

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

128

S.E.

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH
KATEDRA TAKTYKI WOJSK ŁĄCZNOŚCI

ASG WP wewn. 3912/85

JAWNE

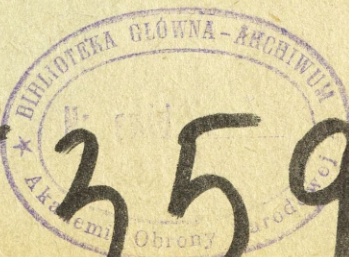
POUFNE

Egz. nr 1



Ppłk dr inż. Stanisław JĘDRUSZCZAK

PROPAGACJA FAL RADIOLINIOWYCH PLANOWANIE LINII RADIOWYCH



55359

WARSZAWA

1985



Colour Chart #13

Blue

Cyan

Green

Yellow

Red

Magenta

White

3/Color

Black



128

S.E.

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH
KATEDRA TAKTYKI WOJSK ŁĄCZNOŚCI

ASG WP wewn. 3912/85



JAWNE

POUFNE

Egz. nr 1

Ppłk dr inż. Stanisław JĘDRUSZCZAK

**PROPAGACJA FAL RADIOLINIOWYCH
PLANOWANIE LINII RADIOWYCH**

149
55359



WARSZAWA

1985

5

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH
KATEDRA TAKTYKI WOJSK LĄCZNOŚCI

JAWNE

ASG WP wewn. 3912/85

~~POUFNE~~

Egz. nr.... 1

Przeklasyfikowana z Poufne na Jawne

podstawa przekl. Wykaz Aktualnych Wojskowych

Wydawnictw Wewnętrznych szt. gen. 1527/01

data i podpis 11.10.02. Lolek Anna



ppłk dr inż. Stanisław JĘDRUSZCZAK

PROPAGACJA FAL RADIOLINIOWYCH

PLANOWANIE LINII RADIOWYCH



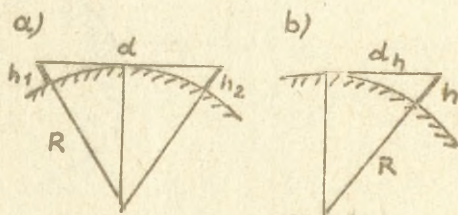
Skrypt

1. WŁAŚCIWOŚCI PROPAGACJI FAL RADIOLINIOWYCH.

Środki łączności radioliniowej pracują w zakresie fal metrowych /30 - 300MHz, 10 - 1m/ i fal decymetrowych /300 - 3000MHz, 100 - 10cm/. W Wojsku Polskim wykorzystywane są horyzontowe stacje radioliniowe:

- taktyczne /R-405Z, R-403M, R-405PT-1/ pracujące w zakresie metrowym 60 - 69,975MHz i decymetrowym 390 - 420MHz;
- operacyjno-taktyczne /R-409M/ pracujące w zakresie metrowym i decymetrowym 60 - 480MHz;
- operacyjne /R-404/ pracujące w zakresie fal decymetrowych 1550 - 2000MHz.

Charakterystyczną cechą rozchodzenia się tych fal jest ograniczenie ich zasięgu do bezpośredniej widoczności, który jest uwarunkowany tłumieniem fali w wolnej przestrzeni /idealnej próżni/. Zasięg ten nazywamy zasięgiem optycznym /d/. Zależy on od promienia Ziemi i wysokości umieszczenia anten /rys.nr 1/.



Rys.nr 1. Zasięg optyczny:
a/ między antenami; b/ między anteną a horyzontem /horyzont geometryczny/

Wielkość zasięgu optycznego można wyrazić wzorem:

$$d = \sqrt{2R} \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \quad [\text{km}]$$

gdzie: R - promień Ziemi w km;

h_1 i h_2 - wysokość umieszczenia anten w km.

Natomiast odległość anteny od horyzontu wyraża się wzorem:

$$d_h = \sqrt{2R \cdot h} \quad [\text{km}]$$

Podstawiając wartość $R=6370\text{km}$ i przeliczając tak, aby wysokość umieszczenia anten wyrazić w metrach, otrzymamy wzór na zasięg optyczny:

$$d = 3,75 / \sqrt{h_1 + h_2} / \quad [\text{km}]$$

gdzie: h_1 i h_2 - wysokość umieszczenia anten w m.

W warunkach rzeczywistych łączności radioliniowej, przestrzenne fale radiowe rozchodząc się od anteny nadawczej do odbiorczej, umieszczonych na niewielkich wysokościach nad ziemią, napotykają na swej drodze atmosferę /a właściwie jej dolną część - troposferę/ i powierzchnię ziemi, wraz ze znajdującymi się na niej obiektami naturalnymi i sztucznymi.

Wpływ atmosfery na fale radiowe ujawnia się poprzez zjawiska: pochłaniania /absorpcji/ energii, rozpraszania /dyspersji/ i załamania /refrakcji/.

Wpływ powierzchni ziemi i przedmiotów na niej znajdujących się na propagację fal ujawnia się poprzez zjawiska: ugięcia /dyfrakcji/, rozpraszania /dyspersji/ i pochłaniania /absorpcji/.

Wielkość wpływu tych zjawisk na natężenie pola elektrycznego w punkcie odbioru określa się współczynnikiem osłabienia sygnału $/v/$:

$$v = \frac{E}{E_0}$$

gdzie: E - natężenie pola elektrycznego w warunkach rzeczywistych;

E_0 - natężenie pola elektrycznego w wolnej przestrzeni.

Współczynnik osłabienia wskazuje więc jak zmienia się natężenie pola elektrycznego w punkcie odbioru przy propagacji fal w warunkach rzeczywistych w porównaniu z natężeniem pola elektrycznego w wolnej przestrzeni. Ponieważ wymienione wyżej zjawiska mają wpływ tłumiący, to natężenie pola elektrycznego w warunkach rzeczywistych jest zazwyczaj mniejsze od natężenia pola w wolnej

przestrzeni, a więc i współczynnik osłabienia będzie z reguły mniejszy od jedności.

Jeżeli współczynnik osłabienia będzie określany w decybelach, to przyjmuje on wartości ujemne gdy $v < 1$ lub dodatnie gdy $v > 1$. Wynika to z zależności:

$$v = 20 \log v = 20 \log \frac{E}{E_0} = 20 \log E - 20 \log E_0 \quad [\text{dB}]$$

W ten sposób, im większe jest osłabienie pola na odcinku trasy linii radiowej w porównaniu z polem wolnej przestrzeni, tym współczynnik osłabienia wyrażony w decybelach będzie miał większą ujemną wartość.

Współczynnik osłabienia przedstawia się najczęściej w postaci dwóch składowych: składowej v_p , uzależnionej od wysokości zawieszenia anten i osłabiającego wpływu powierzchni kuli ziemskiej /profilu/ na natężenie pola elektrycznego przy tzw. atmosferze standardowej oraz składowej v_z , charakteryzującej zanik pola w czasie i uzależnionej od zmian warunków meteorologicznych na trasie. Wobec tego:

$$v = v_p \cdot v_z$$

lub w decybelach

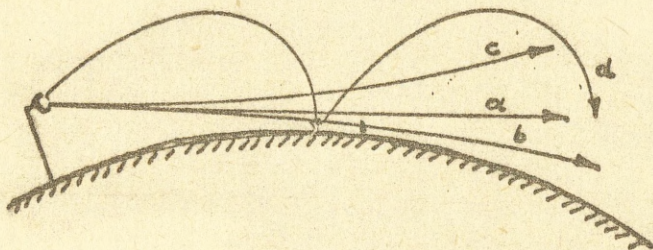
$$v = v_p + v_z' \quad [\text{dB}]$$

Pochłanianie energii fal w troposferze jest głównym czynnikiem tłumienia fal radiowych i jest spowodowane wprowadzaniem w ruchy oscylacyjne cząsteczek gazów, kurzu i pary wodnej znajdujących się w troposferze, przez co część energii elektromagnetycznej zamienia się na ciepło. Stopień pochłaniania energii fal zależy od ich długości i praktycznie przy $\lambda \gg 3\text{cm}$ pochłanianie jest tak niewielkie, że w obliczeniach linii radiowych może być pominięte.

Rozproszenie fal w troposferze jest wynikiem istnienia w niej niejednorodnej struktury, to jest istnienia wielu warstw różniących się wartością temperatury, wilgotności i ciśnienia oraz posiadających różne współczynniki załamania. Fale radiowe napotykając na swej drodze takie niejednorodności ulegają rozproszeniu, w wyniku czego tracą część swej energii na zasadniczym kierunku rozchodzenia się. Wpływ rozpraszania energii fal przez powłokę gazową Ziemi uwidatnia się dopiero przy długości fal poniżej 5cm.

Zmiany ciśnienia, temperatury i wilgotności powietrza w funkcji wysokości powodują zmiany współczynnika załamania, wskutek czego

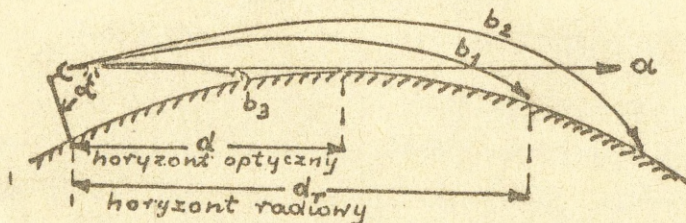
fale w troposferze nie rozchodzą się dokładnie wzdłuż prostych, lecz po liniach zakrzywionych /rys.nr 2/. Zjawisko to nazywa się refrakcją.



Rys.nr 2. Linie rozchodzenia się fal przy różnych rodzajach refrakcji:

- a/ refrakcja nie występuje;
- b/ refrakcja dodatnia;
- c/ refrakcja ujemna;
- d/ superrefrakcja

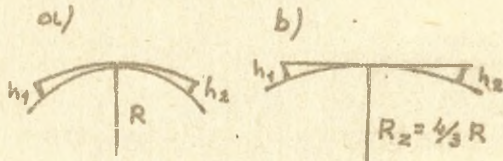
Zazwyczaj ze wzrostem wysokość maleje współczynnik załamania, wskutek tego fale radiowe lekko zginają się w dół /refrakcja dodatnia - zwana często normalną/ docierając do punktów leżących poza widnokretem. Na rys. nr 3 drogi "b₁" i "b₂" przedstawiają tory takich fal, a droga "a" stanowi prostą styczną do powierzchni Ziemi. Przy bardzo silnym załamaniu fal może dojść do znacznego skrócenia zasięgu /nawet poniżej horyzontu - krzywa "b₃"/.



Rys.nr 3. Drogi fal przy refrakcji dodatniej w zależności od różnych warunków meteorologicznych.

Z rysunku widać, że o zasięgu fali refrakcyjnej decyduje również kąt α , pod którym fala jest wypromieniowana.

Efekt normalnej refrakcji troposferycznej można wyobrazić sobie w ten sposób, że fale rozchodzą się prostoliniowo, a promień kuli ziemskiej ulega zwiększeniu /rys.nr 4/.



Rys.nr 4. Zasięg radiowy na skutek refrakcji troposferycznej.

W teorii propagacji fal UKF wprowadza się wówczas pojęcie zastępczego /równoważnego/ promienia Ziemi R_z .

Promień zastępczy Ziemi R_z jest to promień fikcyjny kuli ziemskiej /rys.nr 4b/, na której zasięg fali rozchodzącej się prostoliniowo jest równy zasięgowi fali ulegającej refrakcji troposferycznej nad powierzchnią rzeczywistej kuli ziemskiej. Dla atmosfery normalnej /standardowej/ wynosi on:

$$R_z = 4/3R = 4/3 \cdot 6370 = 8500\text{km}$$

Na skutek zjawiska refrakcji troposferycznej zasięg radiowy praktycznie jest większy od zasięgu optycznego i wyraża się wzorem:

$$d_r = \sqrt{2R_z} / \sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} / \quad [\text{km}]$$

gdzie: R_z - promień zastępczy Ziemi w km;

h_1 i h_2 - wysokość umieszczenia anten w km.

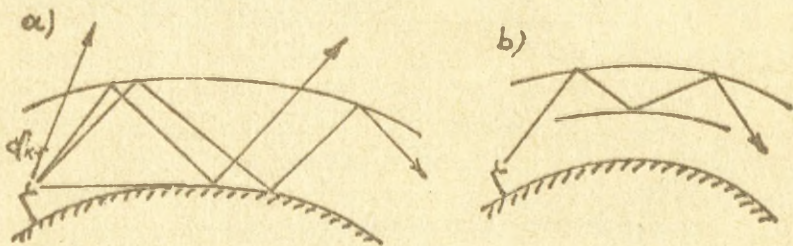
Podstawiając wartość $R_z = 8500\text{km}$ i przeliczając tak, aby wysokość umieszczenia anten wyrazić w metrach, otrzymany wzór na zasięg radiowy:

$$d_r = 4,12 / \sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} / \quad [\text{km}]$$

gdzie: h_1 i h_2 - wysokość umieszczenia anten w m.

W wypadku występowania silnej refrakcji dodatniej promień zastępczy /promień krzywizny fal/ może się stać mniejszy od promienia rzeczywistego kuli ziemskiej i mamy wówczas do czynienia z tak zwaną superrefrakcją /wielokrotną refrakcją/. Współczynnik refrakcji zmienia się wówczas w taki sposób, że powstają warunki dla wielokrotnych, wewnętrznych odbić fal. Tworzą się wówczas niestabilne dukty troposferyczne /przyziemne i wzniesione/, które stanowi swego rodzaju falowody, powstające w wyniku utworzenia się odpowiedniego układu warstw atmosferycznych o różnych temperaturach i wilgotności.

Dukt przyziemny występuje na wysokościach rzędu setek metrów lub niżej. Tworzy się on na przykład w takich warunkach meteorologicznych, gdy ciepłe i suche powietrze napływa z lądu ponad obszar chłodnej wody /rys.nr 5/.



Rys.nr 5. Superrefrakcja w dukcie: a/ przyziemnym; b/ wzniesionym.

Parowanie wody wpływa ochładzająco na niższe warstwy powietrza i wywołuje inwersję temperatury /warout temperatury ze waroutem wysokości/. Powoduje to nagły spadek współczynnika refrakcji i załamanie się w kierunku ziemi fal wypromieniowanych pod kątem mniejszym od kąta krytycznego α_{kr} . Fale o kącie większym od α_{kr} nigdy nie docierają do odbiornika na ziemi. Dukty przyziemne formują się również przez ochłodzenie się powierzchni ziemi w nocy, szczególnie w pogodną noc.

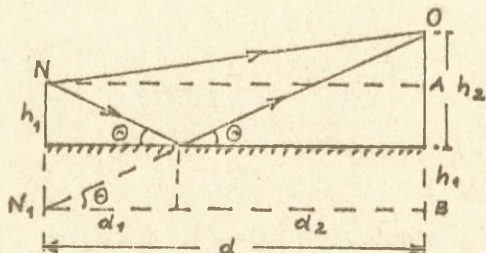
Dukt wzniesiony tworzy się na ogół wtedy, gdy następuje przemieszczanie się w dół mas powietrza, połączone z równoczesnym poziomym przesuwaniem się powietrza w wyższych warstwach troposfery. Górna warstwa jest bardziej wilgotna, niż dolna, a inwersja temperatury zachodzi tu również. W dukcie wzniesionym superrefrakcja

występuje w górnej warstwie duktu i w dolnej warstwie, jednak w sensie odwrotnym. Dukty wzniesione tworzą się niekiedy na wysokościach rzędu kilku kilometrów.

Wpływ powierzchni ziemi na propagację fal może być dwójaki: w zależności od profilu odcinków trasy i stanu powierzchni kuli ziemskiej. Fale radiowe na odcinku rozchodzenia się mogą być tłumione przez przeszkody terenowe lub też ulegać odbiciu od tej powierzchni, powodując zjawisko interferencji w punkcie odbioru.

Kolejnym modelem, bardziej zbliżonym do rzeczywistego /w stosunku do propagacji w wolnej przestrzeni/ jest propagacja fal nad gładką powierzchnią Ziemi, z uwzględnieniem oddziaływania samej powierzchni. Wypadki takie zdarzają się w liniach radiowych na terenach płaskich, gdzie nie występują przeszkody terenowe np. przy trasach przebiegających nad pustynią, jeziorami, zalewami lub terenami nizinnymi.

Model propagacji nad gładką powierzchnią Ziemi oparty jest na prawach optyki /rys. nr 6/.



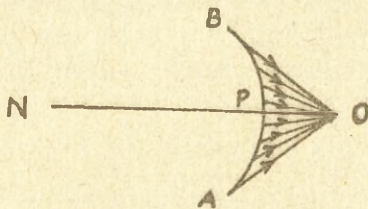
Rys.nr 6. Odbicie fali od powierzchni płaskiej.

