmowego na wysokościach rzędu 150-300 m, pokonywać system obrony powietrznej przeciwnika można bez specjalnego maskowania radioelektronicznego możliwe jest to wówczas jeśli w systemie obrony powietrznej nie występują pociski kierowane do niszczenia celów na małych wysokościach.

Przy działaniach lotnictwa w dzień i w nocy na średnich, dużych i stratosferycznych wysokościach obowiązkowo należy zabezpieczać ugrupowanie bojowe zakłóceniami biernymi.

Ilość samolotów stosujących zakłócenia bierne potrzebne do zamaskowania pułku lotnictwa bombowego w dzień i nocą w chmurach przedstawia tabela nr 3.

Tabela nr 3

Odcinki trasy	Charakter zakłóceń	Warunki lotu	Potrzebna ilość sił i środków	Posiada ilość środków w pułku
Od rubieży wykrywania do linii frontu S=165-175 km	Zakłócenia bierne przeciw RIS wykrywania naprowadzania i wskazywania celów	w dzień  Nocą i w chmurach	2Ił-28 z ASO-28 po 2 kasety z DOS-50u i DOS-113u  3Ił-28 z ASO-28 po 2 kasety z DOS-50um i DOS-113um	6Ił-28 z ASO-28
Od linii frontu w rejon celu S=330-350km	Zakłócenia bierne przeciw RIS słuchania za celami dowodzenia ogniem	w dzień  Nocą i w chmurach	2Ił-28 z ASO-28 po 2 kasety z DOS-15u  4Ił-28 z ASO-28 po 2 kasety z DOS-15u	6Ił-28 z ASO-28
Przy atakach myśliwców nie-przyjaciela z tylnej półsfery pod kursem nie więcej 3/4	Zakłócenia stacjom słuchania myśliwców i radiolokacyjnym koordynatom pocisków "powietrze-powietrze".	w dzień  Nocą i w chmurach	Na część samolotów "Syrena-2" i ASO-2b z DOS-15u  Na każdym samolocie "Syrena-2" i ASO-2b z DOS-15u	Na każdym samolocie mamy "Syrena-2b" i ASO-2b.

TEMPO ZRZUTU ELEMENTÓW ODBIJAJĄCYCH Z KASET ASO/28.

Tabela 4

Typ stacji radiolokacyjnej	Długość fali w cm.	Typ dipolowych elementów odbijających	Tempo zrzutu w sek	Prędkość lotu s-tów stożując zakł. w km/godz
			600	900
1	2	3	4	5
<u>Stacje wykrywania i naprowadzania</u>				
AN/CPS-1,		DOS-50u	1,5	1
AN/MPS-5	10,3-11,1			
AN/MPS-7	22,0-24,7	DOS-113u	3	2
AN/FPS-8,				
AN/MPS-11	22,2-23,4	DOS-113u	1,5	1
AN/TFS-1D	22,2-24,6	DOS-113u	2	1,5
AN/FPS-10	9,7-11,1	DOS-50u	1,5	1
AMRS typ.21				
MK5	10	DOS-50u	1,5	1
AMES typu 80	9,8-10,5	DOS-50u	2	1,5

1	2	3	4	5
<u>Stacje określenia wysokości /wysokościomierze/</u>				
AN/TPS-10D	3,19-3,25	DOS-15u	1	1
AN/MPS-14	10,3-11,1	DOS-50u	1,5	1,5
<u>Stacje przechwytywania i celowniki radiolokacyjne</u>				
AN/APA-43	3,2-	DOS-15u	1	1
AN/APS-40	3,0	DOS-15u	1	1
AI MK-18	3,0-3,5	DOS-15u	1	1
AI MK-23	3,0	DOS-15u	1	1
<u>Stacje kierowania ogniem artylerii przeciwlotniczej</u>				
SCR-584/B/				
SCR-784	10,3-11,1	DOS-50u	0,7	0,5
SCR-584/D/	3,1-3,5	DOS-15u	0,5	0,5
System T-38	3,1-3,6	DOS-15u	0,5	0,5
AA nr 3				
MK-5	10,3-11,1	DOS-50u	0,7	0,5
AA nr 3				
MK-7	9,6-10,0	DOS-50u	0,5	0,5
<u>Stacje kierowania systemem "Nike Ajax"</u>				
Stacje śledz.w celu	3,1-3,5	DOS-15u	0,5	0,5
Stacje wskazywania celu	8,6-9,7	DOS-44u	0,5	0,5

### III. ZAKŁOCEŃ CZYNNYCH 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 zastosowana w celu zakłócania. 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 słabego odbitego 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.

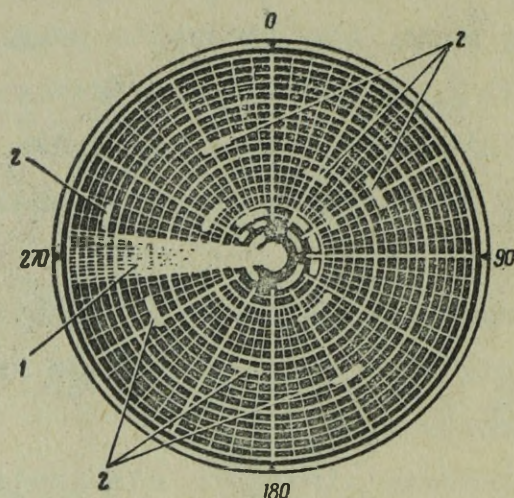
Moc nadajnika zakłóceń niezbędna dla skutecznego zakłócenia pracy RLS w zasadzie określa się następująco.

W stacji radiolokacyjnej pracującej w systemie impulsowym z małym współczynnikiem wypełnienia koncentrować można w impulsie dużą moc rzędu kilku milionów wat, natomiast nadajnik zakłóceń winien promieniować ciągle.

Jeżeli przyjąć współczynnik wypełnienia pracy stacji radiolokacyjnej równy 0.001, co odpowiada długości impulsu  $1\mu$  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 kierunkowość, 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 do przeciętnej stacji radiolokacyjnej.

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

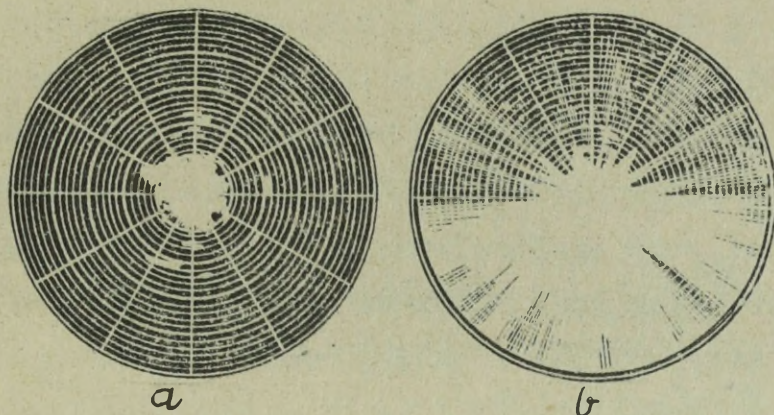


Rys.14. Oddziaływanie nadajnika zakłóceń małej mocy na stacje radiolokacyjną obserwacji okrężnej:  
1 - sektor podświetlony zakłóceniami; 2 - impulsy odbite od samolotów,

Jeżeli moc nadajnika zakłóceń jest stosunkowo nie duża, to skuteczne oddziaływanie zakłóceń na stację radiolokacyjną będzie wywołane tylko wówczas, kiedy antena stacji będzie skierowana na nadajnik zakłóceń. Oddziaływanie takiego nadajnika na pracę stacji radiolokacyjnej będzie widoczne w postaci wąskiego podświetconego sektora na ekranie wskaźnika typu "P" /rys.14/. Szerokość sektora będzie przypuszczalnie równa szerokości charakterystyki kierunkowej stacji radiolokacyjnej. Zrozumiałym jest, że skuteczność takiego zakłócenia będzie nie wielka dlatego, że wszystkie sygnały od celów znajdujące się poza wąskim sektorem zakłóceń będą widoczne.

Dla podświetlenia szerokiego sektora na ekranie należy zwiększyć moc nadajnika zakłóceń do takiego stopnia, ażeby oddziaływanie zakłóceń wywołane było i wówczas, kiedy antena stacji odchyli się od kierunku na nadajnik. Przy tym zakłócenie będzie oddziaływać na stację również w rezultacie bocznego i wstecznego odbioru anteny.

Oczywiście, że im mniejszy będzie poziom bocznego i tylnego odbioru anteny stacji, tym bardziej należy podwyższać moc nadajnika zakłóceń. Zakłócenia nadajnika o dużej mocy na stacje radiolokacyjną pokazane są na rys. 15.



Rys. 15. Silne zakłócenia dla stacji obserwacji okrężnej:  
a - wygląd wskaźnika bez zakłóceń; b - ten sam wskaźnik z zakłóceniami.

Jeżeli nadajnik winien wytwarzać zakłócenia w sektorze to znów otrzyma się energetyczne "straty", wielkość których 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 obliczeniu winniśmy wziąć pod uwagę iloczyn oddzielnych "strat"/, to otrzymamy wielkość 5000000. 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 nim 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 charakteryzować nadajnik zakłóceń nie zasięgiem jego działania lecz wypromieniowaną mocą.

Przy porównaniu energetycznych stosunków stacji radiolokacyjnej i nadajnika zakłóceń należy mieć na uwadze następujące czynniki. Zasięg działania stacji radiolokacyjnej jest proporcjonalny do pierwiastka czwartego stopnia z mocy nadajnika, ponieważ promieniowana energia przechodzi odległość między stacją i celem dwa razy - w bezpośrednim i powrotnym kierunku. Zasięg działania nadajnika zakłóceń jest proporcjonalny do pierwiastka kwadratowego z jego mocy, ponieważ promieniowana moc przechodzi odległość między 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 ze zmniejszeniem odległości moc stacji radiolokacyjnej powinna wzrastać znacznie szybciej aniżeli moc nadajnika zakłóceń. Ze stosunku tego wynika również, że nadajnik zakłóceń skutecznie zakłóca pracę stacji na dużych i średnich odległościach, przy zmniejszeniu odległości do pewnej minimalnej, nie może już skutecznie utrudniać w pracy stacji radiolokacyjnej.

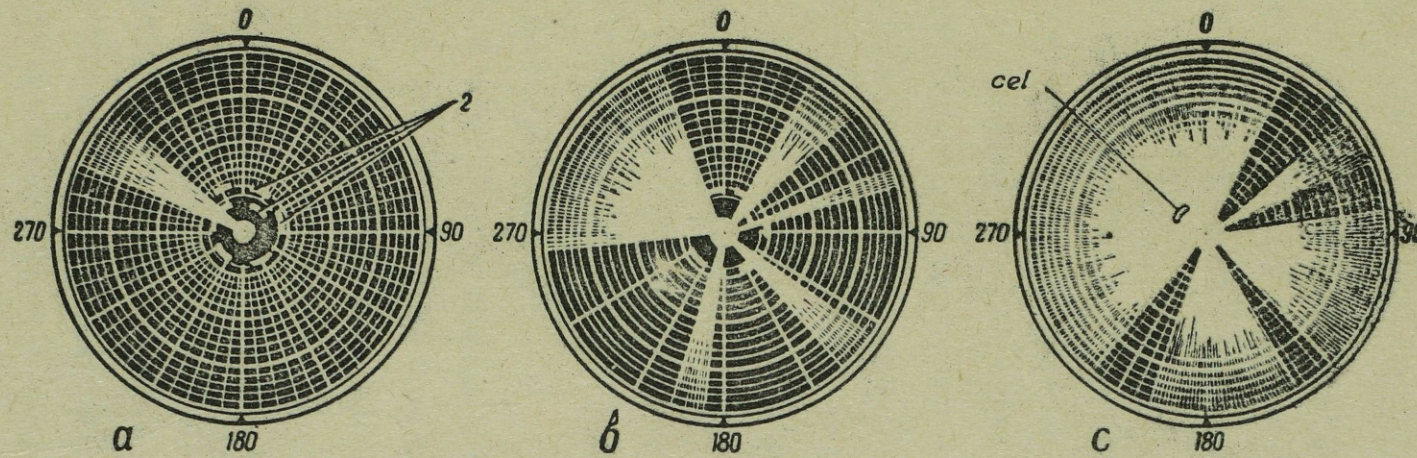
Na rys.16 pokazany jest wpływ zakłóceń samolotowego nadajnika na stacje radiolokacyjną obserwacji okrężnej z różnych odległości. Przy większej odległości na ekranie wskaźnika widoczny jest wąski sektor zakłóceń, a odbity od samolotu sygnał użyteczny jest nie widoczny /rys.16a/.

Przy średniej odległości sektor zakłóceń rozszerza się, pojawiają się dodatkowe zakłócenia sektory od bocznych i tylnych listków promieniowania kierunkowej anteny - odbity od samolotu sygnał użyteczny jak i poprzednio jest nie widoczny /rys.16b/. 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.16c/.

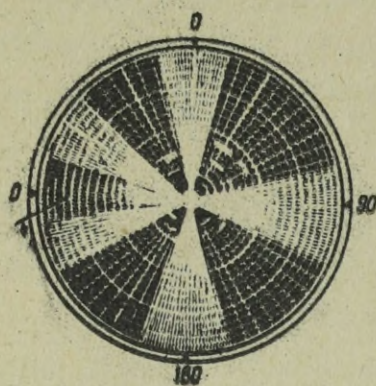
Dla skutecznego zakłócania pracy stacji radiolokacyjnej niedostateczne jest wytworzenie tylko szerokiego sektora zakłóceń na

ekranie wskaźnika. Konieczne jest również odpowiednio duże rozjaśnienie sektora zakłóceń, które posiadałoby taką intensywność, przy której sygnał odbity od celu byłby nie widoczny na tle zakłóceń. Nadajnik zakłóceń dużej mocy może doprowadzić odbiornik stacji radiolokacyjnej do przesterowania. Obserwuje się przy tym pojawienie wąskich zaciemnionych sektorów w środku szerokiego zaświeconego sektora zakłóceń /rys.17/.

W odróżnieniu od stacji radiolokacyjnej, gdzie z reguły wykorzystuje się generatory pracujące w systemie impulsowym dla nadajników zakłóceń zazwyczaj wykorzystuje się generatory ciągłego promieniowania. Typ lampy generacyjnej wybiera się w zależności od zakresu fal, w którym winny być wytwarzane zakłócenia i od mocy nadajnika. Jeśli np. w metrowym zakresie można wykorzystywać zwykłe elektronowe lampy, to w decymetrowych i centymetrowych zakresach stosuje się specjalnie generatory dużej mocy prześtrajane w szerokim zakresie częstotliwości.



Rys.16. Oddziaływanie samolotowego nadajnika zakłóceń na stacje obserwacji okrężnej;  
a - duża odległość; b - średnia odległość; c - mała odległość;  
1 - sygnał odbity od celu; 2 - sygnały odbite od miejscowych przedmiotów.



Rys.17. Oddziaływanie nadajnika dużej mocy zakłóceń szumowych na stacje radiolokacyjne.

/1 - zaciemniony sektor, w granicach którego odbiornik stacji zostaje przesterowany/.

W nadajnikach zakłóceń centymetrowego zakresu fal najczęściej wykorzystuje się magnetron ciągłej generacji.

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 zwiększenia skuteczności oddziaływania przeciwradiolokacyjnej aparatury, co nieuchronnie pociąga za sobą rozpracowania nowych metod radiolokacji i zwiększenia odporności na zakłócenia stacji radiolokacyjnych.

### 3. Określenie niezbędnej mocy dla zakłócenia pracy stacji radiolokacyjnych.

Dla zakłócania pracy stacji radiolokacyjnej należy nie tylko wybrać skuteczny rodzaj czynnych zakłóceń, ale również należy zabezpieczyć konieczne przewyższenie sygnału zakłóceń nad sygnałem użytecznym na wejście urządzenia odbiorczego zakłócanej stacji. Zależy to od mocy nadajnika zakłóceń od 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.

Współczynnik zakłóceń /kz/ nazywamy minimalny stosunek amplitudy drgań sygnału zakłóceń przy wyłącznej modulacji nadajnika zakłóceń do amplitudy sygnału użytecznego, mierzony na wejściu odbiornika. Stosunek ten wybiera się z takim wyliczeniem, aby zapewnić żądane prawdopodobieństwo zakłócania sygnału użytecznego przy włączaniu modulacji.

$$K_z = \frac{U_z}{U_s} \quad \text{lub} \quad K_z^2 = \frac{P_{odz.}}{P_{ods}}$$

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

$U_z$  -  $P_{oddz.}$  - napięcie i mocy 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 otrzymują  $K_z = 2-3$ .