Zakłada się tu prostoliniowe rozchodzenie się fal od anteny nadawczej "N" i dochodzenie od anteny odbiorczej "O" fali bezpośredniej /droga NO/ i fali odbitej /droga NCO/. Fala bezpośrednia i fale odbite dochodząc do punktu odbioru, wytwarzają wypadkowe natężenie pola elektromagnetycznego /zjawisko interferencji/.

Dla zrozumienia zagadnień związanych z rozchodzeniem się fal radiowych nad powierzchnią Ziemi, ważne znaczenie ma znajomość zasad teorii falowej Huyghensa i Fresnela przy czym interesujące są tu tylko fale dochodzące do miejsca odbioru "O".

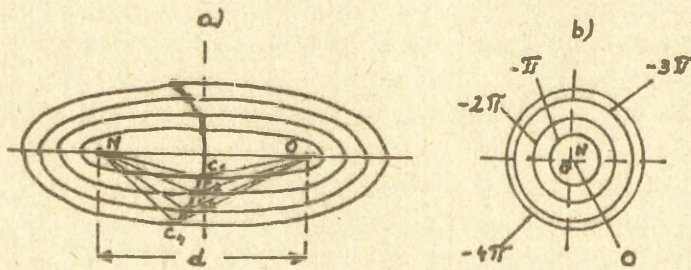
Zasada Huyghensa głosi, że każdy punkt czoła rozchodzącej się fali jest źródłem nowych elementarnych fal kulistych. Pole

wypadkowe w określonym punkcie jest rezultatem wzajemnej interferencji tych elementarnych fal, których źródła są rozłożone na kulistej powierzchni czoła fali zaznaczonej na rysunku w postaci łuku AB /rys.nr 7/.



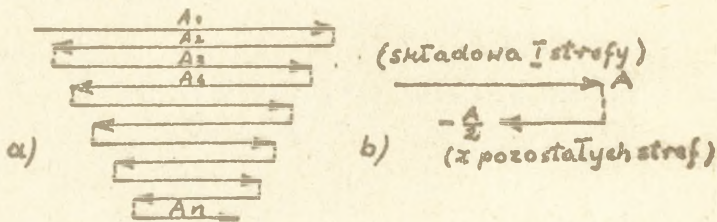
Rys.nr 7. Zasada Huyghensa *(czytaj Hajgensa)*

Strefami Fresnela nazywają się pierścieniowe obszary na kulistej powierzchni czoła fali, których granice są określone odległościami od punktu "O" równymi $OP + n \frac{\lambda}{2}$ / przy czym $n = 1, 2, 3$ itd. Pierwsza strefa Fresnela jest ograniczona miejscem geometrycznym punktów leżących w odległościach $OP + \frac{\lambda}{2}$ / od punktu "O", druga strefa w odległościach $OP + \lambda$ /, trzecia $OP + \frac{3}{2}\lambda$ / itd. Strefy Fresnela przestrzennie przedstawiają sobą elipsoidy obrotowe, przy czym punkt nadawczy i odbiorczy znajdują się w ogniskach elipsoidy. Przecięcie powierzchni stref Fresnela w płaszczyźnie NO tworzy elipsy, a w płaszczyźnie prostopadłej do osi NO - okręgi /rsy.nr 8/.



Rys.nr 8. Strefy Fresnela: a/ w płaszczyźnie osi NO; b/ w płaszczyźnie prostopadłej do osi NO *(czytaj Frenela)*

Fazy promieni odbitych z różnych stref Fresnela będą różne, gdyż promienie odbite mają drogi przejścia większe od drogi fali bezpośredniej. Jeżeli przyjąć fazę promienia bezpośredniego za fazę odniesienia, to wszystkie punkty centralnego koła, odpowiadające elipsoidzie ograniczającej pierwszą strefę Fresnela, będą odpowiadały fazie $-\pi$; drugiej strefie -2π , trzeciej -3π itd. Natężenia pól składowych pochodzących z poszczególnych stref Fresnela są więc przesunięto względem siebie /rys.nr 9/ o kąt fazowy $\pi/180^\circ$.



Rys. nr 9. Wypadkowe natężenie pola w punkcie odbiorczym w przypadku odbioru składowych z "n" stref Fresnela:

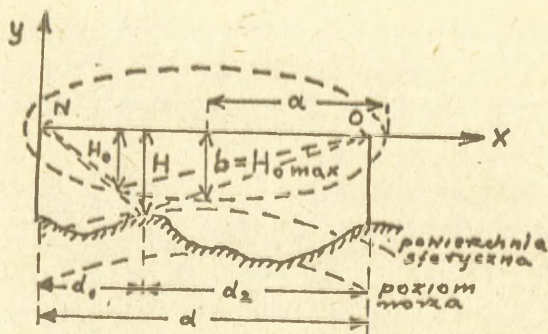
A_1 - wielkość składowej natężenia pola w punkcie odbiorczym z I strefy Fresnela;

A_2, A_3, \dots, A_n - składowe z pozostałych stref Fresnela

Pola wytworzone przez sąsiednie strefy Fresnela częściowo się znoszą, przy czym ze wzrostem numerów porządkowych stref znoszą się coraz dokładniej. Łączne działanie wszystkich stref jest w przybliżeniu równoznaczne działaniu połowy pierwszej strefy. Tak więc połowa pierwszej strefy Fresnela jest tym obszarem, który w istotny sposób uczestniczy w procesie rozchodzenia się fal radiowych /formowaniu się promienia odbitego/.

Przy projektowaniu tras radioliniowych należy dążyć do zapewnienia warunku wolnej od przeszkód pierwszej strefy Fresnela, wówczas natężenie pola wypadkowego w punkcie odbioru będzie równe natężeniu pola przy propagacji w wolnej przestrzeni tzn.

$v = \frac{E}{E_0} = 1$. W tym przypadku różnica dróg Δd fali odbitej i bezpośredniej wynosi $\Delta d = \frac{\lambda}{6}$



Rys.nr 10. Wielkości określające strefę Fresnela.

Równanie elipsy strefy Fresnela przedstawia się następująco:

$$\frac{\left(x - \frac{d}{2}\right)^2}{\left(\frac{d}{2}\right)^2} + \frac{y^2}{\frac{d\lambda}{12}} = 1$$

Z powyższego równania po podstawieniu za "y" wielkości H_0 , a za "x" część drogi "d", można uzyskać wzory na poszczególne wielkości.

Składowa zmienna "y" określa wielkość przeswitu krytycznego H_0 lub rzeczywistego H między punktami odbicia fal, a linią bezpośredniej widoczności pomiędzy anteną nadawczą i odbiorczą /linia NO/.

Wielkość przeswitu krytycznego H_0 w dowolnym punkcie odcinka trasy wynosi:

$$H_0 = \sqrt{\frac{1}{3} d \lambda \tau / (1 - \tau)} \quad \text{gdzie } \tau = \frac{d_1}{d}$$

Przeswit krytyczny na środku odcinka trasy / $H_0 \text{ max}$ /, gdy $d_1 = d_2 = \frac{1}{2}d$ jest największy i wynosi:

$$H_0 \text{ max} = \sqrt{\frac{d\lambda}{12}}$$

Maksymalny przeswit krytyczny $H_0 \text{ max}$ jest mniejszą półosią elipsoidy /b/, wyznaczającą tę część pierwszej strefy Fresnela, przy której fala odbita nie zmienia fali bezpośredniej /zwana czasami półstrefą Fresnela/. Przeswit rzeczywisty H jest to odległość od punktu odbicia fali od przeszkody do linii prostej łączącej anteny umieszczone w punktach NO.

Składowa zmienna "x" określa część odcinka trasy, przy której następuje odbicie fali. Długość pierwszej strefy Fresnela wynosi $2a = d + \frac{\lambda}{8}$, natomiast duża półość pierwszej strefy Fresnela wynosi:

$$a = \frac{d}{2} + \frac{\lambda}{12}$$

Maksymalny prześwit krytyczny dla różnych odcinków przelotowych linii radiowej przedstawiono w tabeli nr 1. W praktyce do określenia wartości prześwitu krytycznego H_0 wykorzystuje się odpowiednie nomogramy lub tabele zawarte w instrukcjach stacji radioliniowych.

Warunek, aby pierwsza strefa Fresnela nie obejmowała przeszkód terenowych najłatwiej jest spełniony dla fal centymetrowych. Dla fal decymetrowych, a zwłaszcza metrowych, warunek **ten jest trudny** do spełnienia i wówczas dopuszcza się mniejsze prześwity z jednoczesnym przestosowaniem aparatury nadawczo-odbiorczej do tych warunków pracy.

W terenie gładkim pole wypadkowe w punkcie odbioru jest wynikiem interferencji dwóch składowych, pochodzących od bezpośredniej fali przestrzennej i od fali odbitej od ziemi. Natomiast w terenie nierównym /pagórkowatym i górzystym z urozmaiconym pokryciem terenu/ do anteny odbiorczej może docierać wiele fal odbitych w różnych miejscach. Pole wypadkowe będzie wtedy rezultatem interferencji kilku fal odbitych z tą falą bezpośrednią.

Odbicie fali od terenu nierównego powoduje rozproszenie energii, a większe przeszkody terenowe dają efekt **zacielenia obszar** położonego bezpośrednio za przeszkodą. Oba te wpływy rosną wraz z częstotliwością i dlatego fale krótsze mają gorzsze warunki propagacji na terenach nierównych.

Dużą rolę w propagacji fal ultrakrótkich odgrywa pokrycie terenu /naturalne i sztuczne/. Jeśli chodzi o pokrycie naturalne, to wpływ na propagację wywierają zarówno lasy, jaki i mniejsze grupy drzew, a także ogrody, krzaki i wszelka roślinność. Przy czym największe tłumienie powodują lasy liściaste i mokre, szczególnie dla fal o polaryzacji pionowej /tabela nr 2/. W pokryciu sztucznym obok linii energetycznych, telefonicznych itp., największe tłumienie fal decymetrowych powodują wszelkiego rodzaju budowle, szczególnie zabudowane obszary miejskie.

Tabela nr 1

Wartości H_{omax} dla różnych odcinków przelotowych linii radiowej R-405Z, R-409K i R-404

Rodzaj stacji r/lin	Zakres częstotl. i długość fali	Maksymalny prześwit krytyczny H_{omax} w zetrach dla:			
		d = 10km	d = 20km	d = 30km	d = 40km
R-405Z	60 - 69,975 5 - 4,22m	64,5 - 59,7	91,3-84,4	112-103,2	129-119,4
	390 - 420 0,77 - 0,71m	25,3 - 24,3	35,8-34,4	43,8-42,1	50,6-48,6
R-409K	60 - 120 5 - 2,5m	64,5 - 45,6	91,3-64,5	112-79	129-91,3
	120 - 240 2,5 - 1,25m	45,6 - 32,3	64,5-45,6	79-55,9	91,3-64,5
	240 - 480 1,25-0,625m	32,3 - 22,8	45,6-32,2	55,9-39,5	64,5-45,6
R-404	1550 - 2000 0,19-0,15m	12,6 - 11,2	17,8-15,8	21,8-19,3	25,2-22,4

$$\lambda / \text{m} / = \frac{300}{f / \text{MHz}}$$

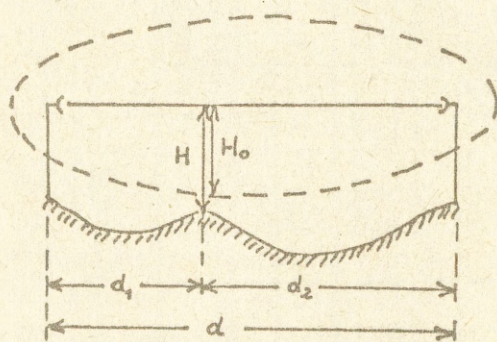
$$H_{\text{omax}} = \sqrt{\frac{d \cdot \lambda}{12}}$$

Tabela nr 2.

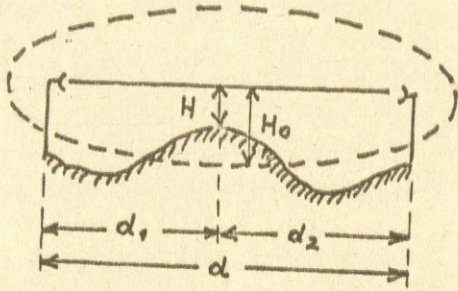
λ /cm/	Rodzaj zalesienia	Tłumienie /dB/m/	
		Polaryzacja pozioma	Polaryzacja pionowa
56	Las liściasty pokryty liśćmi	0,18	0,20
60	Las liściasty pokryty liśćmi	0,12	0,12
60	Las liściasty bez liści	0,08	0,10
56	Las lipowy /odległość między drzewami ok.6m/ pokryty liśćmi	0,15	0,25
25	Las lipowy /odległość między drzewami ok.6m/ pokryty liśćmi	0,35	0,35

Ze względu na prześwit rozróżnia się następujące odcinki przelotów linii radiowej:

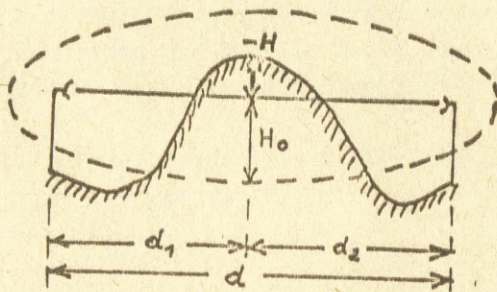
- a/ odsłonięte /rys.nr 11/ gdy $H \gg H_0$;
- b/ na wpół zasłonięte /rys.nr 12/ gdy $H \leq H_0$ i $H > 0$;
- c/ zasłonięte /rys.nr 13/ gdy $H < 0$



Rys.nr 11. Odcinek przelotowy odsłonięty



Rys.nr 12. Odcinek przebiegowy na wprost zasłonięty.



Rys.nr 13. Odcinek przebiegowy zasłonięty.

Dla trasy odsłoniętej współczynnik osłabienia przy występowaniu jednego punktu odbicia oblicza się ze wzoru:

$$v = 2 \sin \left/ \frac{\pi}{\lambda} \cdot \Delta d \right/$$

$$\Delta d = \frac{2h_1 \cdot h_2}{d} \text{ lub } \Delta d =$$

Gdy na trasie odsłoniętej występuje więcej punktów odbicia to wypadkowy współczynnik osłabienia będzie stanowił sumę pojedynczych współczynników w wyrażonych w decybelach i określanych dla poszczególnych punktów odbicia.

$$V = \sum_{i=1}^{i=n} V_i \quad /dB/$$

gdzie: i - kolejne punkty odbicia;

n - ilość punktów odbicia;

V_i - współczynnik osłabienia dla kolejnych punktów odbicia

Na podstawie powyższej zależności nie należy wyciągać wniosków bezpośrednich, co do natężenia pola wypadkowego w punkcie odbioru, gdyż oddzielne oddziaływanie pojedynczych współczynników osłabienia będzie różne, tak jak różne będą fazy współczynnika odbicia. Np. fala odbita od jednego punktu może poważnie osłabić pole bezpośrednie, a fala odbita od innego punktu może to pole nawet wzmocnić.

Na przesłoniętej i półprzesłoniętej trasie występuje dodatkowe osłabienie sygnału, które zależy od wielkości przedwitu lub stopnia przesłonięcia linii bezpośredniej widoczności anten przez przeszkody terenowe, rozmiarów i kształtu tych przeszkód, oraz ich położenia w stosunku do punktu nadawczego i odbiorczego. Osłabienie sygnału rośnie w miarę malenia przedwitu lub wzrostu przesłonięcia trasy, wzrostu rozmiarów przeszkody oraz zbliżenia tej przeszkody do jednej z anten.

Współczynnik osłabienia na trasie przesłoniętej lub półprzesłoniętej, wyrażony w decybelach można określić z następującej zależności:

$$\nu = \nu_0 / \left(1 - \frac{H}{H_0} \right) \quad /dB/$$

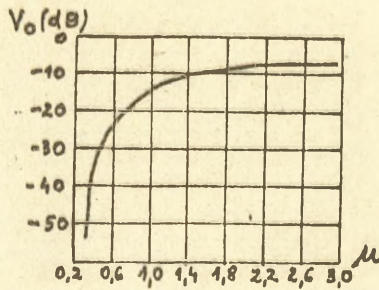
gdzie: H - przeciwit rzeczywisty, wzięty z wykonanego profilu odcinka trasy lub wysokość przesłonięcia linii bezpośredniej widoczności anten. W wypadku przesłonięcia trasy wartość H należy podstawić ze znakiem ujemnym;

ν_0 - współczynnik osłabienia w decybelach przy $H=0$, tzn. dla wypadku, gdy linia bezpośredniej widoczności anten jest styczna do najwyższej przeszkody na trasie.