Przy określeniu możliwości nadajnika zakłóceń centymetrowego zakresu należy brać pod uwagę wielkość współczynnika zakłóceń nie mniejsza jak  $K_z = 2:3$ .

Dla wskaźnika z modulacją jasności wielkość współczynnika zakłóceń jest trochę mniejsza, jak dla wskaźnika z modulacją amplitudy / $K_z = 1.5 : 2,5$ / 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. Pomiedzy współczynnikiem zakłóceń szerokopasmowych  $K_{zz}$  a współczynnikiem zakłóceń wąskopasmowych  $K_z$  istnieje zależność:

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

gdzie:  $\Delta f_{zz}$  - szerokość pasma szerokopasmowych zakłóceń;  
 $\Delta f_z$  - szerokość pasma wąskopasmowych zakłóceń.

#### Równanie przeciwradiolokacji

Równaniem przeciwradiolokacji nazywamy wyrażenie dla skutecznej mocy nadajnika zakłóceń, niezbędnej dla zakłócenia stacji radiolokacyjnej w określonych warunkach. Do tych warunków odnoszą się:

- parametry RLS i właściwości jej odbiorczo-wskaźnikowego toru;
- odległości: nadajnik zakłóceń - RLS i cel - RLS;
- skuteczna powierzchnia odbicia celu;
- właściwości stosowanego rodzaju zakłóceń;
- warunki rozchodzenia się fal elektromagnetycznych.

Określmy moc nadajnika zakłóceń  $P_z$ , niezbędną dla zakłócenia RLS, w wypadku gdy nadajnik zakłóceń i cel który należy zamaskować, znajdują się na różnych odległościach i na różnych kierunkach w stosunku do stacji radiolokacyjnej /rys.18/.

Wprowadzimy oznaczenia:

- $P_{RLS}$  - moc w impulsie promieniowana przez RLS;
- $G_{RLSO}$  - 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;
- $C_s$  - skuteczna powierzchnia odbicia /celu/ obiektu;
- $A_{RLS}^o$  -  $A_{RLS}$ ,  $A_{RLS}$  - skuteczna powierzchnia anteny odbiorczej RLS, odpowiednio do kierunku maksymalnej kierunkowej diagramy, celu i nadajnika zakłóceń;

$P_z$  - moc promieniowana przez nadajnik zakłóceń;

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

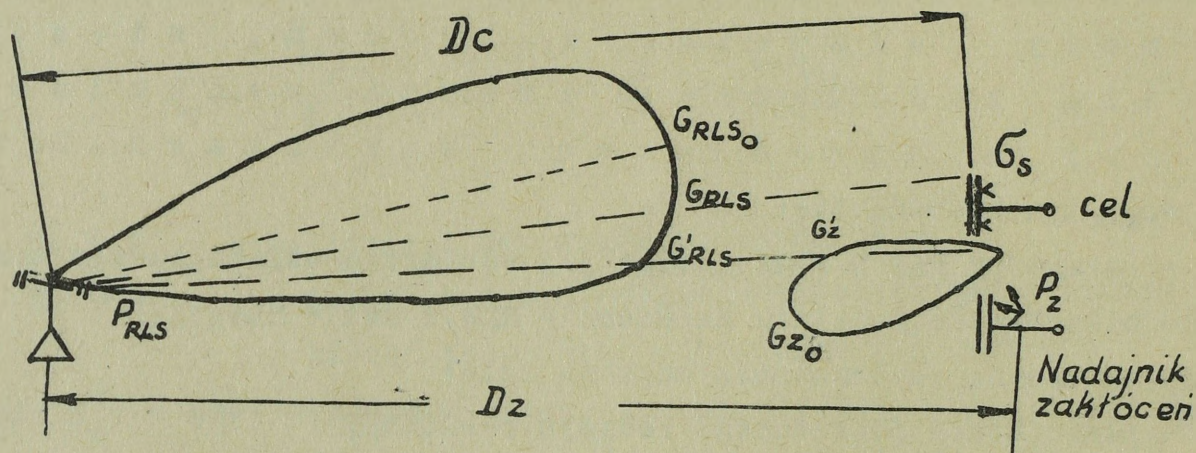
$D_z$  - odległość między nadajnikiem zakłóceń a RLS.

Za podstawę do obliczeń przyjęty zostanie współczynnik zakłóceń.

$$K_z^2 = \frac{P_{odz}}{P_{ods}} \quad /1/$$

gdzie:  $P_{odz}$ ,  $P_{ods}$  - moc zakłóceń i sygnału użytecznego, odbitego od celu na wejściu odbiornika RLS;

$K_z$  - współczynnik zakłóceń.



Rys.18. Nadajnik zakłóceń i maskowany nim cel znajdują się na różnych odległościach.

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

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

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

$$P_{odz} = \frac{P_z G_z}{4\pi D_z^2} \cdot \delta \cdot A'_{RLS} \quad /3/$$

Gdzie:  $\delta$  - współczynnik uwzględniający osłabienie mocy zakłóceń ze względu na niezbieżność polaryzacji pola zakłóceń i anteny RLS /  $\delta < 1$  /

Podstawiając wyrażenie /2/ i /3/ w pierwsze otrzymamy

$$\frac{P_z G'_z}{4\pi D_z^2} \cdot \delta \cdot A'_{RLS} = K_z^2 \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS}}{(4\pi D_c^2)^2} \cdot G_s \cdot A_{RLS} \quad /4/$$

Jeżeli w RLS jedna antena spełnia również funkcję i anteny nadawczej to wzór /4/ można uprościć, wyrażając skuteczną powierzchnię tłumienia anteny odbiorczej przez współczynnik wzmacnienia anteny nadawczej.

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

gdzie:  $\lambda^2$  - długość fali;

Wówczas wzór /4/ będzie posiadał postać:

$$\frac{P_z G'_s}{4\pi D_z^2} \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot G_{RLS} \cdot \delta = K_z^2 \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS}}{(4\pi D_c^2)^2} \cdot G_s \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot G_{RLS} \quad /5/$$

Moc nadajnika zakłóceń zakresu centymetrowego często charakteryzują mocą ekwiwalentną tj. mnożeniem mocy promieniowanej przez współczynnik wzmacnienia anteny nadajnika zakłóceń.

Rozwiązując wzór /5/ odnośnie ekwiwalentnej mocy nadajnika zakłóceń, otrzymamy:

$$P_{nzs} = P_z G_z = \frac{K_z^2}{\delta} \cdot \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS}}{4\pi \frac{G'_{RLS}}{G_{RLS}}} \cdot G_s \cdot \frac{D_z^2}{D_c^4} \quad /6/$$

Wzór /6/ właściwy jest dla wypadku rozchodzenia się fal radiowych w swobodnej przestrzeni przy dowolnym rozmieszczeniu nadajnika zakłóceń stacji radiolokacyjnej i samolotu maskowanego /obiekту/.

Przy uwzględnieniu wpływu ziemi otrzymamy

$$P_{nzs} = \frac{K_z^2}{\delta} \cdot \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS}}{4\pi \frac{G'_{RLS}}{G_{RLS}}} \cdot G_s \cdot \frac{D_z^2}{D_c^4} \cdot \frac{\sqrt{v_{nad}} \cdot \sqrt{v_{od}}}{\sqrt{v_{nz}}} \quad /7/$$

gdzie:  $\gamma$  - współczynnik oddziaływania ziemi odnośnie pola dla nadawania i odbioru na drodze: nadajnik RIS - cel, cel - odbiornik RIS o  $n_z$  - odbiornik RIS.

$$- P_{nzs} = P_z G_z$$

W niektórych wypadkach jeśli nadajnik zakłóceń winien zamaskować tylko ten samolot, na który on jest umieszczony, lub znajduje się w ugrupowaniu bojowym to wzory /6/ i /7/ mogą być zapisane w postaci:

$$P_{nzs} = \frac{K_z^2}{\delta} \cdot \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS}}{4\pi} \cdot \sigma_s \cdot \frac{1}{D_c^2} \quad /8/$$

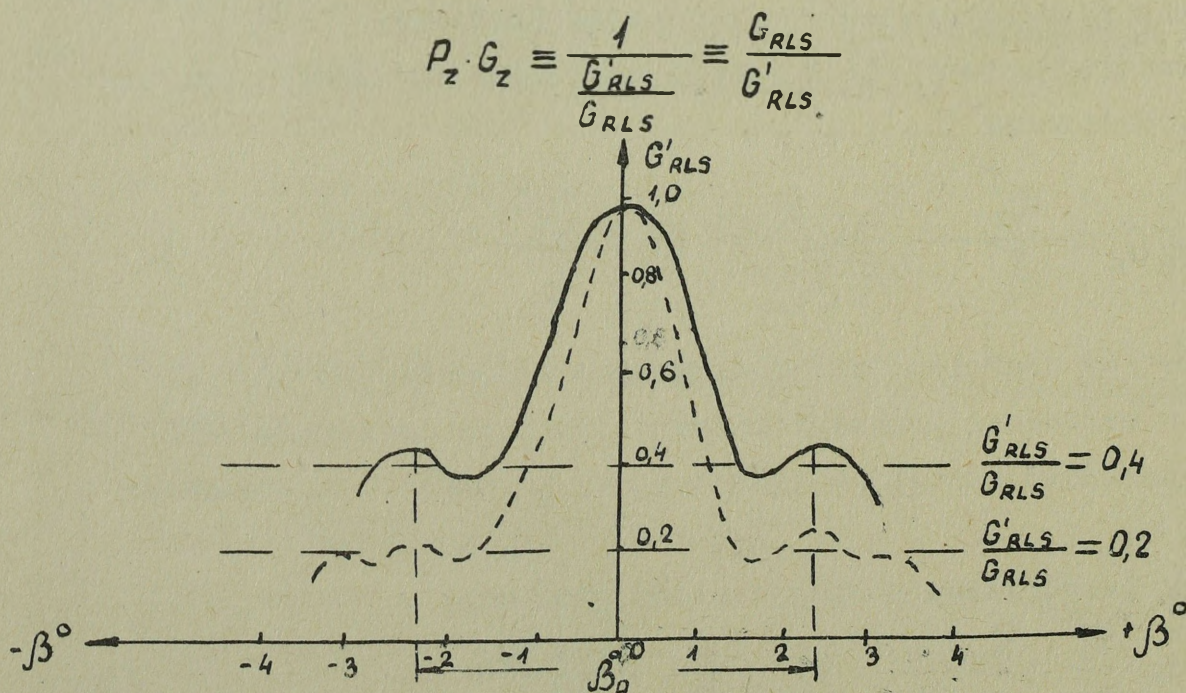
$$P_{nzs} = P_z G_z = \frac{K_z^2}{\delta} \cdot \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS}}{4\pi} \cdot \sigma_s \cdot \frac{\gamma_{nad}^2}{D_c^2} \quad /9/$$

### Analiza równania przeciwradiolokacji

a. Zwiększenie promieniowanej mocy nadajnika zakłócanej RIS wymaga również zwiększenia mocy nadajnika zakłóceń, ponieważ:

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

b. Czym mniejszy jest poziom listków bocznych charakterystyki kierunkowej anteny RIS, tym większą należy stosować moc nadajnika zakłóceń, jeśli chcemy zapewnić rozjaśnienie określonego sektora na ekranie, ponieważ /patrz rys.19/.



Rys.19. 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:

$$P_z G_z \equiv \sigma_s$$

d. Czym odporniejszy na zakłócenia jest odbiorczo-wzmacniający ter RIS, tym większą wymaga się moc ekwiwalentną nadajnika zakłóceń dla jej zakłócenia ponieważ:

$$P_z G_z = K_z^2$$

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

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

e. Z wzoru /8/ widać, że przy określonych znaczeniach  $P_{nz}$ ,  $G_{nz}$ ,  $G_{RIS}$ ,  $P_{RIS}$ ,  $K_z^2$  działanie nadajnika zakłóceń ogranicza się do pewnej minimalnej odległości.

Posługując się wzorem /8/ można orientacyjnie określić minimalną strefę działania nadajnika zakłóceń w stosunku do jakiegokolwiek stacji:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{N}{P_{nzs}}} \quad ; \quad \text{gdzie } N = \frac{K_z^2}{\delta} \cdot \frac{P_{RIS} G_{RIS}}{4\pi} \sigma_s$$

Oznacza to, że jeśli odległość między nadajnikiem zakłóceń i RIS będzie mniejsza od  $D_{min}$ , to na tle zakłócanego sektora będzie widoczny sygnał użyteczny, tj. nadajnik zakłóceń już nie może skutecznie zakłócać pracy RIS.

#### 4. Metoda obliczania skutecznego sektora zakłóceń

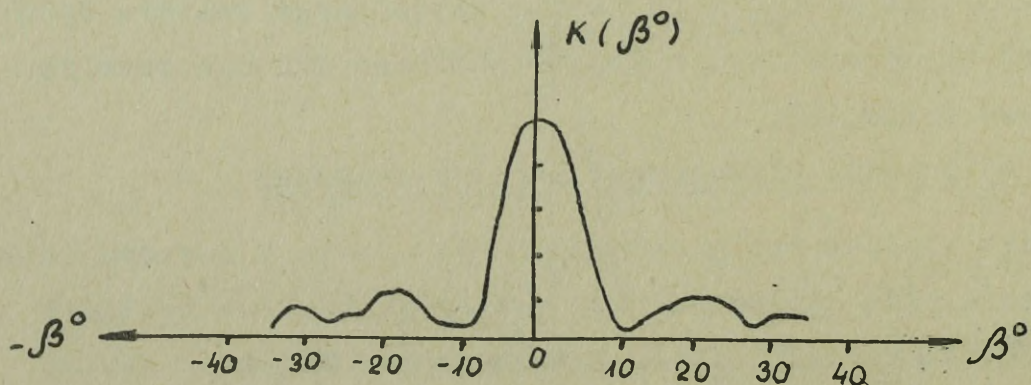
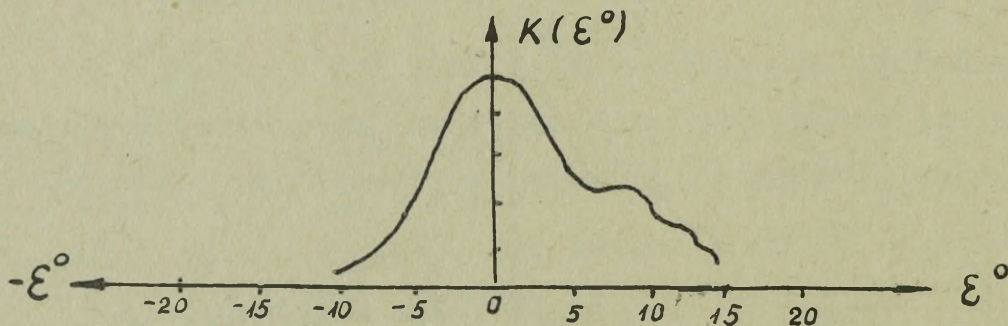
Naziemnym stacjom radiolokacyjnym wykrywania i naprowadzania czynne zakłócenia będą stwarzane przy pomocy nadajników zakłóceń zainstalowanych na środkach napadu powietrznego. Znając niektóre taktyczno-techniczne dane stacji zakłócanych przeciwnika można określić w przybliżeniu efekt zakłóceń. O skuteczności nadajnika zakłóceń można sądzić po wielkości przestrzeni w granicach, której

zabezpiecza się maskowanie samolotów /ugrupowania bojowego/, przed wykryciem przez RLS. Granicę maskowanej przestrzeni w płaszczyźnie poziomej określa się sektorem skutecznych zakłóceń tj. sektorem w granicach którego na ekranie wskaźnika zakłócanej RLS nie obserwuje się na tle zakłóceń zobrazowania 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 spełnienie następującego wyrażenia otrzymanego równania /1/.

$$P_{odz} = K_z^2 \cdot P_{ods} \quad /10/$$

System antenowy RLS posiada charakterystykę kierunkową której natężenie pola w płaszczyźnie poziomej określa się zależnością  $K/\beta$  / i w pionowej -  $K/\varepsilon$  / rys.20.