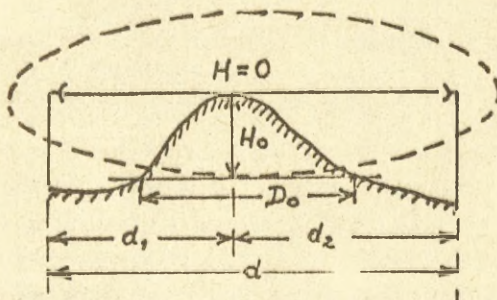
Dla określenia współczynnika osłabienia ν_0 korzysta się z wykresu /rys.nr 14/ po obliczeniu tzw. parametru przeszkody μ ze wzoru:

$$\mu = 2 \sqrt[3]{\frac{\tau^2 (1-\tau) d^2}{D_0^2}}$$

gdzie: D_0 - szerokość przeszkody między punktami przecięcia jej zarysu z linią prostą, równoległą do linii bezpośredniej widoczności anten i odległą od najwyższego punktu przeszkody o wielkości H_0
/rys.nr 15/.

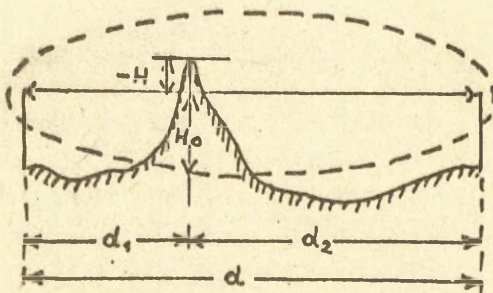


Rys.nr 14. Wykres zależności współczynnika osłabienia v_0 przy $H=0$ od parametru przeszkody

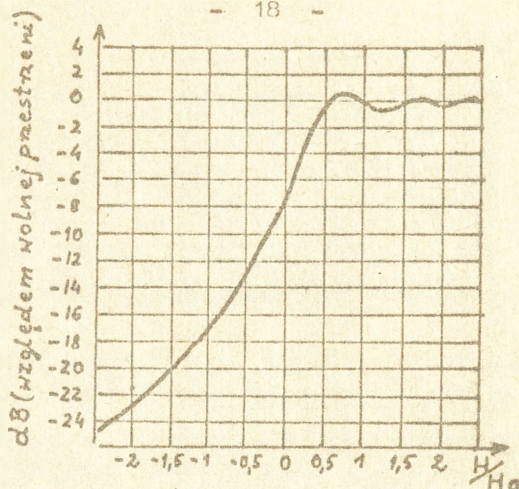


Rys.nr 15. Wyznaczanie składowych parametru przeszkody typu sferycznego

Inne wnioski uzyskuje się, gdy przeszkoda ma kształt "klina" /rys.nr 16/. W tym wypadku po stronie odbiorczej za przeszkodą zasadniczą rolę odgrywa pole dyfrakcyjne. Zmiany współczynnika osłabienia tego pola uzależnią się bezpośrednio od zmian stosunku prześwitu rzeczywistego H do prześwitu krytycznego H_0 , co przedstawiono na rys.nr 17.



Rys.nr 16. Wyznaczanie parametrów przeszkody typu "klina".



Rys.nr 17. Wykres zależności współczynnika osłabienia dla przeszkody typu "klina".

Z porównania wykresów na rys. 14 i 17 wynika jednoznacznie, że dla przeszkody typu "klina" współczynnik osłabienia v_0 /dla $H=0$ / jest mniejszy i wynosi -6dB, podczas gdy dla przeszkody sferycznej wynosi on ok o -16dB. Natomiast gdy grzbiet "klina" wznosi się ponad linię optycznej widzialności anten współczynnik osłabienia szybko wzrasta i przy przesłonięciu połowy pierwszej strefy Fresnela $H/H_0 = -1$ osiąga wartość -17dB. Jeśli natomiast grzbiet "klina" obniża się ponad linię widzialności optycznej, to współczynnik osłabienia szybko maleje i przy odsłonięciu pierwszej strefy Fresnela na $H/H_0 = 0,5$ spada do zera i zaczyna oscylować w granicach ± 1 dB. Jest to więc wypadek zbliżony do propagacji w wolnej przestrzeni.

Z powyższego wyniku wniosek, że w razie występowania przeszkody typu "klin" nie zachodzi konieczność uzyskiwania prześwitu rzeczywistego, równego prześwitowi H_0 . Poza tym w większym stopniu dopuszczalne jest przesłonięcie trasy przeszkodą typu "klinowego" niż przeszkodą sferyczną. W praktyce przyjmuje się, że jeśli promień krzywizny przeszkody $/a/$ jest mniejszy od 1000km, to taką przeszkodę uważamy za typu "klinowego", natomiast jeśli promień krzywizny przeszkody jest większy niż 1000km, to taką przeszkodę uważamy za typu "sferycznego".

Położenie przeszkód terenowych oraz ich kształt i stała dielektryczna powierzchni może być bardzo różnorodna i może mieć

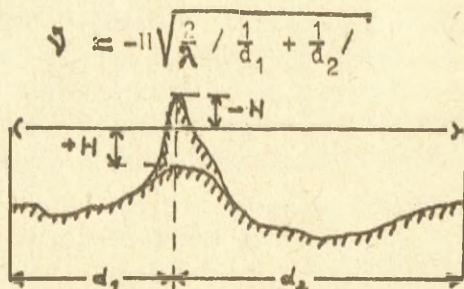
różny wpływ na propagację różnej długości fali. Im fale są dłuższe i im rozmiary przeszkody są mniejsze w porównaniu z długością fali, tym natężenie pola dyfrakcyjnego za przeszkodą będzie większe.

Wpływ przeszkód terenowych na łączność w zakresie metrowym często określa się eksperymentalnie. Na przykład z dużą dokładnością ustalono na podstawie przeprowadzonych eksperymentów, że w zakresie fal o długości 4,28 - 5m przy wysokości masztów około 15m i mocach nadajników rzędu kilku watów /zakres "M" stacji R-405Z/ w warunkach średnio pofałdowanego terenu przesłonięcie trasy może wynosić 50 - 75m.

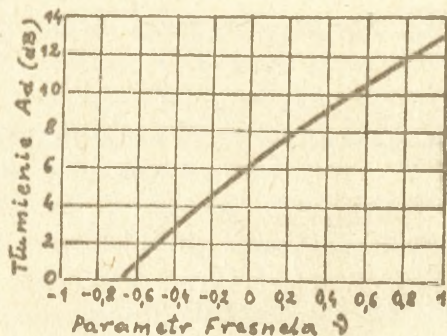
Dla zakresu fal decymetrowych wielkość współczynnika osłabienia ustala się na podstawie gotowych wykresów opracowanych przy założeniu, że kształt wszystkich przeszkód terenowych można określić z mniejszą lub większą dokładnością przez aproksymację zarysu przeszkody odpowiednią krzywizną sferyczną o określonym promieniu "a".

O wiele większy wpływ niż rozmiary przeszkody na wartość współczynnika osłabienia ma usytuowanie danej przeszkody w stosunku do punktów końcowych odcinka trasy linii radiowej /anteny nadawczej i odbiorczej/. We wzorze na parametr przeszkody μ wpływ ten jest uwzględniony, jednak dla dokładniejszego zilustrowania tego wpływu, można posłużyć się pojęciem dodatkowej tłumienności wnoszonej przez daną przeszkodę terenową.

Dla określenia wielkości dodatkowego tłumienia fal przez przeszkodę terenową oblicza się tzw. parametr Fresnela „ ν ” *ni* ze wzoru:



Rys. nr 18. Wyznaczenie składników do wzoru na parametr Fresnela



Rys.nr 19. Wykres tłumienności dodatkowej w zależności od parametru Fresnela

Znaczenie składowych d_1 i d_2 - jak na rys.nr 18, przy czym wszystkie wartości należy podstawić w tych samych jednostkach np. w metrach.

Dla obliczonego parametru Fresnela znajduje się z podanego na rys.nr 19 wykresu dodatkowe tłumienie A_d /dB/. Gdy $v > 1$, dodatkowe tłumienie należy obliczyć ze wzoru:

$$A_d = 20 \log v + 13 \quad \text{/dB/}$$

Z analizy wzoru na parametr Fresnela i wykresu wynika, że oprócz wielkości przewodu /przesłonięcia/ i długości fali, na tłumienność fali istotny wpływ ma odległość występującej przeszkody od jednej z anten odcinka trasy. Im przeszkoda jest bliżej jednej z anten tym tłumienie jest większe, a gdy znajduje się tuż przed samą anteną /np. antena w koronie drzew/ może nastąpić całkowite zerwanie łączności.

Aby nie nastąpił wypadek zerwania łączności, należy umieszczać je ponad koronami drzew oraz w następującej odległości od występującej na trasie przeszkody:

- dla stacji r/lin R-405Z /"M"/ - 500 - 700m;
- dla stacji r/lin R-405Z /"DCM"/-
 - i stacji r/lin R-409M - ponad 3km;
- dla stacji r/lin R-404 - 3 - 5km.

2. PLANOWANIE LINII RADIOWEJ.

2.1. Uwagi ogólne.

Zasadniczym zadaniem w planowaniu linii radiowej jest taki wybór trasy i miejsc rozwinięcia stacji radioliniowych, przy którym będą spełnione wymagania co do jakości łączności i niezawodności pracy tej linii przy zastosowaniu jak najmniejszej ilości stacji przekąźnikowych.

Nie mniej ważnym zagadnieniem w procesie planowania jest także zaprojektowanie linii radiowych, które zapewni elastyczne ich wykorzystanie w całym systemie łączności. Linie radiowe muszą być tak zaprojektowane, aby istniała w każdej chwili możliwość ich rozbudowy oraz wydzielenia odpowiednich kanałów na dowolnych stacjach pośrednich, w zależności od potrzeb wynikających w toku prowadzonych działań bojowych.

Planowanie linii radiowej przewidzianej do pracy w polowym systemie łączności, dzieli się na następujące etapy:

- wstępny wybór przebiegu trasy linii radiowej;
- przeprowadzenie rekonesansu trasy linii radiowej;
- wykonanie przekrojów /profilu/ terenu poszczególnych odcinków trasy linii radiowej;
- obliczenie linii radiowej i wyznaczenie geometrycznych parametrów poszczególnych odcinków przelotowych;
- wyznaczenie częstotliwości roboczych dla poszczególnych stacji rozwiniętych na jednym węźle łączności oraz dla poszczególnych odcinków przelotowych;
- ocena przydatności, ze względu na wielkość przeswitu /przesłonięcia/, poszczególnych odcinków trasy na podstawie ich profili terenowych i przyjętych częstotliwości roboczych;
- wyznaczenie pozostałych danych potrzebnych do rozwijania i eksploatacji linii radiowej /azymuty, numery stacji itp/.

W zależności od przeznaczenia i rodzaju linii radiowej /np. pracującej w zakresie fal metrowych/ oraz od czasu i możliwości, niektóre etapy planowania linii radiowej /np. obliczanie lub rekonesans/ mogą być pominięte. Należy jednak wówczas określać miejsca rozwinięcia stacji z map o dokładniejszej skali, przyjmować dopuszczalne przeswity na odcinkach trasy z pewnym zapasem, stosować krótsze odcinki

przelotowe itp. W każdym jednak wypadku należy liczyć się z pogorszeniem jakości łączności.

2.2. Wstępny wybór przebiegu trasy linii radiowej.

Przy planowaniu trasy linii radiowej niezbędne są następujące dane wyjściowe:

- relację, na której należy zestawić linię radiową;
- plan przesunięć stanowisk dowodzenia i przewidywany ruch wojsk w czasie działań bojowych;
- pewne dane o przeciwniku, jak np. dane o środkach rozpoznania i zakłóceń radioelektronicznych, rejony działania pododdziałów dywersyjnych itp.

Posiadając te dane można przystąpić do wstępnego wyznaczenia trasy linii radiowej.

Wstępną analizę obszaru między punktami końcowymi /z uwzględnieniem po drodze stacji węzłowych/, mającą na celu ustalenie wariantów przebiegu trasy, przeprowadza się na mapie w skali 1:100 000. Dla ułatwienia sobie pracy daną mapę poddaje się wstępnej obróbce. W tym celu należy nanieść na mapę punkty, przez które ma przebiegać trasa linii radiowej, węzły łączności i punkty, a także takie dane, jak rozmieszczenie ośrodków radiowych /mogą powodować zakłócenia/, trasy przemarszu sztabów i wojsk, /korzystają z sieci radiotelefonicznej/ itd. Następnie wzdłuż punktów, gdzie będą rozwijane końcowe i węzłowe stacje, zaznacza się obszar terenu w postaci pasa o szerokości około 1/3 do 1/2 odcinka przelotowego. W tak wybranym obszarze zaznacza się najwyższe wzniesienie /dogodne i niedogodne do rozwijania stacji/, rozlewiska rzek, wąwozy, punkty trygonometryczne itp.

Na tak przygotowanej mapie należy, w przedziale wyznaczonego pasa, wybrać takie warianty tras, aby ilość stacji pośrednich /przełącznikowych/ była jak najmniejsza. Średnie długości odcinków przelotowych można przyjmować następująco:

- 30 - 35km przy wykorzystaniu stacji r/lin R-404;
- 37 - 43km przy wykorzystaniu stacji r/lin R-409M i R-405Z pracujących w zakresie "DC";
- 40 - 45km przy wykorzystaniu stacji r/lin R-405Z pracujących w zakresie "M".

Wybrane wstępne warianty tras i odcinków przelotowych należy następnie przeanalizować pod względem propagacyjnym, czy dany odcinek trasy będzie odsłonięty, czy zasłonięty i odpowiednio do tego przyjmować większe lub mniejsze odległości między stacjami.

Metoda orientacyjnego określania prześwitu H na danym odcinku trasy sprowadza się do sprawdzenia następującej zależności:

$$H = \frac{/h_{z1} + h_1/ + /h_{z2} + h_2/}{2} - /h_B + h_z/$$

Znaczenia poszczególnych składników powyższej zależności wyjaśnione są na rys. nr 20, i wyznacza się je następująco:

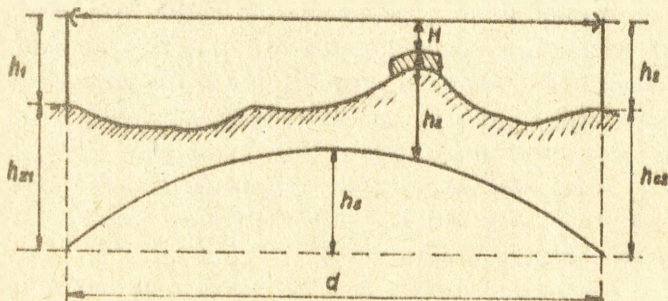
- h_{z1} , h_{z2} i h_z odczytuje się z mapy /warstwice lub punkty trygonometryczne/, przy czym h_z powinno również uwzględniać pokrycie terenowe /las, zabudowania itp./;

- h_1 i h_2 stanowią znane dla danego typu stacji radiolinowych wysokości masztów antenowych;

- h_B stanowi strzałkę łuku kuli ziemskiej i można jej wartość określić ze wzoru:

$$h_B = \frac{d^2}{50}$$

Jeżeli po przeliczeniu okaże się, że $H > 0$ to orientacyjnie można uważać, że dany odcinek trasy jest odsłonięty, a jeżeli $H < 0$ to zasłonięty. Otrzymana wartość H z grubsza orientuje, co do występującego prześwitu lub stopnia przesłonięcia trasy. Na tej podstawie można więc teraz poszczególne warianty tras podzielić na odcinki przelotowe i wybrać miejsca rozmieszczenia stacji pośrednich.



Rys. nr 20. Graficzne wyjaśnienie wartości do wzoru na H

Ilość odcinków przelotowych na trasie linii radiowej nie powinna przekraczać:

- 3 odcinków przy wykorzystaniu R-405Z;
- 4 odcinków przy wykorzystaniu R-409M pracujących w podzakresie "A";
- 9 odcinków przy wykorzystaniu R-409M pracujących w podzakresach "B" i "C";
- 24 odcinków przy wykorzystaniu R-404.