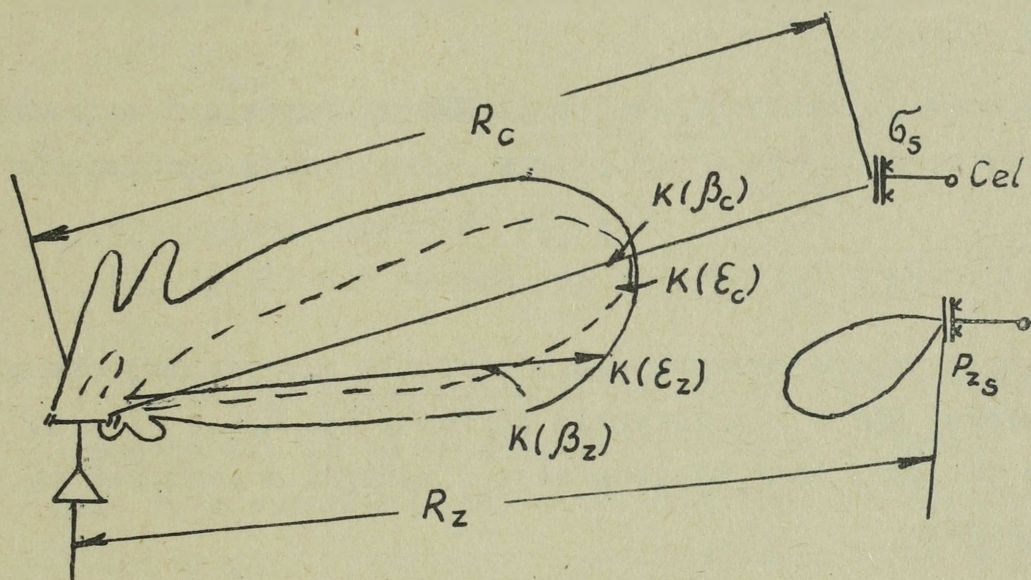
Wartość zysku energetycznego anteny  $G_{RLS}$  w kierunku na cel wyraża się zależnością:

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

anw 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



Rys.21. Charakterystyki kierunkowe RLS w płaszczyźnie pionowej /linia ciągła/ i poziomej /linia przerywana/.

Analogiczne wyrażenie zysku energetycznego anteny stacji zakłóceń w kierunku na RLS:

$$G_z = G_{z \max} \cdot K^2 / \epsilon_z / \cdot K^2 / \beta_z /.$$

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

$$G_z = 0,5 \cdot G_{z \max} = G_z$$

Gdzie:  $G_z$  - średnia wartość zysku energetycznego anteny stacji zakłóceń.

Podstawiając powyższe zależności do wyrażenia /5/ otrzymamy:

$$\frac{P_{zS} G_z \cdot G_{RLS \max} \cdot K^2(\epsilon_z) \cdot K^2(\beta_z) \cdot \lambda^2}{(4\pi)^2 D_z^2} \gg \frac{K_z^2 \cdot P_{RLS} \cdot G_{RLS} \cdot K^4(\epsilon_c) \cdot K^4(\beta_c) \lambda^2}{(4\pi)^3 D_c^4}$$

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

$$P_{zs} = P_z \cdot K_f \cdot \delta \cdot \frac{\Delta f_{RLS}}{\Delta f_z} \quad /11a/$$

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

Przy stosowaniu zakłóceń naziemnym 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:

$$K(\epsilon_z) = K(\epsilon_c) = K(\epsilon)$$

Wyrażenie 11 z uwzględnieniem powyższego założenia posiada następującą postać:

$$P_{zs} \cdot G_z \cdot K^2(\beta_z) \geq K_z^2 \cdot K^2(\epsilon_z) \frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS \max} \cdot \sigma_s}{4\pi D^2} \quad /12/$$

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

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

$$K(\beta_z) = \frac{K_z \cdot K(\epsilon_z)}{D} \cdot \sqrt{\frac{P_{RLS} \cdot G_{RLS \max} \cdot \sigma_s}{P_{zs} \cdot P_z \cdot 4\pi}} \quad /13/$$

Sektor skutecznych zakłóceń  $/a_s/$  określa się według charakterystyki kierunkowej RLS w płaszczyźnie poziomej dla danej wielkości  $/K/ \beta_z/$  rys. 20./.

Kolejność obliczeń

Określa się dane wyjściowe dane 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  $\Delta f_s$
- współczynnik zakłóceń  $/K_z^2/;$
- charakterystyka kierunkowa RLS w płaszczyźnie poziomej i pionowej.

Współczynnik zakłóceń zależy od rodzaju stosowanych zakłóceń i odporności na zakłócenia urządzenia odbiorczego zakłócanej RLS. Przy stwarzaniu zakłóceń szumowych naziemnym stacjom radiolokacyjnym wykrywania i naprowadzania współczynnik zakłóceń zwykle się przyjmuje w granicach 3-5;

Przy braku danych charakterystyki RLS można posługiwać się średnimi unormowanymi charakterystykami 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  $/\Delta f_z /$
- określenie zysku kierunkowego  $/G_z/$  anteny nadajnika zakłóceń.

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  $/lla/$
- 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 /12/.

- określa się wartość  $K/\epsilon_z$ . Oblicza się kąt nachylenia dla  $D_{min}$  i określonej wysokości lotu samolotu z nadajnikiem zakłóceń przy pomocy przybliżonego wzoru,

$$\epsilon^\circ = 57,3 \frac{H(km)}{D_{min}(km)} - \frac{D_{min}(km)}{220}$$

Według charakterystyki kierunkowej stacji zakłóceń w płaszczyźnie pionowej dla wyliczonego kąta  $\epsilon^\circ$  określa się  $K/\epsilon_z$ . Przy braku danych charakterystyki kierunkowej w płaszczyźnie pionowej  $K/\epsilon_z$  można przyjąć równym 0,5 - 1 przy spełnieniu warunku, że:

$$K(\epsilon_z) = K(\epsilon_c) = K(\epsilon)$$

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

$$K(\beta_z) = \frac{K(\epsilon_z) \cdot K_z}{D_{min}} \cdot \sqrt{\frac{P_{RLS} G_{RLS} \max}{P_{zs} \cdot G_z}} \cdot \frac{\sigma_s}{4\pi}$$

- określa się sektor skutecznych zakłóceń aż na odległości  $D_{min}$  po wielkości  $K/\beta_z$  charakterystyki kierunkowej RLS w płaszczyźnie poziomej. Średnie dane wartości  $\alpha_s$  w zależności od  $K/\beta_z$  przytoczone są w tabeli 5.

Tabela 5

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

Przykład obliczenia:

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

$$G_{RLS} = 1100; K_z^2 = 4.$$

Dane stacji zakłócającej: zakres 10 cm;  $P_z = 350$  W;

$$\Delta f_z = 5 \text{ MHz}, K_f = 0,7; \gamma = 0,8; G_z = 10.$$

Dane celu  $G_s = 15 \text{ m}^2$

b. Skuteczna moc nadajnika zakłóceń:

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

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

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

$$\begin{aligned} \text{d. Znaczenie } K/\varepsilon_z / : \varepsilon^\circ &= 57,3 \frac{H}{R_{\min}} - \frac{R_{\min}}{220} = \\ &= 57,3 \frac{8}{30} - \frac{30}{220} = 16^\circ \end{aligned}$$

wybieramy  $K/\varepsilon_z / = 0,5$ .

e. Określić znaczenie  $K/\beta_z /$

$$K(\beta_z) = \frac{K(\varepsilon_z) \cdot K_z}{D_{\min}} \cdot \sqrt{\frac{P_{RLS} G_{RLS} \max G_s}{P_z G_z 4\pi}} = \frac{0,5 \cdot 2}{30000} \sqrt{\frac{9 \cdot 10^5 \cdot 11 \cdot 10^2 \cdot 32}{39 \cdot 10 \cdot 12,56}} \approx 0,054$$

Z tablicy 5 określamy  $\alpha_s$  dla  $K/\beta_z / = 0,054$

$$\alpha_s = 122^\circ - 14^\circ$$

### 5. Wykorzystanie zakłóceń czynnych

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

- systemy wykrywania i naprowadzania;
- 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, jakości, jak i różnorodności stacji radiolokacyjnych. Grupa samolotów w miarę lotu w głąb terytorium nieprzyjaciela powinna oprócz zakłócania jego systemu wykrywania i naprowadzania, stosować różne rodzaje działań /manewr, rozdział grup itd/ w celu uniknięcia szablonu podczas wykonywania nalotów. Posiadanie

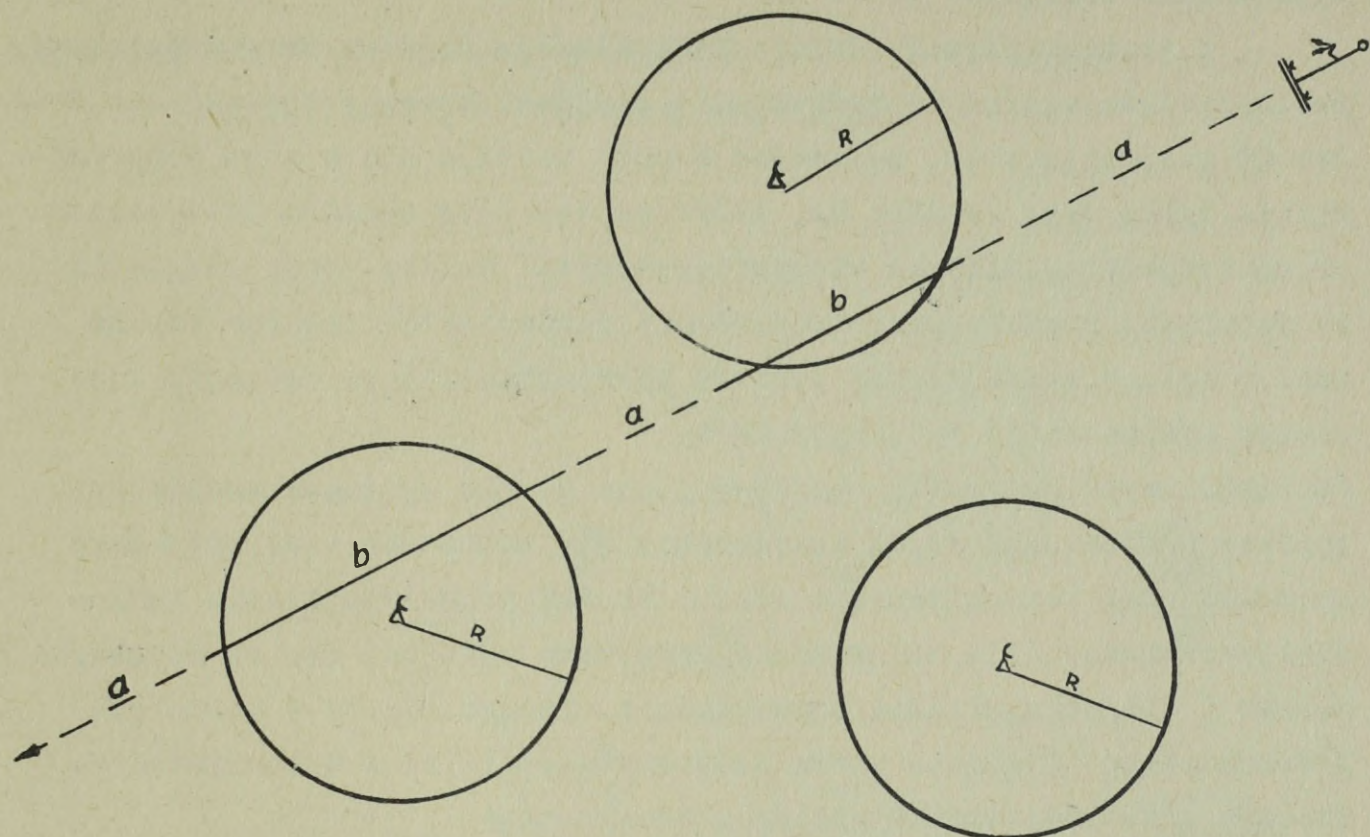
przez nieprzyjaciela dużej ilości środków radiolokacyjnych umożliwia mu szybkie wyjaśnienie sytuacji powietrznej. W związku z tym grupa lotnictwa bombowego podczas wykonywania nalotu powinna zakłócać przede wszystkim te środki radiolokacyjne nieprzyjaciela, których praca stanowi największe niebezpieczeństwo dla grupy. Takimi środkami są w pierwszym rzędzie stacje radiolokacyjne punktów naprowadzania. Równocześnie należy zakłócać powietrzne sieci dowodzenia oraz radiolokacyjne stacje myśliwskich samolotów przechwytyjących naprowadzanych na grupę samolotów bombowych.

Do zakłócenia stacji radiolokacyjnych nieprzyjaciela konieczna jest dokładna znajomość ich charakterystyk.

Charakterystyki te określa się za pomocą specjalnych stacji rozpoznawczych. We frontowym lotnictwie bombowym na uzbrojeniu znajdują się samolotowe stacje rozpoznawcze SRS-1, SRS-2, SRS-3 i stacje zakłócające SPS-1 i SPS-2. Zakłócenia czynne powodują rozjaśnienie pewnego sektora obserwacji na ekranie, w którym wykrycie samolotu staje się utrudnione lub niemożliwe. Szerokość zakłócanego sektora jest w tym większa im bliżej znajduje się źródło zakłóceń /samolot z nadajnikiem zakłóceń/ stacji zakłócającej.

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 od stacji zakłócających zaczynają pojawiać się na ekranie stacji radiolokacyjnej z odległości przewyższającej z reguły zasięg wykrywania samolotów. Po określeniu sektora zakłóceń nieprzyjaciela może określić przypuszczalny rejon znajdowania się naszych samolotów. Dlatego włączanie nadajników zakłóceń do czasu przelotu bombowców 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.



Rys.22. Zakłócenia odcinkowe dla nisko lecących samolotów.  
R - zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnej; a - trasa lotu samolotów bez zakłóceń; b - trasa lotu samolotów z zastosowaniem zakłóceń.

Ażeby stosować zakłócenia na pewnych odcinkach trasy jak jest pokazane na rys. 22, należy posiadać dokładnie rozpoznane rozmieszczenie stacji radiolokacyjnych przeciwnika oraz znać zasięgi wykrywania tych stacji.

Wytwarzanie zakłóceń biernych i czynnych przeciwko środkom radiolokacyjnym artylerii obrony powietrznej, 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 bombowych za zewnętrzny pierścień rozmieszczenia baterii artylerii obrony powietrznej 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.

Wytwarzanie zakłóceń przeciwko stacjom radiolokacyjnym naprowadzania pocisków kierowanych np. typu "Nike" I zaczyna się z odległości 70-80 km od zewnętrznego pierścienia rozmieszczenia wyrzutni i kończy się po wyjściu za zewnętrznym pierścieniem

wyrzutnina odległość 35-40 km.

W wypadku rozporządzania małą ilością środków przeciwdziałania radioelektronicznego do wytwarzania zakłóceń przeciw wymienionym środkom OP nieprzyjaciela, posiadane środki kieruje się w celu obezwładnienia tylko tych środków OP, które na dowolnym odcinku trasy będą przedstawiały największe niebezpieczeństwo. Należy wtedy uwzględnić, że najwięcej środków przeciwdziałania radioelektronicznego trzeba użyć w celu obezwładnienia systemu wykrywania i naprowadzania lotnictwa myśliwskiego nieprzyjaciela,

Jednakże nawet całkowite obezwładnienie go nie wyklucza możliwości wyjścia myśliwców w rejon znajdowania się bombowców oraz wykonania samodzielnego poszukiwania i ataku. Środki przeciwdziałania radioelektronicznego dają odpowiednie rezultaty wówczas, gdy są stosowane masowo i obejmują wielkie przestrzenie. Osiąga się to w warunkach jednoczesnego działania kilku jednostek lotnictwa z wykorzystaniem środków przeciwdziałania radioelektronicznego.