Tak przeprowadzony wstępny wybór trasy jest w zasadzie wystarczający dla linii radiowych pracujących w zakresie fal metrowych pod warunkiem, że wielkość odcinków przelotowych oraz długość całej linii nie przekracza wielkości określonych w taktyczno-technicznych danych dla tego typu stacji radioliniowych. Na liniach radiowych tego zakresu można bowiem utrzymywać stabilną łączność nawet przy zasłoniętej trasie w granicach od 50 do 75 metrów /w zależności od długości fal metrowych i typu stacji/ przeszkodami typu klinowego. We wszystkich innych przypadkach, a więc wówczas gdy wielkość odcinka przelotowego lub długość całej linii radiowej przekracza dopuszczalną wartość, gdy otrzymana po wstępnym obliczeniu wielkość przesłonięcia trasy budzi zastrzeżenia, gdy przeszkoda ma kształt zbliżony do sferycznego itp., należy wykonać dokładny profil danego odcinka trasy i dopiero na tej podstawie oceniać jakość trasy linii radiowej.

Należy jednak podkreślić, że wykonywanie profilu trasy radiowej wskazane jest, o ile pozwala na to czas, w każdym wypadku. Pozwala to bowiem uzyskać bardziej stabilną pracę w różnych warunkach meteorologicznych oraz pracować ewentualnie na obniżonych masztach, co ma bardzo duże znaczenie w warunkach wojskowych.

Dzieląc poszczególne wstępnie wybrane warianty tras linii radiowych na odcinki przelotowe, dokonuje się jednocześnie wstępnego wyboru rozmieszczenia końcowych i pośrednich stacji przyszłej linii radiowej. Ostatecznego wyboru miejsc dla stacji radioliniowych dokonuje się po przeprowadzeniu rekonesansu i wykonaniu profili odcinków trasy a nawet czasami i po obliczeniach. Jednak już w czasie wstępnego planowania należy uwzględnić następujące wymogi, co do miejsc rozwijania stacji radioliniowych:

a/ łatwość powiązania stacji radioliniowej z centralą telefoniczną oraz innymi elementami węzła łączności /skrócenie długości

kabli łącznikowych/;

b/ zapewnienie odpowiedniej wyniosłości anten stacji radioliniowych w celu uzyskania trasy odsłoniętej;

c/ zapewnienie warunków maskowania stacji radioliniowych;

d/ zapewnienie kompatybilnej pracy urządzeń nadawczo-odbiorczych stacji radioliniowych poprzez:

- oddalenie stacji radioliniowych na odległość 500-1000m od nadajników radiowych UKF i KF;

- oddalenie poszczególnych stacji radioliniowych na odległość 200-300m od siebie;

- rozmieszczenie stacji radioliniowych w grupach przy odległościach między grupami 800-1000m /jeżeli liczba stacji radioliniowych pracujących w jednym rejonie jest większa od czterech/;

- niedopuszczenie do wzajemnego krzyżowania się wiązek promieniowania stacji radioliniowych;

- oddalenie stacji radioliniowych na odległość 300-500m od obiektów przemysłowych, kolei elektrycznych, linii wysokiego napięcia itp.;

- oddalenie stacji radioliniowych /szczególnie R-405Z i R-409M/ na odległość 200-300m od dróg publicznych i dróg dojazdowych do węzłów łączności;

- nieróżnicowanie na kierunku promieniowania anten agregatów prądotwórczych;

e/ zapewnienie możliwości dojazdu stacji radioliniowej do wyznaczonego punktu rozwinięcia;

f/ zapewnienie warunków ochrony i obrony stacji;

g/ zapewnienie możliwości zaopatrzenia obsługi stacji w wodę pitną;

h/ wykorzystanie ewentualnych możliwości korzystania z sieci prądu zmiennego;

i/ zapewnienie odpowiedniej odległości stacji radioliniowych od przeszkód terenowych i innych obiektów.

2.3. Rekonesans trasy linii radiowej.

Celem rekonesansu trasy linii radiowej jest:

- ustalenie możliwości dojazdu do wyznaczonego punktu oraz zakresu ewentualnych prac w przystosowaniu dróg;
- wybór placu na rozwijanie stacji radioliniowej i ustalenie zakresu ewentualnych prac na przygotowanie takiego placu;
- ustalenie wysokości położenia w stosunku do anten lasu, budynków, wież i innych przeszkód;
- określenie trasy do budowy kablowych linii łącznikowych do elementów węzła łączności;
- rozpoznanie skażeń promieniotwórczych i chemicznych;
- ustalenie miejsc zaminowanych, niewypałów itp.

Na podstawie rekonesansu dokonuje się selekcji wybranych wariantów tras i uaktualnia mapę w celu wykonania właściwych profili odcinków przelotowych. Rekonesans trasy można przeprowadzić przed lub po wykonaniu profili odcinków przelotowych. Jak wykazuje praktyka na ogół zawsze, niezależnie do kolejności, każda z wymienionych wyżej prac wnosi poprawki do wykonanej poprzednio. Praktyczniejsze jest jednak, jak wykazuje doświadczenie, uprzednie przeprowadzenie rekonesansu, a dopiero po tym wykonywanie profili terenowych wybranej trasy linii radiowej. Ewentualne rozpoznanie nowych miejsc na rozwijanie stacji radioliniowych, wynikłych w trakcie profilowania terenu odcinków trasy, przeprowadza się już w toku samego rozwijania linii radiowej.

2.4. Wykonywanie profili odcinków przelotowych.

Profil terenu przedstawia sobą wykreślany w odpowiedniej skali pionowej przekrój terenu wzdłuż linii łączącej miejsca rozmieszczenia dwóch sąsiednich stacji radioliniowych. Profil terenu jest zasadniczym dokumentem, według którego ustala się przydatność miejsc na rozwinięcie stacji radioliniowych ze względu na jakość i stabilność łączności.

Profile terenu odcinków przelotowych wykonuje się w zasadzie z mapy 1:100 000. W szczególnych przypadkach jeśli mapy w tej skali nie dają wystarczającej dokładności lub jeśli nie można z ich pomocą

ustalić ukształtowania terenu /zwłaszcza stoków wzgórz i wzniesień/, poszczególne fragmenty odcinka trasy analizuje się bardziej szczegółowo na podstawie map w skali 1:50 000 lub 1:25 000.

Podczas wykonywania profili terenu należy przestrzegać następujących zasad:

- profile terenu powinny być wykonywane dla warunków normalnej refrakcji fal radiowych /zastępczy promień kuli ziemskiej $R_z = 8500 \text{ km}$ /;

- nie należy posługiwać się gotowymi szablonami, wykresami lub wzorami matematycznymi nie uwzględniającymi zjawiska refrakcji;

- profile terenu powinny być wykonywane po odpowiednim doborze skali poziomej i pionowej; np. do pracy na mapie w skali 1:100 000 najwygodniejsze są:

a/ skala odległości 1:100 000 /1cm = 1km/;

b/ skala wysokości 1:1000 /1cm = 10m/.

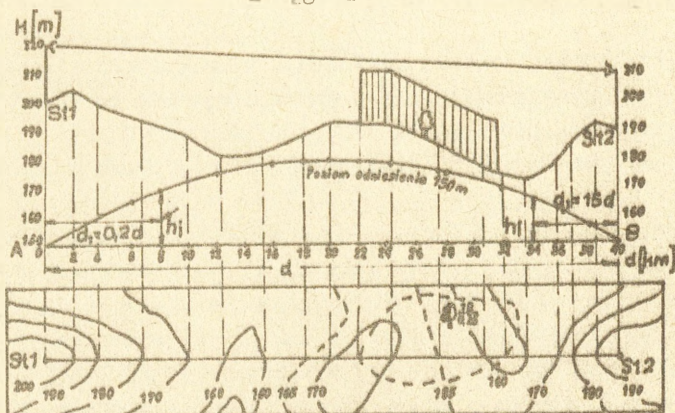
Do wykonywania profili terenu odcinków przelotowych mogą być stosowane trzy sposoby:

1 sposób. Według łuku krzywizny Ziemi wykonywanego na podstawie odpowiednich wykresów lub gotowych szablonów;

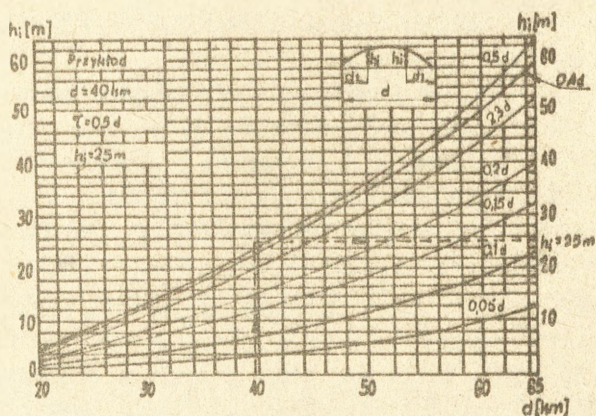
2 sposób. Na specjalnych blankietach z naniesioną siatką łuku krzywizny Ziemi i uwzględnioną refrakcją normalną;

3 sposób. Na linii prostej ze sprawdzeniem przeswitu według odpowiedniego szablonu.

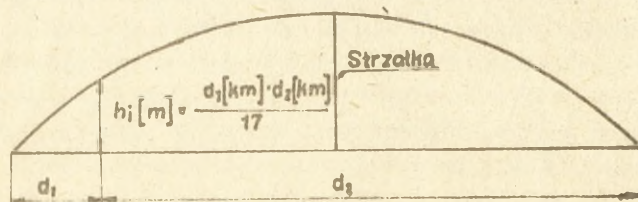
1 sposób. Na mapie rysuje się linię prostą, łączącą punkty rozmieszczenia stacji radioliniowych nr 1 i nr 2 /patrz rys.nr 21/ i określa się odległość między nimi - d . Do tej linii przykładą się odpowiedniej wielkości arkusz papieru milimetrowego, na której kreśli się linię AB /równoległą do linii na mapie/, a następnie w punktach A i B rysuje się dwie proste prostopadłe, na których odmierzają się wysokość w skali 1cm = 10m. Posługując się wykresem przedstawionym na rysunku nr 22, na prostej AB rysuje się łuk krzywizny kuli ziemskiej, odpowiadającej długości d danego odcinka przelotowego. Wartości strzałki wypukłości h_1 łuku krzywizny Ziemi określa się z wykresów przedstawionych na rys. nr 22 dla odległości d_1 od końców odcinka /punktów A lub B/ równych 0,5d; 0,4d; 0,3d; 0,2d; 0,15d; 0,1d i 0,05d. Znalezione punkty łuku krzywizny Ziemi łączy się linią krzywą. Tak wykonany łuk krzywizny kuli ziemskiej przyjmuje się za punkt odniesienia, odpowiadający wysokości nad poziomem morza najniższej położonego punktu na mapie dla danego odcinka przelotowego.



Rys.nr 21. Przykład wykonania profilu terenu odcinka trasy linii radiowej.



Rys.nr 22. Wykresy do określenia łuku krzywizny kuli ziemskiej z uwzględnieniem refrakcji $/R_z = 8500km/$.



Rys.nr 23. Szablon łuku krzywizny kuli ziemskiej.

Łuk krzywizny Ziemi można wykreślić również za pomocą gotowego krzywika, wykonanego z materiału przezroczystego, którego wzór przedstawiono na rys. nr 23. Korzystanie z takiego krzywika znacznie upraszcza pracę. Krzywik przykładą się do linii AB tak, aby jego środek pokrywał się ze środkiem odcinka trasy, a linia krzywa łuku przechodziła przez punkty A i B. Następnie po obrzeżu krzywej parabolicznej kreśli się łuk krzywizny Ziemi.

Na przygotowanym arkuszu papieru milimetrowego z narysowanym łukiem krzywizny Ziemi wykonuje się profil terenu w następującej kolejności: wartość poszczególnych wyniosłości terenowych odczytanych dla punktów przecięcia linii prostej st.1 - st.2 z warstwicami na mapie /patrz rys.nr 21/ przenosi się na arkusz papieru milimetrowego. Z każdego tak określonego punktu, do prostej AB wystawia się prostopadłą i na niej odkłada daną wysokość w skali 1cm = 10m z uwzględnieniem krzywizny Ziemi /do wysokości warstwic dodaje się wartość strzałki łuku krzywizny kuli ziemskiej/. Wyznaczone punkty wyniosłości terenowych łączy się linią krzywą uwzględniającą wgłębienia i wypukłości między tymi punktami. Na wykonany profil terenu nanosi się jeszcze w tej samej skali lasy i wysokie budowle. W punktach A i B odpowiadających miejscu rozwijania stacji radioliniowych nanosi się we właściwej skali wysokości masztów antenowych, a ich wierzchołki łączy się linią prostą. W ten sposób otrzymuje się pełny profil danego odcinka przelotowego trasy radioliniowej.

2 sposób. Profil odcinka terenu wykonuje się na specjalnych blankietach z naniesioną siatką łuku krzywizny Ziemi i uwzględniającą wpływ refrakcji normalnej. Wzór takiego blankietu jest przedstawiony w podręczniku łącznościowca, część XVII. "Wybrane zagadnienia techniczne i organizacyjno-eksploatacyjne linii radiowych".

Wykonanie profilu odcinka przelotowego na specjalnym blankiecie odbywa się w niżej opisanej kolejności.

Przewidziane do rozwijania stacji radioliniowych punkty na mapie łączy się linią prostą. Określa się odległości między tymi punktami i warstwicę o najmniejszej wysokości bezwzględnej, którą można będzie przyjąć za linię odniesienia do obliczania wysokości pozostałych warstw. Na dolnym brzegu blankietu nanosi się symetrycznie w stosunku do środkowej linii pionowej odległość między stacjami

w odpowiedniej skali. Ta linia siatki krzywizny Ziemi na blankiecie, która będzie końcami opierać się na naniesionej odległości między stacjami, stanowić będzie łuk krzywizny kuli ziemskiej dla danego odcinka trasy. Ten łuk należy przyjąć za linię odniesienia do pozostałych wysokości. Odpowiednio do przyjętych skali odległości i wysokości wpisuje się przy liniach prostopadłych do podstawy i liniach krzywizny Ziemi odpowiednie wartości odległości i wysokości. Dalej wykonywanie profilu terenu niczym nie różni się od pierwszego sposobu.

Po zakończeniu wykreślenia profilu na odwrotnej stronie blankietu należy zapisać nomenklaturę mapy, na której wykonano profile, długość odcinka przelotowego i współrzędne topograficzne punktów na mapie, przewidzianych do rozwijania stacji radioliniowych.

3 sposób. Przy poprzednich obydwu sposobach profil trasy wykonuje się na łuku krzywizny Ziemi, a anteny stacji radioliniowych łączy się linią prostą. W trzecim sposobie postępuje się na odwrót: wysokości poszczególnych punktów trasy i przedmiotów terenowych określa się z mapy jak poprzednio, lecz nanosi na papier milimetry nie w stosunku do łuku Ziemi, a w stosunku do linii prostej, łączącej punkty ustawienia stacji. Górne punkty masztów antenowych łączy się łukiem krzywizny Ziemi /z uwzględnieniem refrakcji/ tak, aby strzałka łuku skierowana była w kierunku linii krzywej łączącej punkty wyniosłości terenowych. Do tego celu muszą być wykonane szablony odpowiednio do ilości przyjmowanych skal poziomych i pionowych dla profilu terenu.

Ten sposób profilowania terenu jest prostrzy niż pierwszy, gdyż łatwiej jest obliczać odpowiednie wysokości pionowe na papierze milimetry przy danej skali. Tak wykonany profil jest wystarczający do oceny wielkości rzeczywistego prześwitu H na danym odcinku trasy.

Wykonanie profili terenowych musi być szczególnie dokładne i staranne, gdyż wszelkie omyłki prowadzą do błędnego zaprojektowania trasy.

2.5. Obliczanie trasy linii radiowej.

Istota obliczania trasy linii radiowej, zestawionej z polowych stacji radioliniowych, jest następująca: uwzględniając założone wymagania, co do stosunku sygnału do szumów dla danej linii radiowej określa się dopuszczalną wartość współczynnika osłabienia profilem terenu $/V_p \text{ dop}/$ dla każdego odcinka przelotowego. Z kolei na podstawie wykreślonego profilu odcinka terenu i jego parametrów geometrycznych określa się rzeczywistą wartość współczynnika osłabienia profilem terenu $/V_p/$. Następnie porównuje się rzeczywiste współczynniki osłabienia $/V_p/$ na poszczególnych odcinkach trasy linii radiowej z wartościami dopuszczalnymi współczynnika osłabienia $/V_p \text{ dop}/$. Odcinek przelotowy będzie wybrany prawidłowo, jeżeli wartość bezwzględna rzeczywistego współczynnika osłabienia profilem terenu, określonego według geometrycznych parametrów tego odcinka i wyrażona w decybelach, jest mniejsza /lub równa/ od bezwzględnej wartości dopuszczalnego współczynnika osłabienia, tzn.:

$$/V_p/ \leq /V_p \text{ dop}/ \quad [dB]$$

Na podstawie określonych dla poszczególnych odcinków wielkości ocenia się linię radiową jako całość.

Obliczając trasę linii radiowej należy wykonać następujące czynności:

1. Wyznaczyć geometryczne parametry odcinków przelotowych.
2. Ocenid odcinki przelotowe ze względu na wielkość przeswitu.
3. Określić dopuszczalną wartość współczynnika osłabienia profilem terenu $/V_p \text{ dop}/$ w decybelach dla każdego odcinka przelotowego.
4. Określić rzeczywistą wartość współczynnika osłabienia profilem terenu $/V_p/$, w decybelach dla każdego odcinka przelotowego.
5. Porównać otrzymane wartości rzeczywistego współczynnika osłabienia $/V_p/$ z wartościami dopuszczalnymi dla danych odcinków $/V_p \text{ dop}/$ oraz przeprowadzić ocenę poszczególnych odcinków i całej linii radiowej.

2.5.1. Wyznaczenie geometrycznych parametrów odcinka przelotowego.

Parametry geometryczne odcinka przelotowego, niezbędne do dalszych obliczeń, wyznacza się na podstawie wykreślonego profilu danego odcinka.

Do parametrów tych należą:

d - długość odcinka przelotowego w kilometrach;

d_1 - odległość przeszkody od najbliższej stacji radioliniowej w kilometrach;

τ - współrzędna względna położenia przeszkody $\tau = \frac{d_1}{d}$;

H - rzeczywisty prześwit /zasłonięcie/ w metrach;

H_0 - krytyczny prześwit w metrach;

a - promień krzywizny przeszkody.

Przykład wyznaczenia geometrycznych parametrów przedstawiono na rys. nr 24 a i b.

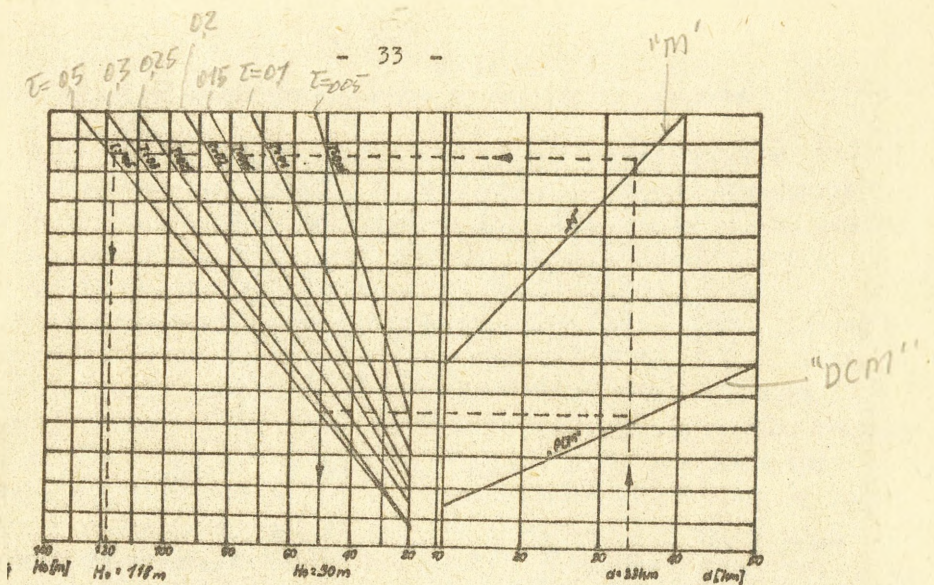


Rys.nr 24. Wyznaczanie geometrycznych parametrów odcinka trasy linii radiowej.

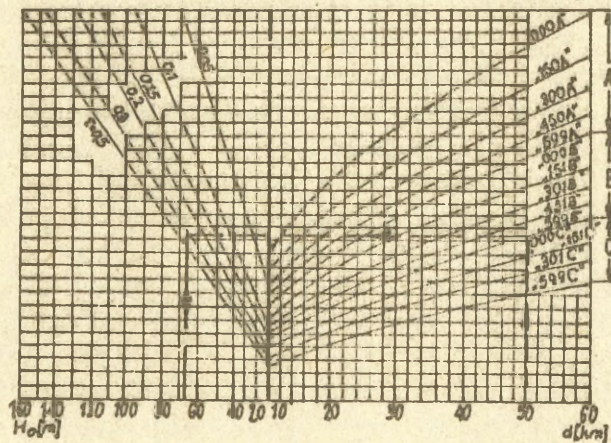
Prześwit krytyczny H_0 można obliczyć ze wzoru

$$H_0 = \frac{1}{3} \sqrt{d a \tau / (1 - \tau)} \quad \text{/patrz rozdział 1/ lub określić z wykresów}$$

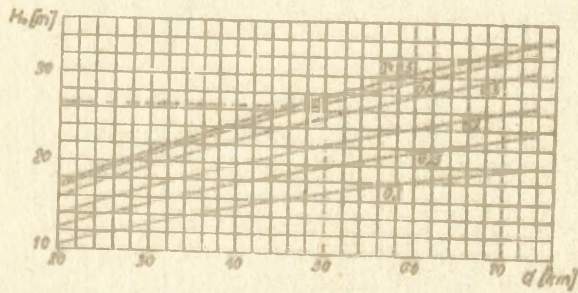
dla pomocniczych stacji radioliniowych - rys.25,26,27.



Rys.nr 25. Nomogram do określania prześwitu krytycznego /Ho/ stacji R-405Z

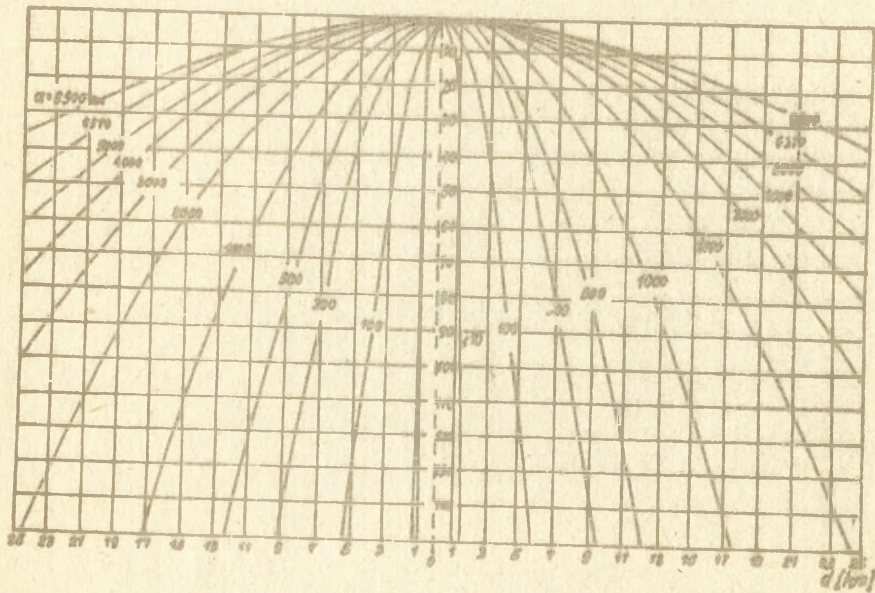


Rys.nr 26. Wykresy do określania prześwitu krytycznego /Ho/ stacji R-409M1



Rys.nr 27. Wykresy do określenia prześwitu krytycznego / H_c / stacji R-404.

Promień krzywizny przeszkody można określić za pomocą rodziny krzywych aproksymujących - rys.nr 28.



Rys.nr 28. Rodzina krzywych aproksymacyjnych do określenia promienia krzywizny przeszkody terenowej.
Skala odległości 1:200 000
Skala wysokości 1:1000

(mapa 1:200 000)

2.5.2. Ocena odcinków przelotowych ze względu na wielkość prześwitu.

Po wykreśleniu profili odcinków i wyznaczeniu geometrycznych parametrów należy ustalić, czy na danych odcinkach mamy do czynienia z trasą odsłoniętą $/H > H_0/$, na wpół zasłoniętą $/H < H_0 \text{ i } H > 0/$, czy też zasłoniętą $/H < 0/$.

W warunkach polowych częste są wypadki, kiedy czas na planowanie i rozwijanie linii radiowych jest ograniczony i nie ma możliwości przeprowadzenia dokładnych obliczeń tej linii. Poza tym często odcinki przelotowe mają nieskomplikowaną konfigurację profilu terenu i można ocenić ich przydatność na podstawie wielkości prześwitu /przesłonięcia/ trasy bez przeprowadzania obliczeń. W wielu przypadkach trasy na wpół zasłoniętych lub zasłoniętych można przyjąć pewną wielkość prześwitu /przesłonięcia/, przy której współczynnik osłabienia fal radiowych nie przekroczy swojej dopuszczalnej wartości. Prześwit taki nazywa się minimalnie dopuszczalnym i oznacza przez H_{\min} . Najprościej jest określić zależność takiego minimalnego prześwitu H_{\min} /maksymalnego przesłonięcia H_{\max} / od parametrów geometrycznych $/d, \mathcal{L}, a/$ dla odcinków przelotowych posiadających jedną przeszkodę. Należą do nich przede wszystkim odcinki w terenie równinnym, których profil aproksymuje się powierzchnią sferyczną o promieniu $a = R_2 = 8500\text{km}$, a także odcinki posiadające jedną przeszkodę klinową o promieniu $a = 100\text{km}$.

Ocenę taką przeprowadza się przez porównanie rzeczywistego prześwitu /zasłonięcia/ nad daną przeszkodą z wartością minimalnie dopuszczalną dla danej długości projektowanej linii.

Dopuszczalny prześwit H_{\min} odczytuje się z gotowych tabel lub wykresów - tabela nr 3.

Dane te są opracowane przy założeniu, że linia radiowa jest budowana na całą swoją długość, określaną w taktyczno-technicznych danych.

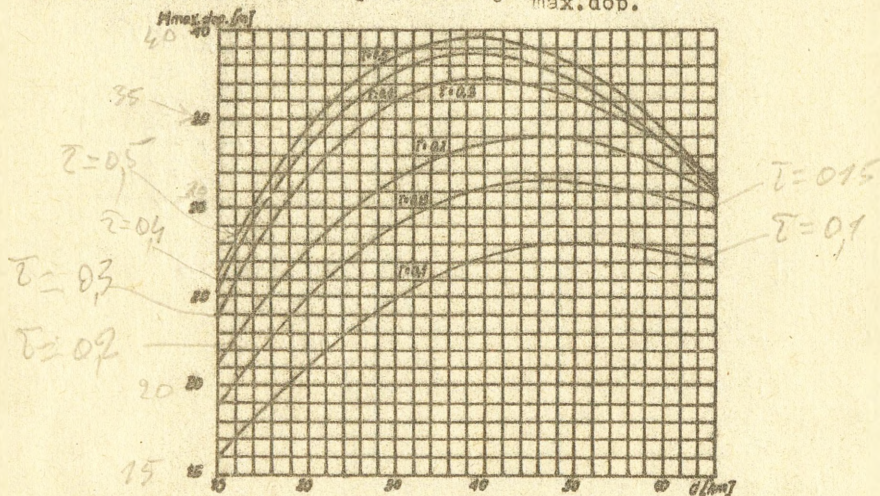
Tabela nr 3

Wartości minimalnego przeswitu H_{min} lub
maksymalnego przeskońnięcia H_{max} dla różnych
typów stacji radioliniowych.

Promień /a/		8500km	100km							
Współrzędna R /		0,5	0,1			0,2			0,5	
R-409E1	A	Nr fali	000-600	000	300	600	000	300	600	-90
		d/km/								
		30	+3	-58	-46	-38	-90	-90	-70	
	40	+6	-80	-57	-42	-90	-90	-78		
	50	+2	-88	-62	-44	-90	-90	-81		
	B	Nr fali	001-599	001	301	599	001	301	599	
		d/km/								
		30	-2	-60	-44	-35	-90	-82	-62	
	40	-4	-73	-50	-41	-90	-90	-70		
50	-7	-83	-57	-43	-90	-90	-73			
C	Nr fali	001-599	001	301	599	001	301	599		
	d/km/									
	30	-4	-35	-37	-30	-63	-64	-50		
40	-5	-41	-42	-33	-70	-70	-54			
50	-7	-43	-49	-35	-73	-78	-58			
R-404		T	0,5	0,1			0,3			0,5
		d/km/								
		20	+16	+4			+6			+7
30	+20	+14			+15,5			+16,5		
R-405Z		T	0,5	0,1			0,3			0,5
		d/km/								
		20	+5	-27						
	30	+8	-48			-90			-90	
	40	0	-62							
	DCM	20	+3	-5			-25			-27
		30	+4	-7			-27			-33
40		+5	-9			-28			-35	

Odcinek przelotowy odsłonięty $/H \geq H_0/$ z punktu widzenia propagacji fal jest najlepszy, lecz pod jednym warunkiem - jeżeli w punkcie odbioru nie występują fale odbite od równinnych odcinków terenu. Dlatego przy ocenie takich profili należy na nich uwydatniać takie odcinki terenu, o długości nie mniejszej niż 4km, na których mogą występować odbicia fal /woda, łąka, ugór itp./. Następnie należy określić współrzędną względną $R/$ środka odcinka odbicia fal oraz wielkość przeswitu rzeczywistego w tym punkcie.

W celu zapewnienia stabilnej i dobrej jakości łączności na takim odcinku niezbędnym jest, aby wartość przeswitu rzeczywistego nad centralnym punktem odbicia fal nie przekraczała pewnej maksymalnie dopuszczalnej wielkości $H_{max.dop.}$. Wartość takiego maksymalnie dopuszczalnego przeswitu można określić na podstawie wykresów przedstawionych na rys. nr 29. Gdy przeswit rzeczywisty jest większy od dopuszczalnego, wówczas należy nieznacznie przesunąć stację w terenie lub obniżyć maszt antenowy aby uzyskać zmniejszenie przeswitu do wartości dopuszczalnej $H_{max.dop.}$.



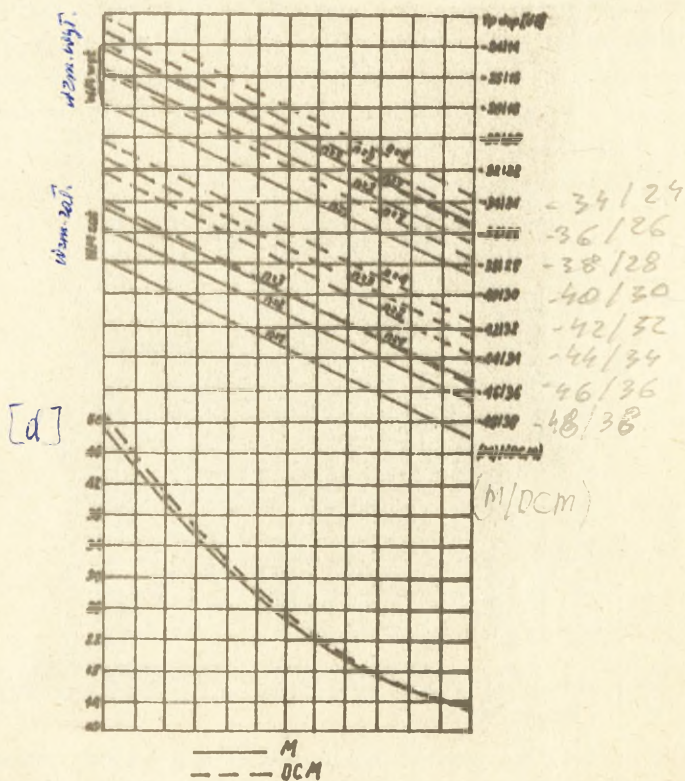
Rys.nr 29. Wykres do określania wielkości maksymalnie dopuszczalnego przeswitu na odsłoniętym odcinku trasy R-404.

Jeżeli odcinki przelotowe posiadają dwie i więcej przeszkód oraz różne kształty i położenie w stosunku do anten, wówczas decyzja o dopuszczeniu tych odcinków do pracy w linii radiowej może być podjęta dopiero po dokonaniu pełnych obliczeń linii radiowej.