Stosowanie czynnych i biernych zakłóceń środkom radiolokacyjnym powinno być połączone z maskowaniem radioelektronicznym, które obejmuje:

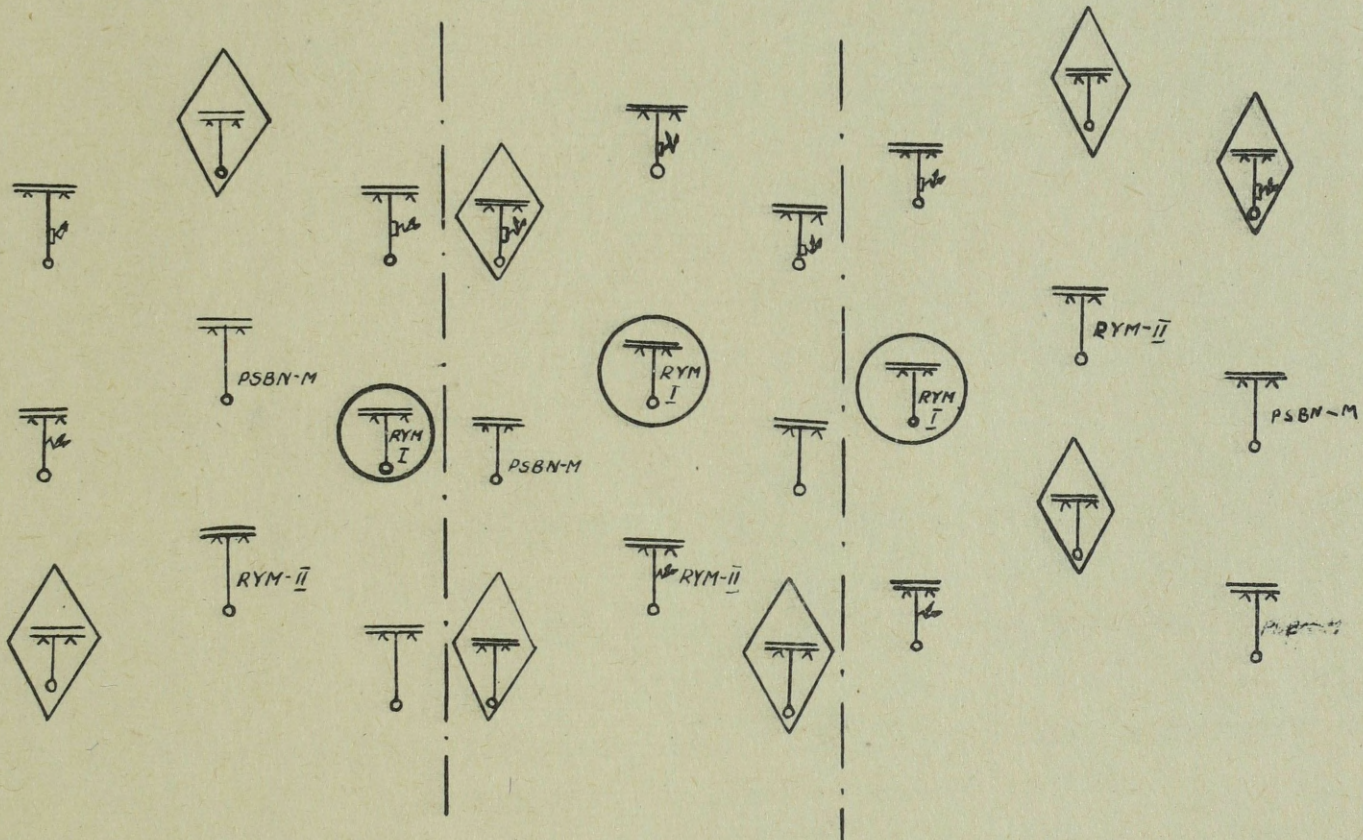
- ograniczenie pracy samolotowych środków radiowych i radiolokacyjnych;
- manewr przeciwradiolokacyjny;
- organizację działań pozornych.

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 linią frontu. To odsuwa rubieżę wykrywania i przechwytywania bombowców przez myśliwce.

Drugim rodzajem manewru przeciwradiolokacyjnego jest lot nad terenem nieprzyjaciela na małej wysokości z częstymi zmianami trasy. Przy takim sposobie działań, system radiolokacyjny wykrywania uzyskuje

Przykład: Skład i rozmieszczenie samolotów grupy ubezpieczającej  
nosicieli broni jądrowej przy działaniach dziennych  
/rys.23/.



Samolot nosisiel broni jądrowej



Samolot z aparaturą pracującą na częstotliwościach  
faktywnych



Samolot stawiający zakłócenia bierne



Samolot wytwarzający zakłócenia czynne



Samolot dublujący

od różnych stacji radiolokacyjnych odcinki trasy lotu nie pozwalające na wyciągnięcie wniosków o ilości bombowców i kierunku ich lotu, w wyniku czego naprowadzanie myśliwców jest w bardzo dużym stopniu utrudnione.

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 radioelektroniczne /zazwyczaj pod osłoną myśliwców/. Grupy pozorne z reguły przenikają głęboko za rubież przechwytywania przez myśliwce nieprzyjaciela.

OPRACOWAŁ  
ADIUNKT KATEDRY OPK

mjr Czesław WRONSKI

Materiał zawarty w niniejszym skrypcie został opracowany na podstawie następujących materiałów:

1. "Kratkaja charakterystyka aktywnych pomiech" A.P. Sidorenko  
Kalinin 1962 r.
2. "Protiworadiolokacja" Wojskowoje izdatielstwo ministerstwa obrony  
sojuza SSR Moskwa 1960 r.
3. Biuletyn informacyjny nr 3/38/ Warszawa 1959 r.
4. Notatki ARTA.

Odbito 50 egz.

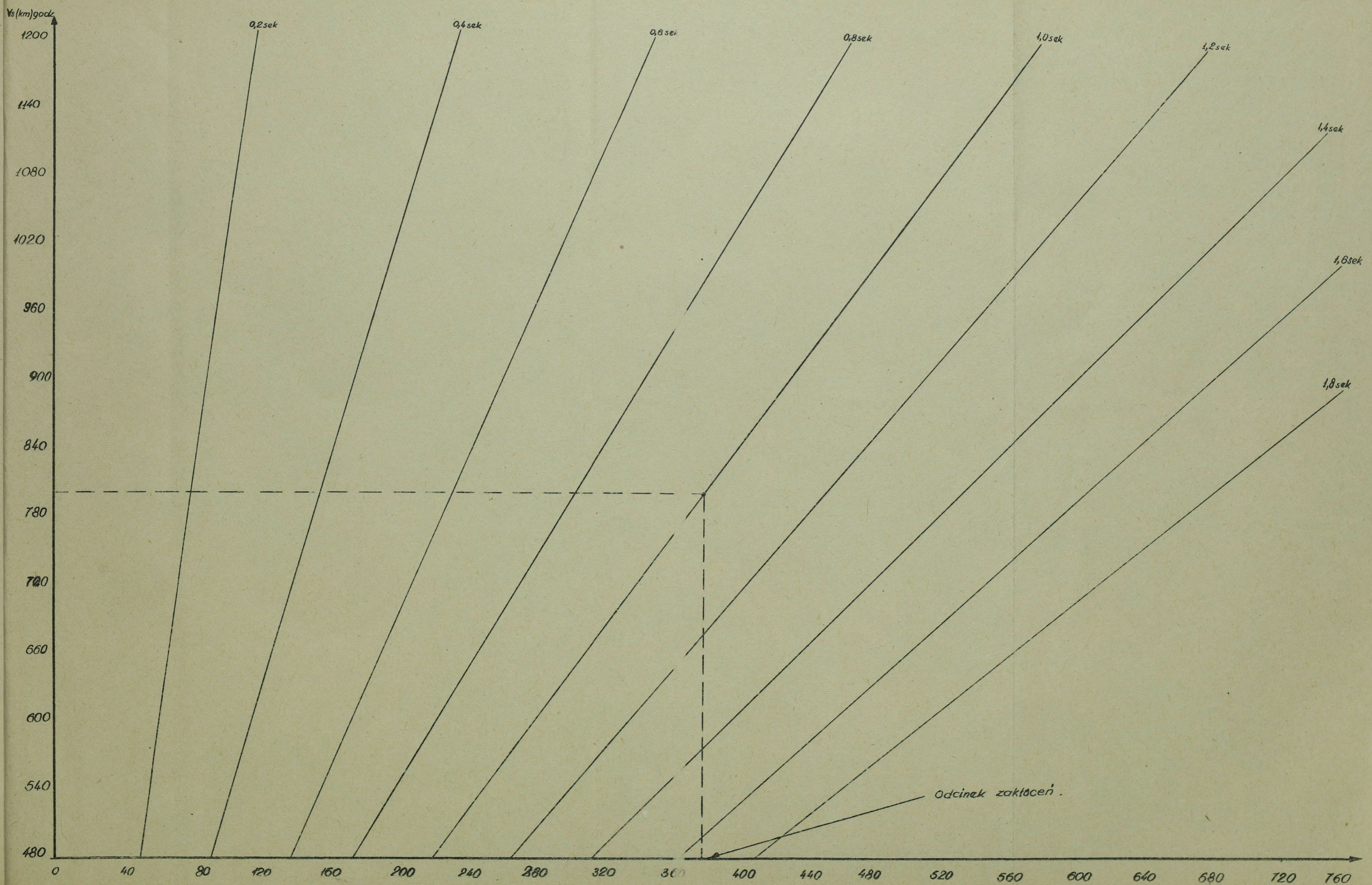
Egz.nr 1-50 bibl.tajna

Wyk.mjr WRONSKI

Druk.K.L.