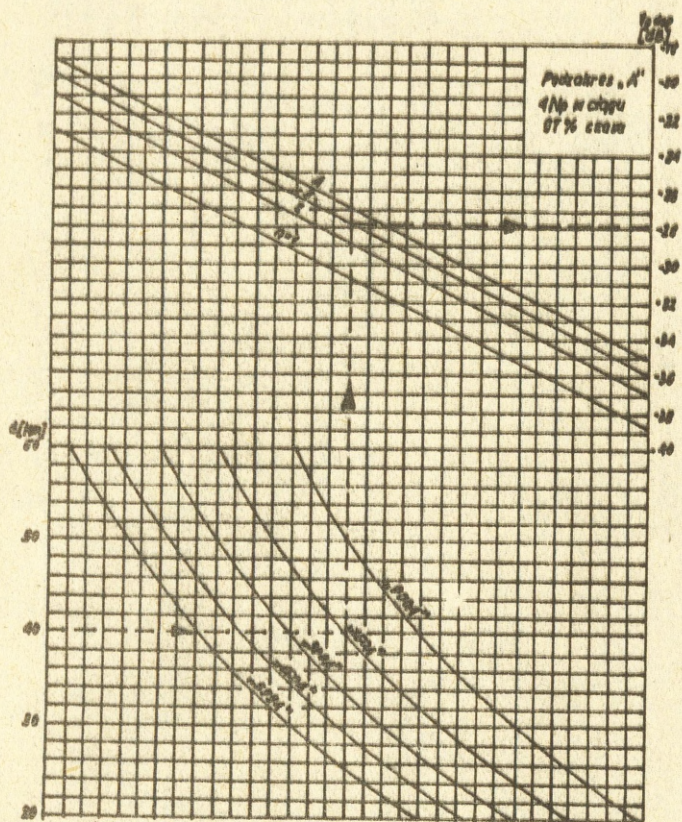
2.5.3. Określenie dopuszczalnej wartości współczynnika osłabienia profilem terenu.

Wartość dopuszczalnego współczynnika osłabienia profilem terenu $V_p \text{ dop}$ określany na podstawie specjalnych wykresów, zawartych w instrukcjach stacji radioliniowych. Wartość dopuszczalnego współczynnika osłabienia zależy od częstotliwości pracy, długości odcinka przelotowego i liczby odcinków przelotowych występujących na danej trasie.

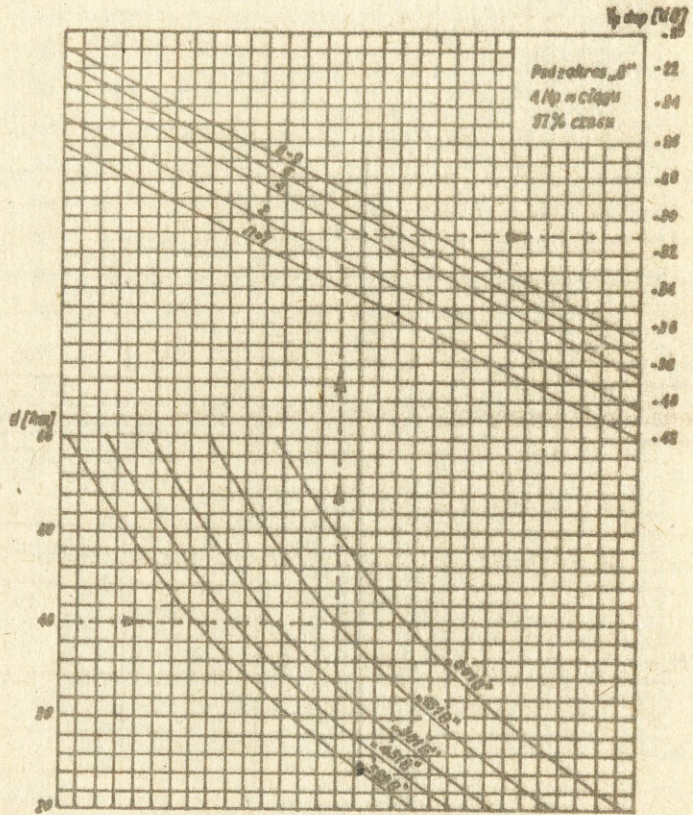
Na rysunkach nr 30-35 przedstawiono wykresy zależności dopuszczalnego współczynnika osłabienia dla stacji radioliniowych R-405Z, R-405M1 i R-404.



Rys.nr 30. Nomogram do wyznaczania wartości dopuszczalnego współczynnika osłabienia trasy R-405Z.

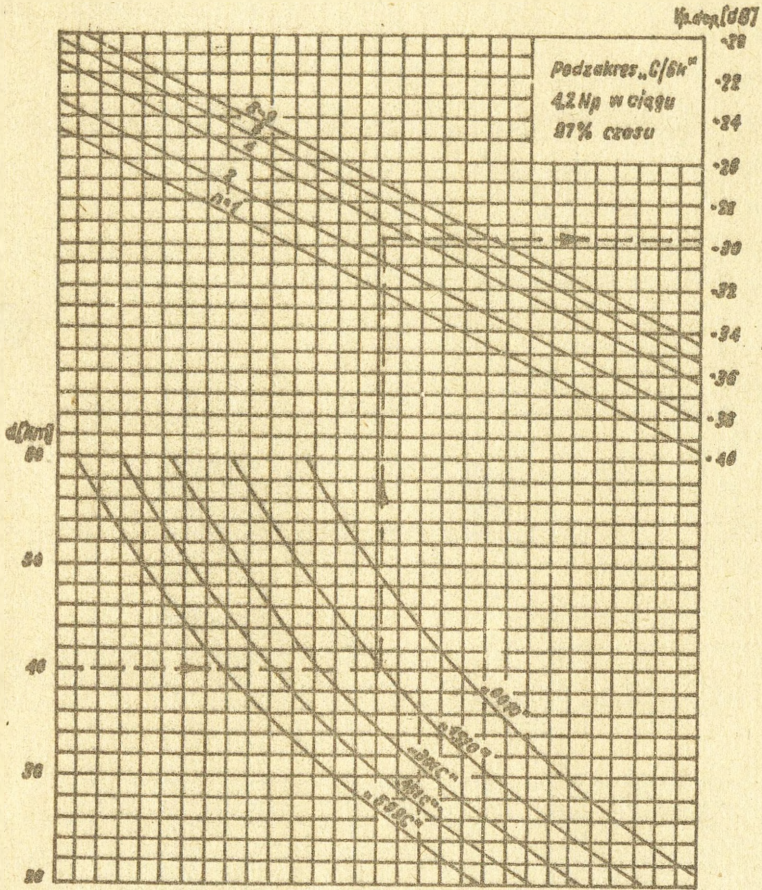


Rys.nr 31. Dopuszczalne wartości współczynnika osłabienia dla podzakresu "A" stacji R-400M1.

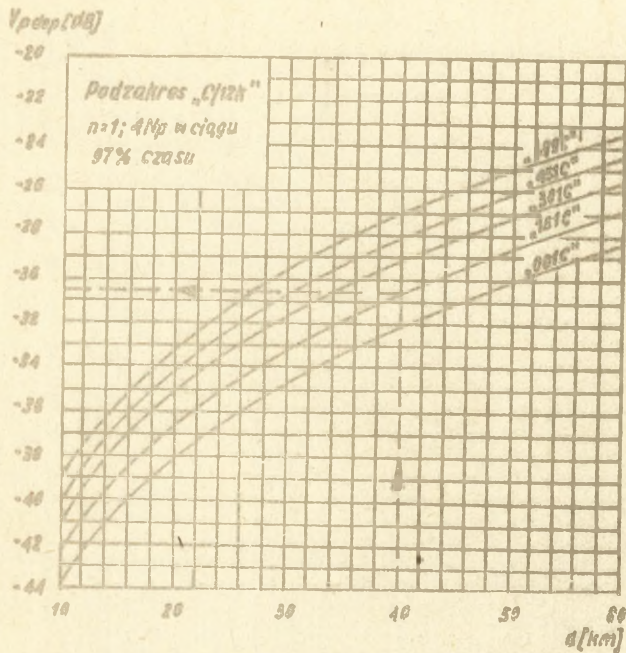


Rys.nr 32. Dopuszczalne wartości współczynnika osłabienia dla podzakresu "B" stacji R-409M1.

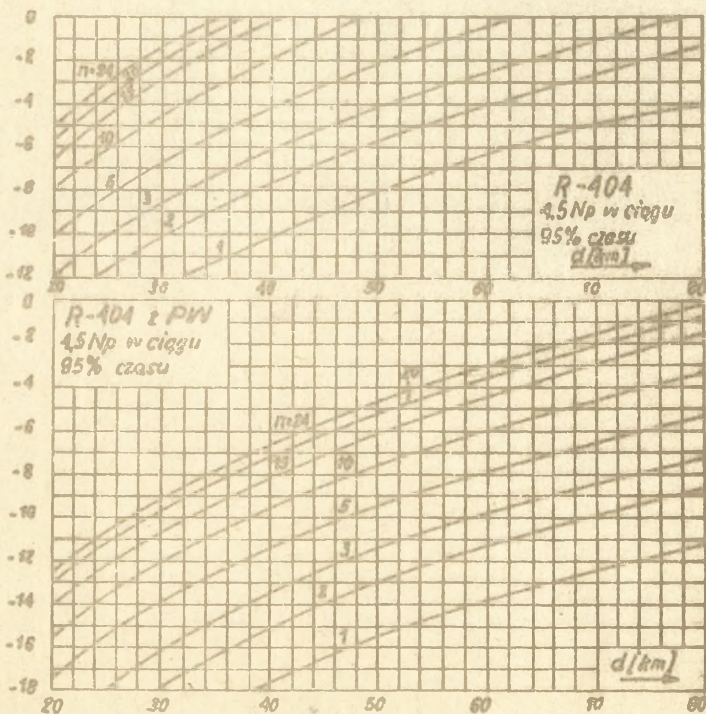
Pf 1202 str 36



Rys.nr 33. Dopuszczalne wartości współczynnika osłabienia dla podzakresu "C" stacji R-409M1 przy pracy w układzie sześciokanałowym.



Rys.nr 34. Dopuszczalne wartości współczynnika osłabienia dla podzakresu "C" stacji R-409M1 przy pracy w układzie dwunastokonałowym.

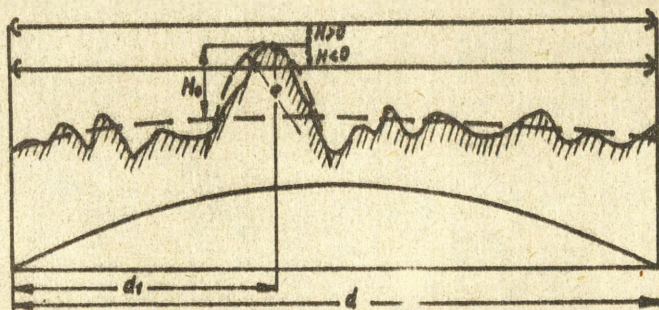


Rys.nr 35. Wykresy do określania dopuszczalnej wartości współczynnika osłabienia dla stacji R-404.

2.5.4. Określenie rzeczywistej wartości współczynnika osłabienia profilem terenu.

Podczas określania rzeczywistej wartości współczynnika osłabienia dla odcinków przelotowych trasy linii radiowej mogą wystąpić cztery przypadki profili terenu.

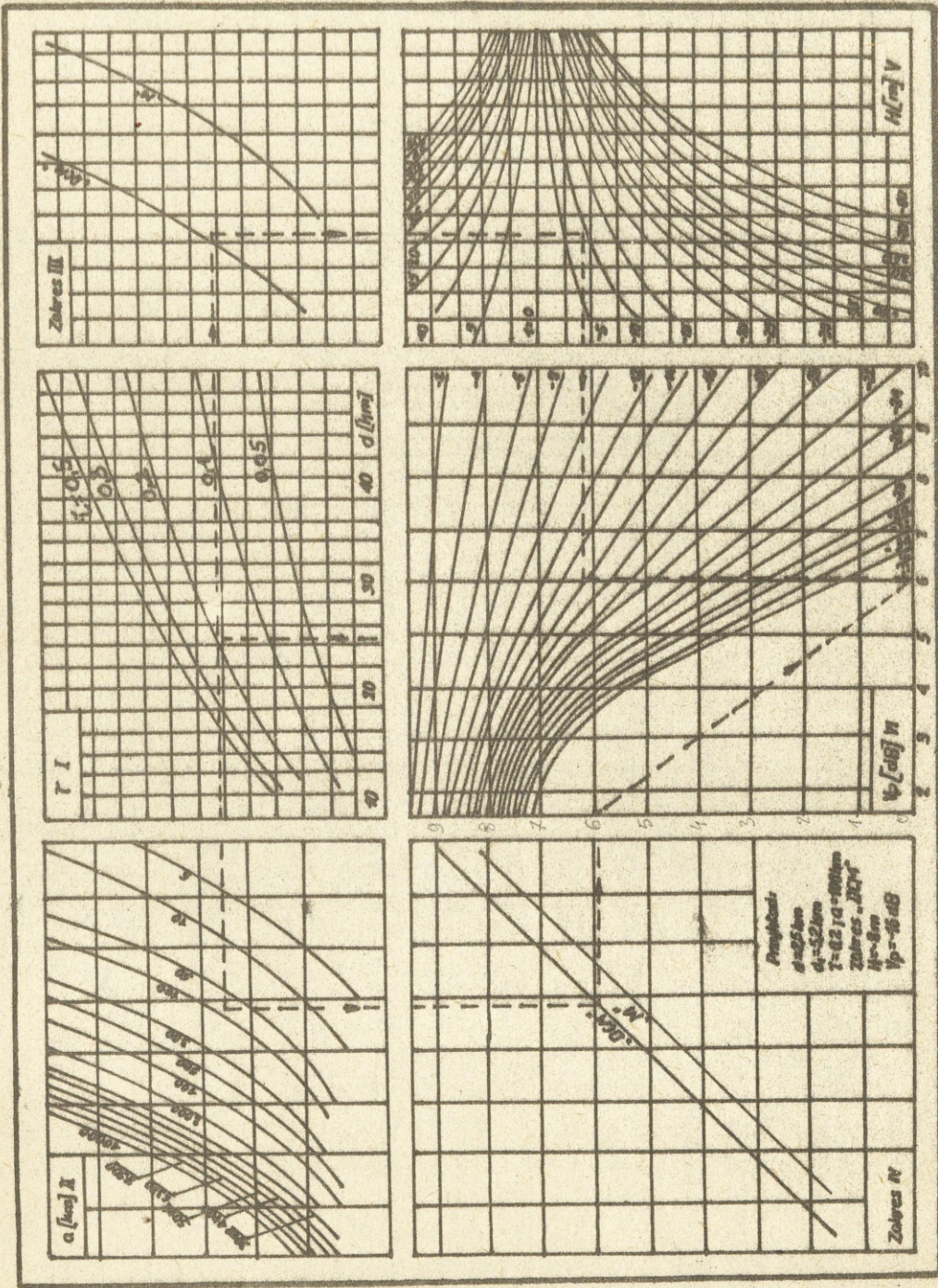
Pierwszy przypadek /rys.nr 36/. Osłabienie energii fal radiowych na zasłoniętych i na wpół zasłoniętych odcinkach przelotowych z jedną przeszkodą.



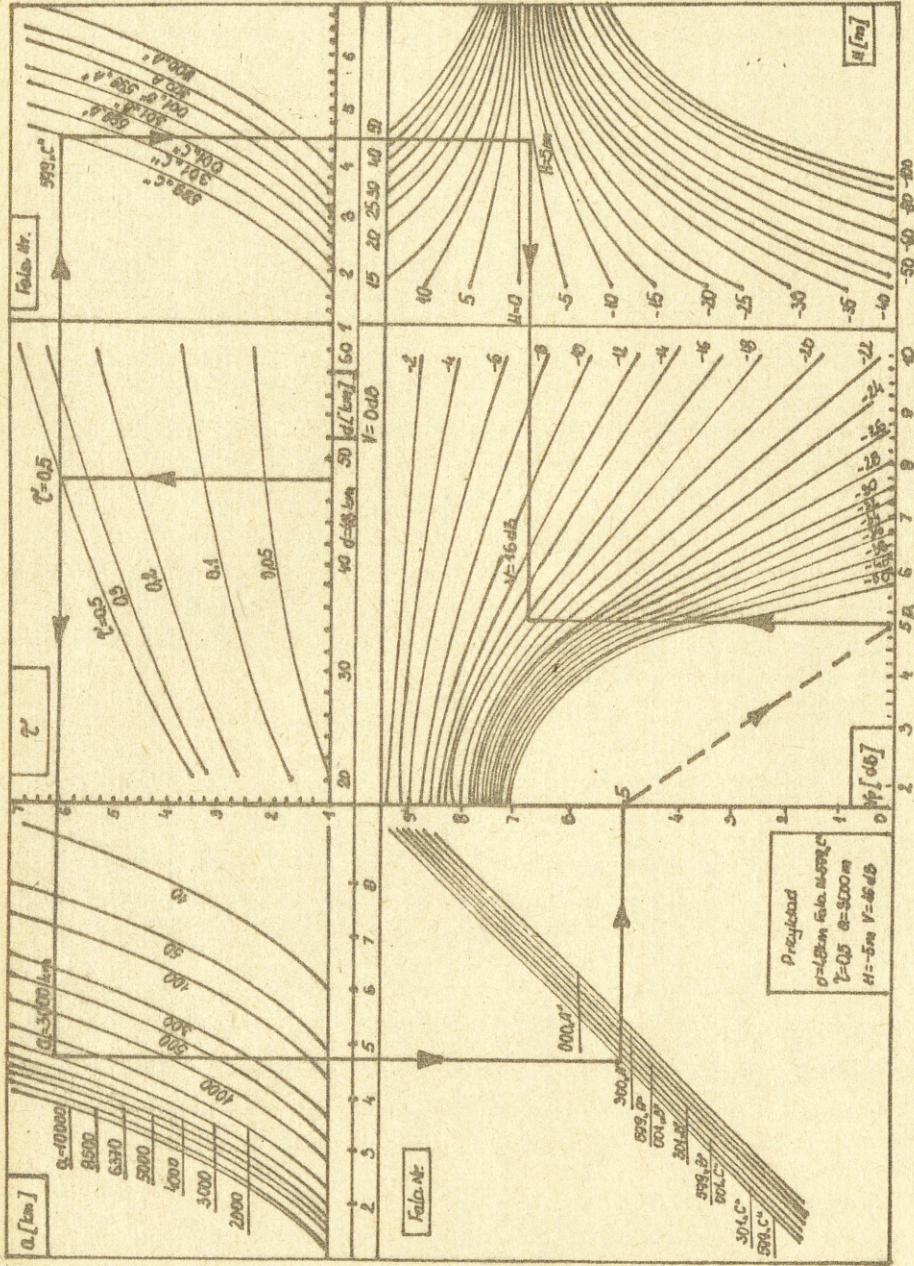
Rys.nr 36. Wyznaczenie geometrycznych parametrów odcinka trasy z jedną przeszkodą.