Nr.ks.02034/WW

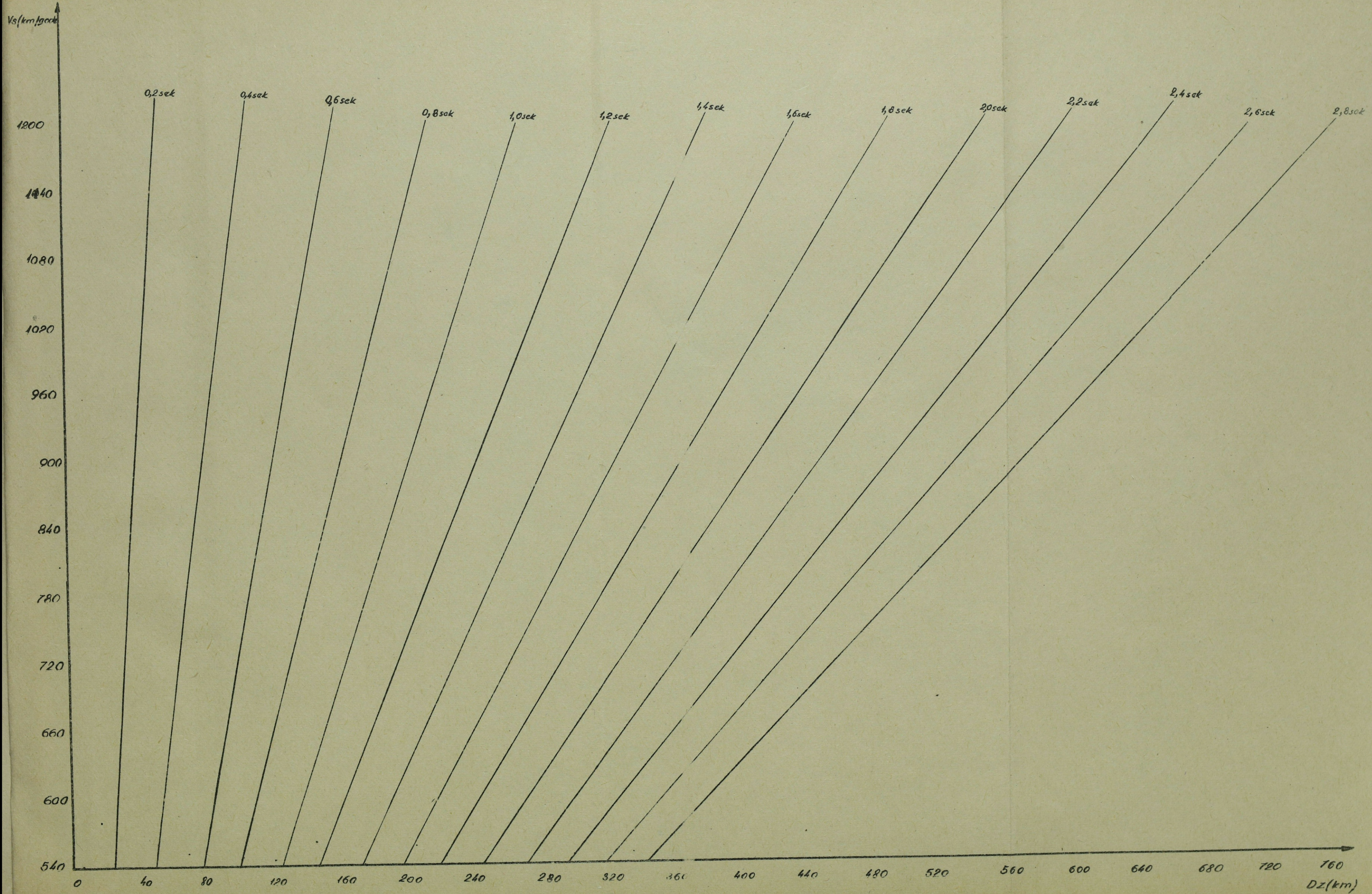
# Wykres możliwości storowania zakłóceń biernych w odległości z ASO-28



Uwaga: Załadowanie kasety 1700 paczek. Przy użyciu jednego typu DOS w dwóch kasetach uzyskaną odległość (Dz) mnożymy przez 2

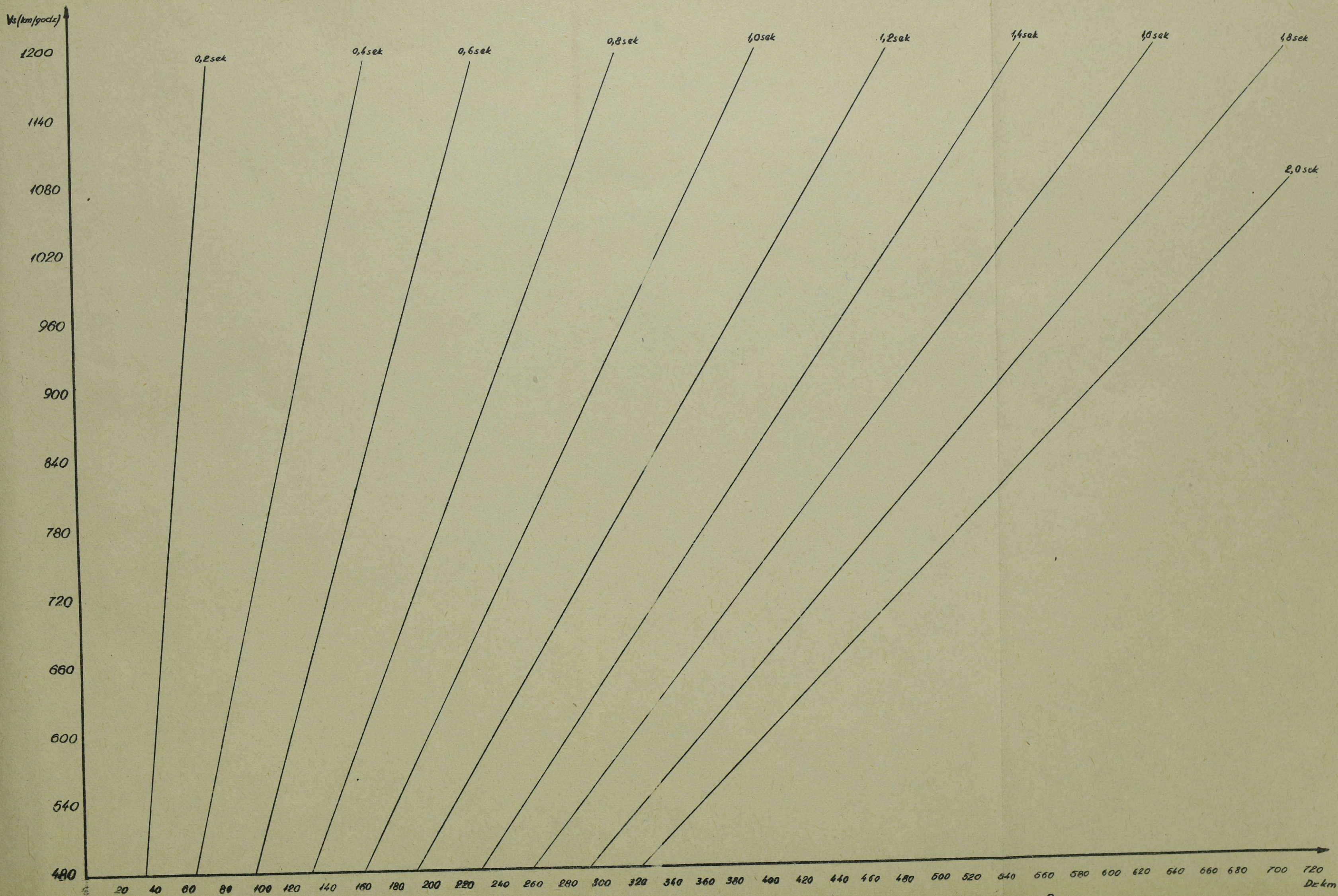
Dz (km)

### Wykres możliwości stosowania zakłóceń biernych w odległości z ASO-27



Uwaga: Zakładowanie kasat 800 paczek.

# Wykres możliwości stosowania zakłóceń biennych w odległości z ASO-28



Uwaga: Załadowanie kasety 1200 paczek. Przy użyciu jednego typu DDS w dwóch kasetach uzyskana odległość zakłóceń (Dz) mnożymy przez 2