Ten przypadek odpowiada odcinkowi przelotowemu, posiadającemu jedną przeszkodę w kształcie kopca, wysokość której nad powierzchnią sferyczną otaczającej przestrzeni jest nie mniejsza od przedświtu krytycznego H_0 . Rzeczywisty współczynnik osłabienia, dla tego przypadku określa się za pomocą wykresów przedstawionych na rys.nr 37 dla stacji R-405Z, rys.nr 38 dla stacji R-409M1, rys.nr 39 dla stacji R-404.

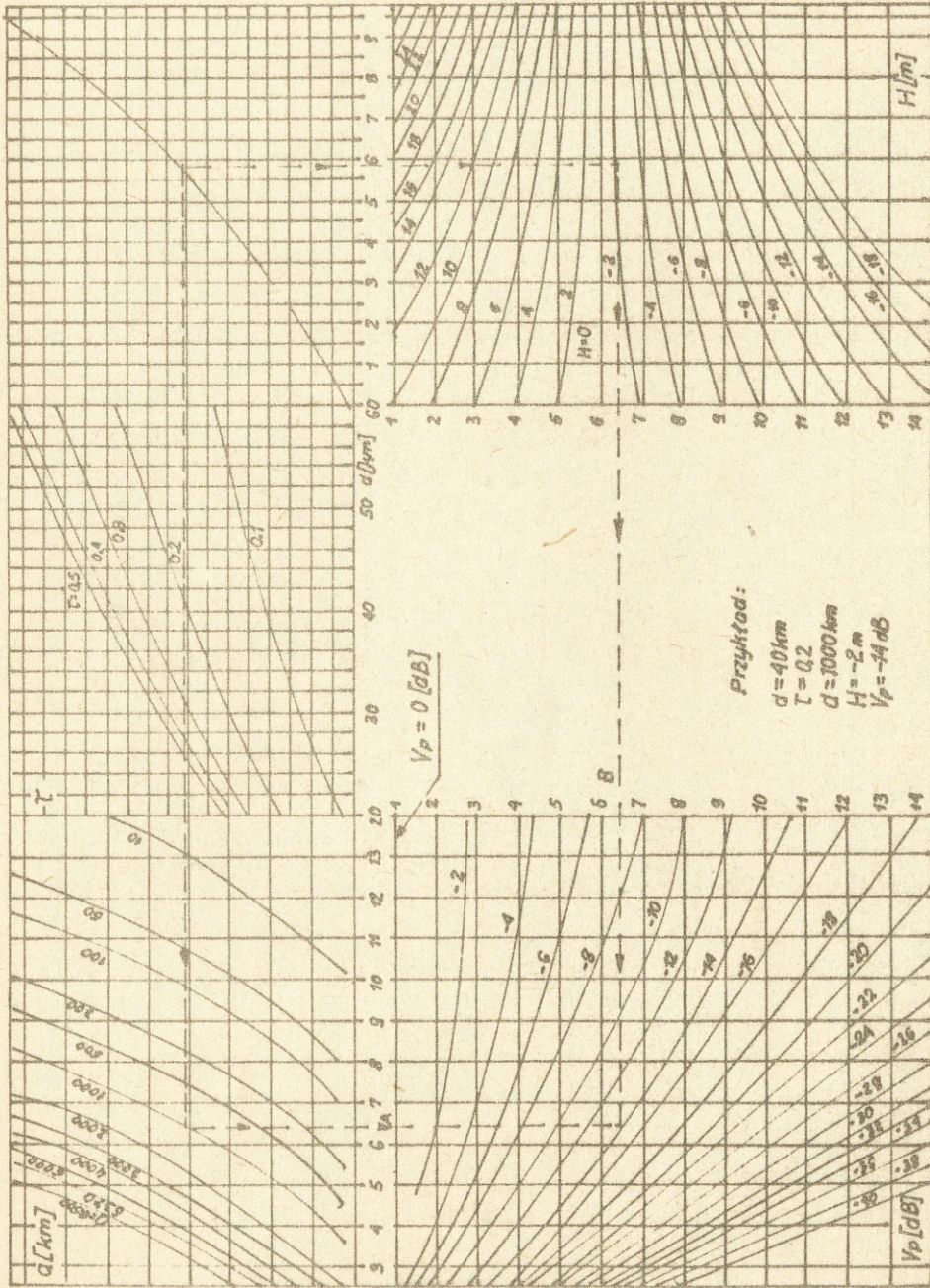
Drugi przypadek /rys.nr 40/. Osłabienie energii fal radiowych na zasłoniętych odcinkach z jedną przeszkodą, której wysokość nad powierzchnią jest mniejsza od H_0 .



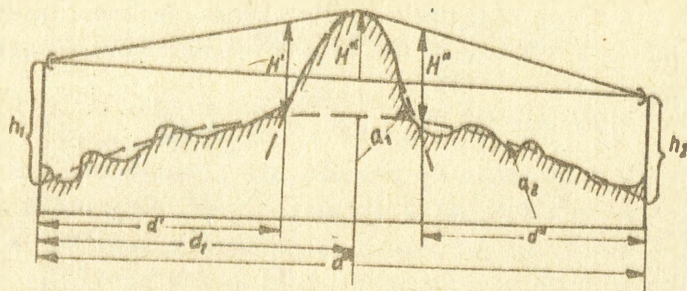
Rys. Nr. 37 Nomogram obliczenia współczynnika rzeczywistego tłumienia odcinka przelotowego stacji R-405 Z



Rys.Nr.38 Wykresy do określania współczynnika osłabienia na odcinkach tras zasłoniętych i na wprost zasłoniętych stacji R-409



Rys. Nr. 39 Wykresy do określania współczynnika osłabienia na odcinkach tras zasłoniętych i na wpół odsłoniętych stacji R-404



Rys.nr 40. Wyznaczanie geometrycznych parametrów odcinka trasy z jedną przeszkodą.

W tym przypadku nie tylko przeszkoda, ale również i końcowe odcinki powierzchni sferycznej /przed i za przeszkodą/ powodują osłabienie energii fal radiowych gdyż znajdują się w pierwszej strefie Fresnela. Podczas określania współczynnika osłabienia należy uwzględnić dwie możliwości:

a/ prześwity H' i H'' nad punktami przecięcia się krzywych aproksymacyjnych a_1 i a_2 są mniejsze niż efektywne wysokości zawieszenia anten nad krzywą a_2 /powierzchnia sferyczna/ tzn. $H' < h_1$ i $H'' < h_2$. W tym przypadku współczynnik osłabienia określa się ze wzoru:

$$V_p = V^x + \frac{V' + V''}{2} \quad [\text{dB}]$$

gdzie: V^x - współczynnik osłabienia na przeszkodzie, określany z wykresów na rys.nr 37 lub 38 albo 39 dla następujących parametrów geometrycznych profili terenu:

$$H = H^x; \quad \mathcal{T} = \frac{d_1}{d^x}; \quad a = a_1; \quad d = d^x$$

V' - współczynnik osłabienia, uwzględniający wpływ lewego odcinka przelotowego, określany z wykresów na rys.nr 37, 38 lub 39 dla następujących parametrów geometrycznych profilu terenu:

$$H = H'; \quad \mathcal{T} = 0,5; \quad a = a_2; \quad d = 2d$$

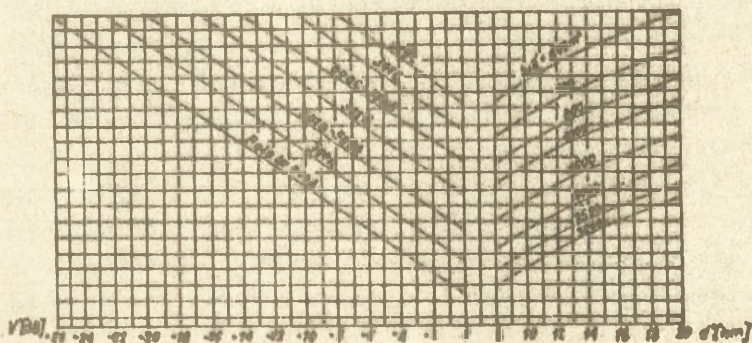
V'' - współczynnik osłabienia, uwzględniający wpływ prawego odcinka przelotowego określany z wykresów na rys.nr 37, 38 lub 39 dla następujących parametrów:

$$H = H''; \quad \mathcal{T} = 0,5; \quad a = a_2; \quad d = 2d''$$

b/ przewidy H' i H'' są większe niż efektywne wysokości zawieszenia anten, tzn. $H' > h_1$ i $H'' > h_2$. W tym wypadku współczynnik osłabienia określa się ze wzoru:

$$V_p = V^x + V' + V'' \quad [\text{dB}]$$

Współczynnik osłabienia V^x określa się identycznie jak w punkcie a. Dla określenia współczynnika osłabienia na lewym końcu odcinka przelotowego V' należy na podstawie wykreślonego profilu terenu wyznaczyć geometryczne parametry d' , H' i h_1 , a następnie z wykresów pomocniczych /rys.nr 41/ znaleźć wartość V' jako funkcję odległości d' , iloczynu $H' \times h_1$ i numeru fali roboczej. Współczynnik osłabienia V'' znajduje się w analogiczny sposób.



Rys.nr 41. Wykresy pomocnicze do wyznaczania współczynnika osłabienia na odcinku R-409 z jedną przeszkodą.

Trzeci przypadek /rys.nr 42/. Osłabienie energii fal radiowych na zasłoniętych i na wpół zasłoniętych odcinkach przelotowych z kilkoma przeszkodami.

Współczynnik osłabienia dla takich odcinków rozpatrujemy jako sumę współczynników osłabienia dla każdej przeszkody oddzielnie na podstawie wykresów z rys. nr 37, 38 lub 39.

Przeszkody I i II /rys.nr 42a/ należy rozpatrywać oddzielnie, jeżeli $X_{1,2}$ od wierzchołka szerszej przeszkody $/a_1 > a_2/$ do punktu przecięcia się linii aproksymujących te przeszkody spełnia zależność:

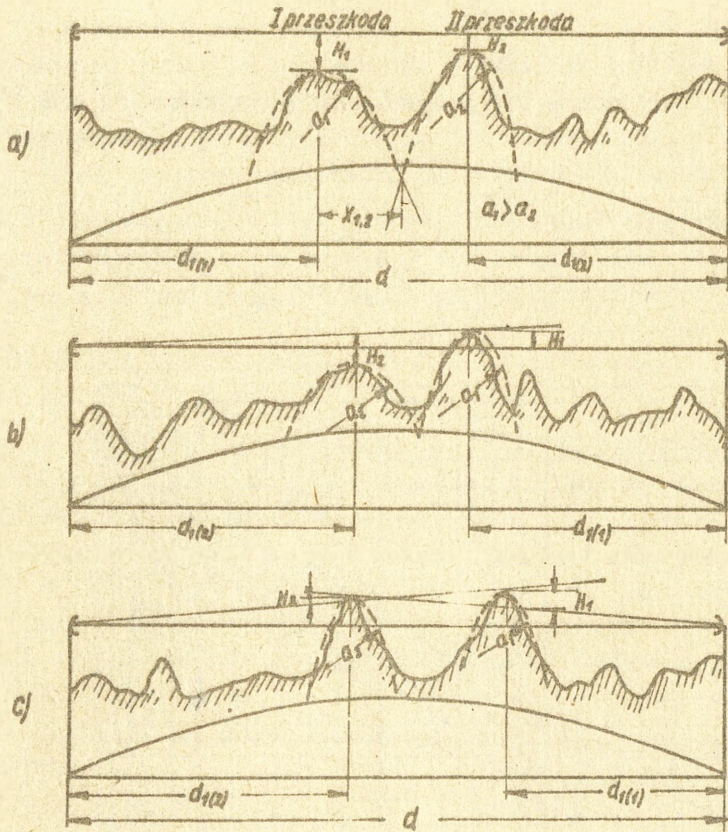
$$X_{1,2} > \beta$$

Wielkość β wyrażoną w kilometrach można obliczyć ze wzoru:

$$\beta = \sqrt[3]{\frac{4a_1^2 \lambda}{\pi}}$$

lub odczytać:

- dla odcinków R-409M1 z wykresu przedstawionego na rys.nr 43;
- dla odcinków R-404 z tabeli nr 4.



Rys.nr 42. Wyznaczanie geometrycznych parametrów odcinka trasy z dwoma przeszkodami.

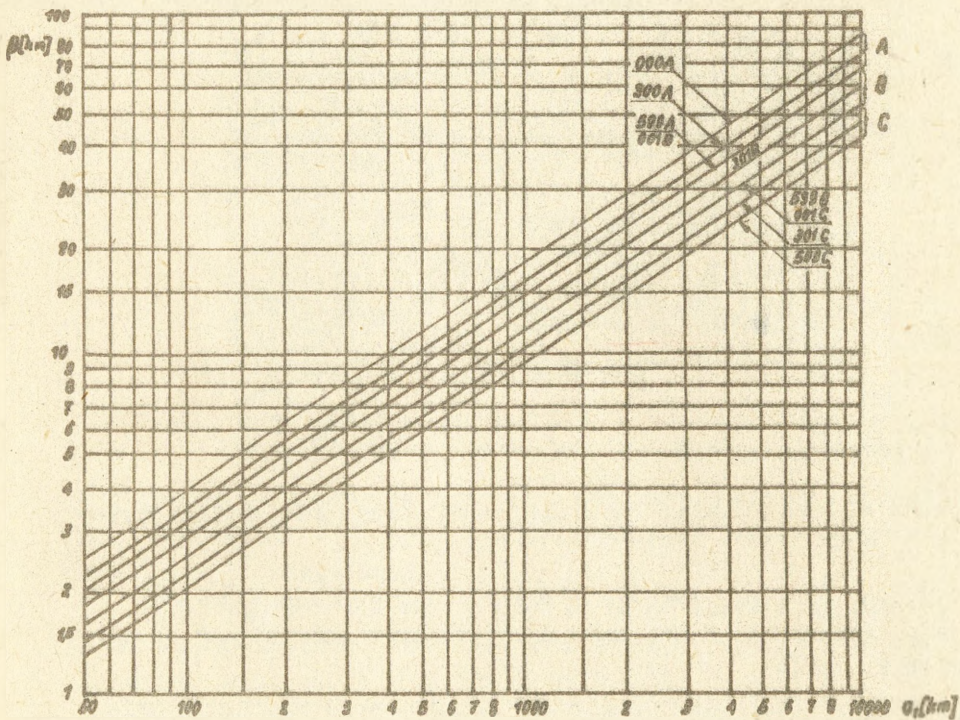
Jeżeli $X_{1,2} < \beta$ to przeszkody należy rozpatrywać łącznie, tzn. jako jedną przeszkodę równoważną o określonych parametrach geometrycznych H , a , τ .

Jeżeli na profilu terenu odcinka przelotowego występują dwie lub więcej przeszkód, to podczas określania prześwitu należy rozróżniać trzy przypadki:

a/ linia bezpośredniej widoczności anten przechodzi powyżej obu przeszkód terenowych. W tym wypadku prześwit H_1 i H_2 określa się od wierzchołków tych przeszkód do linii bezpośredniej widoczności anten /rys.nr 42a/.

b/ linia bezpośredniej widoczności przecina jedną z przeszkód. Przesłonięcie $-H/$ tej przeszkody określa się od linii bezpośredniej widoczności do wierzchołka tej przeszkody, a prześwit $H/$ dla pozostałych przeszkód określa się od linii prostej łączącej bliższą antenę z wierzchołkiem najwyższej przeszkody /rys.nr 42b/.

c/ linia bezpośredniej widoczności przecina kilka przeszkód. W tym wypadku wielkość przesłonięcia dla każdej z przeszkód określa się od wierzchołka danej przeszkody do linii łączącej antenę z wierzchołkiem następnego przeszkody /rys.nr 42c/.



Rys.nr 43. Wykresy do wyznaczania parametru pomocniczego β dla odcinków R-409M1.

PF1202 str. 42

Tabela nr 4.

Wielkość parametru pomocniczego β dla odcinków przelotowych R-404

a_1 /km/	10	20	100	200	300	500	800	1000	2000	3000	5000	6370	8500
β /km/	0,3	0,8	1,3	2,1	2,7	3,8	5,2	6,1	9,6	12,6	17,7	21	25

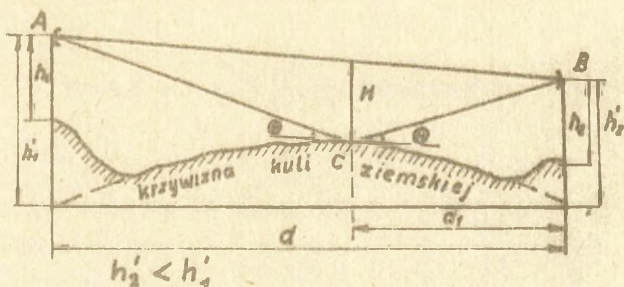
Czwarty przypadek /rys.nr 44/. Osłabienie energii fal na odsłoniętych odcinkach przelotowych.

Osłabienie energii fal radiowych na takich odcinkach nie występuje, jeżeli do punktu odbiorczego nie docierają fale odbite od płaskich odcinków terenu, tzn. $V_p = 0$.

W praktyce obliczenie odsłoniętych odcinków przelotowych stacji R-405Z i R-409M1 sprowadza się do określenia na danym profilu terenu płaszczyzn, od których możliw jest odbicie fal radiowych. Następnie przez zmianę wysokości zawieszenia anten i umiejscowienia stacji radioliniowych należy dążyć do tego, aby prześwit nad punktem możliwych odbić H_1 był nie większy niż $1,73H_0$, tzn. powinien być spełniony warunek: $H_0 < H_1 \leq 1,73H_0$, wówczas dla takich odcinków przelotowych można przyjąć, że $V_p = 0$. Wartość H_0 należy określać z wykresów przedstawionych na rys. nr 25 lub 26.

Obliczenia odsłoniętych odcinków przelotowych stacji R-404 sprowadza się do określenia na danym profilu terenu płaszczyzn o długości nie mniejszej niż 4km, na których mogą występować odbicia fal /woda, łąka, ugór itp/. Następnie należy określić współrzędną względną ζ środka odbicia fal oraz wielkość prześwitu rzeczywistego H nad punktem odbicia /rys.nr 44/. Współrzędną względną ζ oblicza się ze wzoru:

$$\zeta = \frac{d_1}{d} = \frac{\sqrt{h_2'}}{\sqrt{h_1'} + \sqrt{h_2'}}$$



Rys.nr 44. Przykładowy profil do określania punktu odbicia na odcinku trasy R-404.

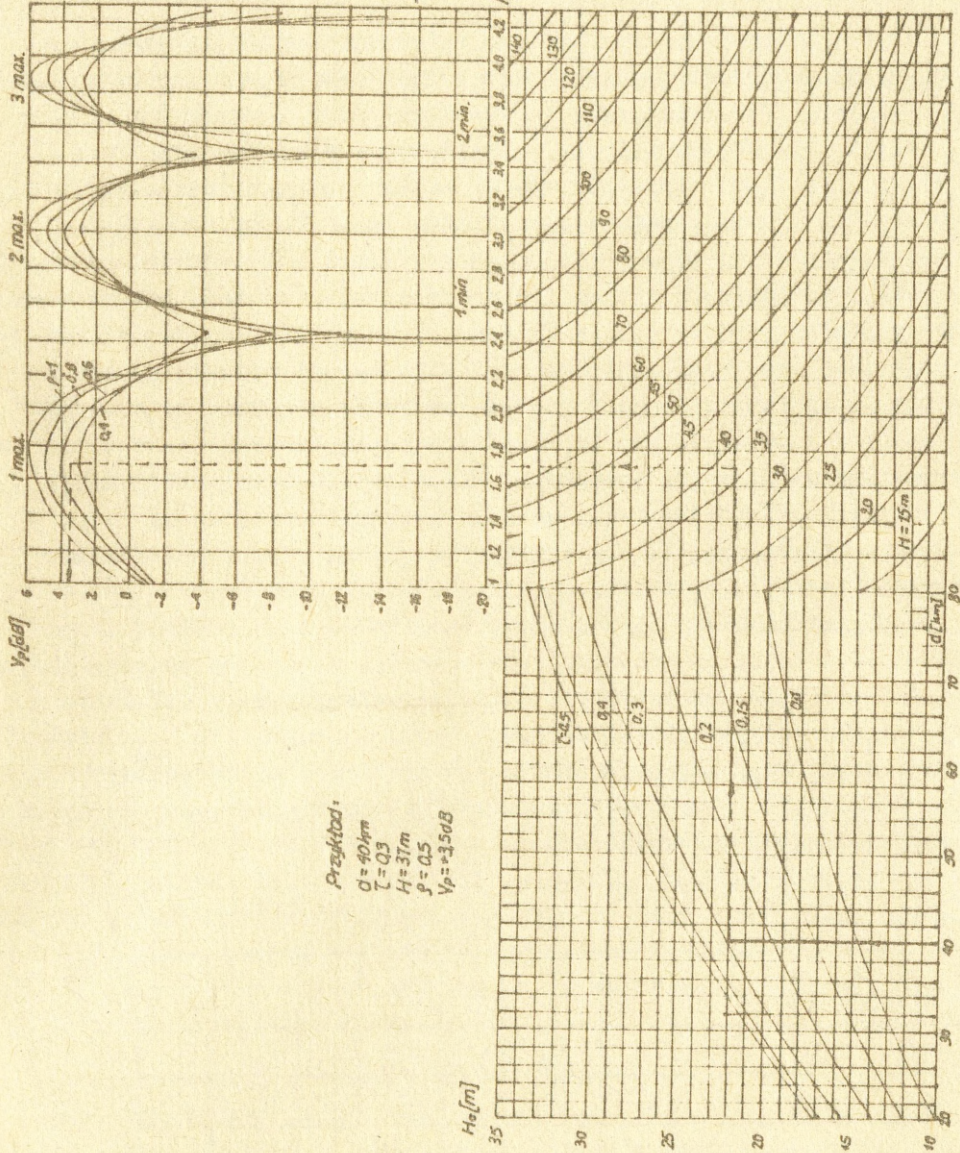
Jeżeli wartość prześwitu rzeczywistego $/H/$ nad punktem odbicia fal nie przekracza maksymalnie dopuszczalnej wielkości $H_{\max \text{ dop.}}$ /określonego z wykresu na rys.nr 29/, to można przyjąć, że $V_p = 0$.

Jeżeli prześwit rzeczywisty $/H/$ jest większy od dopuszczalnego $/H_{\max \text{ dop.}}/$ wówczas należy określić rzeczywistą wartość współczynnika osłabienia $/V_p/$ z wykresów przedstawionych na rys.nr 45, po uprzednim ustaleniu parametrów d , H , τ i współczynnika odbicia $/\xi/$ powierzchni odbijającej. W wypadku gdy długość odcinka jest mniejsza od 20km należy wyznaczyć jeszcze prześwit względny $h_0 = H/H_0$ w punkcie odbicia fali. Wartości h_0 naniesione są na osi odciętych górnego wykresu. W tym wypadku wartość V_p określa się tylko z górnego wykresu w zależności od wielkości prześwitu względnego h_0 w punkcie odbicia.

Dla zakresu roboczego stacji R-404 wartość współczynnika odbicia ξ podano w tabeli nr 5.

Tabela nr 5.

Charakter powierzchni odbijającej	ξ
Powierzchnia wody i zasolonych mokradeł	0,9 - 0,95
Łąki, rozlewiska, mokradła	0,8 - 0,9
Srednio popładkowana gleba uprawna	0,5 - 0,7



Przykład:
 $D = 40\text{km}$
 $L = 0.3$
 $H = 37\text{m}$
 $\rho = 0.5$
 $V_p = +3.5\text{dB}$

Rys. Nr. 45 Wykresy do określania współczynnika osłabienia na odcinkach tras odsłoniętych stacji R-404

2.5.5. Ocena poszczególnych odcinków trasy i linii radiowej jako całości.

Dla oceny każdego odcinka trasy należy porównać otrzymaną wartość rzeczywistego współczynnika osłabienia V_p z dopuszczalną wartością osłabienia fal $V_{p \text{ dop.}}$ danego odcinka trasy.

Jeżeli wartość bezwzględna rzeczywistego współczynnika osłabienia jest mniejsza /lub równa/ od bezwzględnej wartości dopuszczalnego współczynnika osłabienia, tzn. $V_p \leq V_{p \text{ dop.}}$, to należy uznać, że dany odcinek trasy jest dobry.

Jeżeli na którymkolwiek odcinku przelotowym wartość bezwzględna rzeczywistego współczynnika osłabienia będzie większa od wartości bezwzględnej dopuszczalnego współczynnika osłabienia, to dany odcinek należy zamienić na bardziej korzystny z osłabieniem energii fal radiowych mniejszym od dopuszczalnego. Gdyby wybór innego odcinka był utrudniony, to należy przeprowadzić ocenę całej linii radiowej, tzn. sprawdzić, czy nie wystąpi kompensacja wzajemnego tłumienia fal danego odcinka trasy przez pewną "rezerwę" tłumienności, występujących na innych "łżejszych" odcinkach trasy.

Dokonując obliczeń poszczególnych odcinków trasy należy sporządzić tabelkę pomocniczą /tabela nr 6/, do której wpisuje się długości odcinków przelotowych d , najwyższe numery fal roboczych N_{max} oraz wyniki obliczeń wartości dopuszczalnych $V_{p \text{ dop.}}$ i rzeczywistych V_p współczynników osłabienia dla poszczególnych odcinków przelotowych. Wypełniona tabelka posłuży do oceny całej linii radiowej.

Tabela nr 6.

Nr odcinka przelotowego	1	2	3	4	5	itd.			
d /km/	40	38							
N_{max}	151B	433P							
$V_{p \text{ dop.}}$ /dB/	-29,5	-27							
V_p /dB/	-26	-22							

2.6. Wyznaczanie azymutów dla poszczególnych stacji radioliniowych.

Czas nawiązywania łączności i zestrainia całej linii radiowej w znacznym stopniu zależy od dokładnego zorientowania anten między poszczególnymi stacjami. Jest to szczególnie ważne dla linii radiowych pracujących w zakresie fal decymetrowych, gdzie kierunkowość promieniowania anten jest znaczna.

Orientowanie anten na korespondenta przeprowadza się już w czasie rozwijania stacji radioliniowej. Orientowanie to odbywa się za pomocą busoli na podstawie wyznaczonych azymutów magnetycznych dla poszczególnych stacji radioliniowych. Azymuty te określa się w czasie planowania łączności na podstawie mapy topograficznej.

Określając na mapie kierunki /kąty położenia/ z danego punktu na punkty rozmieszczenia sąsiednich stacji radioliniowych korzysta się zwykle z pionowych linii siatki kilometrowej, względem których łatwo i szybko można zmierzyć /nanieść/ azymut topograficzny. W terenie zaś kierunki te /kąty/ określa się za pomocą busoli tj. jako azymuty magnetyczne, których nie da się zmierzyć bezpośrednio na mapie, ponieważ nie ma na niej zaznaczonego południka magnetycznego.

Jak wiadomo z topografii, kierunki linii pionowych siatki współrzędnych nie pokrywają się z kierunkami południków geograficznych /tworzą z nimi kąt γ , zwany zbieżnością południków/, a te z kolei nie pokrywają się z południkiem magnetycznym /tworzą z nim kąt δ zwany zboczeniem magnetycznym/. Z powyższego wynika, że i pionowe linie siatki kilometrowej nie pokrywają się z kierunkiem południka magnetycznego /tworzą z nim kąt Δ , zwany uchyleniem magnetycznym/. Oprócz tego, zboczenie magnetyczne w różnych punktach kuli ziemskiej jest różne i składa się z kątów zbieżności południków i zboczenia magnetycznego

$$\Delta = (\pm \delta) - (\pm \gamma)$$

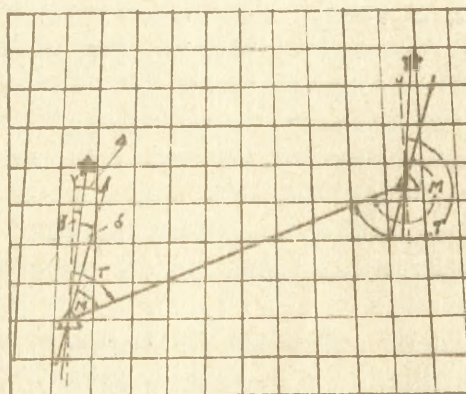
Aby więc dokładnie określić azymut magnetyczny dla anten stacji radioliniowych należy do określonego z mapy azymutu topograficznego /T/ wnieść poprawkę o wartości uchylenia magnetycznego / Δ /. Wartość uchylenia magnetycznego i jego składowych umieszcza się pod południową ramką każdego arkusza mapy w formie objaśnienia z odpowiednim szkicem i wartościami liczbowymi.

Jeśli na mapie podano, że uchylenie magnetyczne jest wschodnie /+/, to poprawkę należy odjąć od azymutu topograficznego, jeśli zaś zachodnie /-/- to należy dodać.

Ogólny wzór na przeliczenie wygląda więc następująco:

$$M = T - / \pm \Delta /$$

Sposób określenia azymutów topograficznego i magnetycznego z uwzględnieniem poprawek, poglądowo przedstawiono na rys.nr 46 /dla wschodniego uchylenia magnetycznego/. Jak łatwo zauważyć, azymuty dla obu współpracujących ze sobą stacji radiolinowych różnią się zawsze o 180° .



Rys.nr 46. Określanie azymutu topograficznego i magnetycznego na mapie.

2.7. Dobór fal roboczych.

Ważnym zagadnieniem w czasie planowania i eksploatacji linii radiowych jest prawidłowy dobór częstotliwości roboczych do urządzeń nadawczych i odbiorczych zapewniających kompatybilną ich pracę w ramach całego systemu łączności.

Kompatybilny dobór częstotliwości pracy polega na takim ich wyborze dla poszczególnych urządzeń, aby nie występowały zakłócenia pracy odbiorników przez nadajniki tej samej stacji, jak i nadajniki innych stacji radiolinowych oraz inne urządzenia promieniujące energią elektromagnetyczną /nadajniki radiowe, radiotelefoniczne, telewizyjne itp./. Przy doborze częstotliwości należy rozpatrywać

kompatybilność zarówno w strefie dalekiej jak i w strefie bliskiej.
Problematyka dotycząca doboru fal roboczych przedstawiona jest
w materiałach KTWE pt.: "Zasady planowania rozdziału częstotliwości
radioliniowych z uwzględnieniem kompatybilności elektromagnetycznej"

BIBLIOGRAFIA

1. Podręcznik. "Wybrane zagadnienia techniczne i organizacyjno-
eksploatacyjne linii radiowych". Wyd.MON. Nr BN Pz 15895.
2. Podręcznik. M.P.Dożuchanow. "Rozchodzenie się fal radiowych".
Wyd.PWN. Nr BN 51466.
3. Podręcznik. W.Lisicki. "Propagacja fal radiowych". Wyd.KiE.
4. Instrukcja. "Stacja radioliniowa R-409M-1". Wyd.MON. Nr BN
Pz 17726.
5. Vademecum łączności szczebla taktycznego. Wyd.ASG WP. Nr BN 01099.

OPRACOWAŁ

ppłk dr inż. Stanisław JĘDRUSZCZAK

Wydrukowano w 20 egz.
Egz. nr 1-20 - Bibl.Nauk.DZS
Wyk. ppłk JędruszczaK
Druk U.S.dn.18.6.85 r.
Druk ASG WP pf323/pf1409/WW

