

**AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP**

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH  
KATEDRA TAKTYKI WOJSK ŁĄCZNOŚCI

ASG WP wewn. 4021/86

**JAWNE** ~~ZASTRZEŻONE~~

**POUFNE**

Egz. nr 2



Płk dr Władysław BRYLIŃSKI

ZASADY PLANOWANIA ROZDZIAŁU CZĘSTOTLIWOŚCI  
RADIOWYCH Z UWZGLĘDNIENIEM KOMPATYBILNOŚCI  
ELEKTROMAGNETYCZNEJ.  
ROZMIESZCZENIE ŚRODKÓW RADIOWYCH  
NA WĘZŁACH ŁĄCZNOŚCI

Skrypt

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM  
Nr ewid. 60218  
Akademii Broni

WARSZAWA

MARZEC

1986



473

56

54

# AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

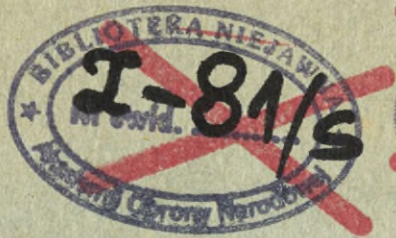
WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH  
KATEDRA TAKTYKI WOJSK ŁĄCZNOŚCI

ASG WP wewn. 4021/86

**JAWNE** ~~ZASTRZEŻONE~~

POUFNE

Egz. nr 2



Płk dr Władysław BRYLIŃSKI

ZASADY PLANOWANIA ROZDZIAŁU CZĘSTOTLIWOŚCI  
RADIOWYCH Z UWZGLĘDNIENIEM KOMPATYBILNOŚCI  
ELEKTROMAGNETYCZNEJ.  
ROZMIESZCZENIE ŚRODKÓW RADIOWYCH  
NA WĘZŁACH ŁĄCZNOŚCI

Skrypt

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM  
Nr ewid.  
60218

Przeklasyfikowana z ~~tajne~~ na ~~tajne~~  
podstawa przekl. Wykaz Aktualnych Wojskowych  
Wydawnictw Wewnętrznych szt. gen. 1527/01  
data i podpis 13.12.05 Kolek Anna Jk

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO WP

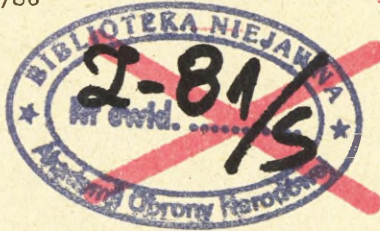
WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH  
KATEDRA TAKTYKI WOJSK ŁĄCZNOŚCI

ASG WP wewn.4021/86

ZASTRZEŻONE

POUFNE  
Egz.nr ... 2

JAWNE

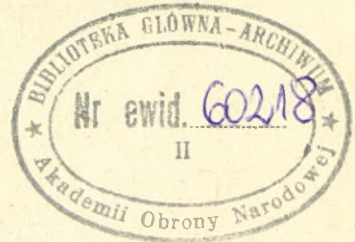


Płk dr Władysław BRYLINSKI

ZASADY PLANOWANIA ROZDZIAŁU CZĘSTOTLIWOŚCI RADIOWYCH  
Z UWZGLĘDNIENIEM KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ.  
ROZMIESZCZENIE ŚRODKÓW RADIOWYCH NA WĘZŁACH ŁĄCZNOŚCI

Przeklasyfikowana z ~~tajne~~ na ~~tajne~~  
podstawa przekl. Wykaz Aktualnych Wojskowych  
Wydawnictw Wewnętrznych szt. gen. 1527/01  
data i podpis 15.10.2005 Kolek Anna Jk

Skrypt



WARSZAWA

MARZEC

1986 r.

## I. ZASADY DOBORU I WYZNACZANIA CZĘSTOTLIWOŚCI RADIOWYCH Z PUNKTU WIDZENIA PROPAGACJI FAŁ ELEKTROMAGNETYCZNYCH.

Łączność radiowa jest podstawowym rodzajem łączności w działaniach bojowych na szczeblach taktycznych.

Realizacja przesyłania wiadomości na odległość drogą radiową odbywa się poprzez promieniowanie fal elektromagnetycznych /radiowych/ od urządzenia nadawczego /nadajnika/ do urządzenia odbiorczego /odbiornika/ przy wykorzystaniu odpowiednio anten nadawczych i odbiorczych.

Rzprzestrzenianie się fal radiowych jest zależne od wielu czynników pozostających poza wpływem człowieka, a więc możliwościami oddziaływania na nie. Występują one obiektywnie, a ich wpływ charakteryzują prawa fizyki.

Fale radiowe są falami elektromagnetycznymi stanowiącymi wzajemnie skojarzone pole elektryczne i magnetyczne rozprzestrzeniające się w środowisku otaczającym źródło tego promieniowania /atmosfera/ z szybkością zbliżoną do prędkości światła, tj. około 300 tys. km/sek. Proces rozprzestrzeniania się fal radiowych polega na wywołaniu w kolejnych obszarach przestrzeni zmiennych pól elektrycznych przez pola magnetyczne. Długość trasy, na której odbywa się cykl zmiany składowych fali elektromagnetycznej, nazywa się długością fali i jest ona ściśle współzależna od częstotliwości generowanej przez nadajnik. Współzależność tę określa wzór<sup>x/</sup>.

$$\lambda_{(m)} = \frac{300}{f \text{ (MHz)}} \quad \text{lub} \quad f \text{ (MHz)} = \frac{300}{\lambda_{(m)}}$$

x/ podane wzory odnoszą się do próżni i atmosfery. W innych środowiskach szybkość rozprzestrzeniania się fal jest mniejsza, a ponadto występują inne zależności.

Fale radiowe rozprzestrzeniają się różnymi drogami. Uzależnione jest to od wielu złożonych czynników, które mogą wpływać bezpośrednio lub pośrednio. Wśród tych czynników można wyodrębnić trzy zasadnicze grupy:

- a/ czynniki naturalne /obiektywne/;
- b/ czynniki eksploatacyjne;
- c/ czynniki celowe /planowane/.

Każda z tych grup oddziaływa w specyficzny dla siebie sposób. Praktycznie jednak nie będą one występowały oddzielnie, lecz wzajemnie się łączyły lub nakładały i w sposób kompleksowy będą wpływały na organizowanie i eksploataowanie systemów łączności.

Do pierwszej grupy czynników zaliczamy:

- właściwości budowy atmosfery ziemskiej;
- położenia geograficznego punktów nadawczych i odbiorczych;
- pory roku i doby;
- wpływ aktywności słonecznej;
- zakłócenia galaktyczne, atmosferyczne i przemysłowe.

Do drugiej grupy zaliczamy:

- częstotliwość pracy;
- rodzaje emisji;
- rodzaje i charakterystyki wykorzystywanych anten.

Do trzeciej grupy zaliczamy:

- wybuchy jądrowe;
- zakłócenia ze strony przeciwnika.

W rzeczywistości fale radiowe rozprzestrzeniają się:

- na styku różnych środowisk: atmosfery i ziemi;
- poprzez troposferę;
- poprzez jonosferę.

Oddziaływanie rzeczywistego środowiska na propagację fal radiowych jest przyczyną wzrostu tłumienia natężenia pola elektromagnetycznego, a ponadto determinuje ono sposoby propagacji fal.

W wojskowych systemach łączności wojsk lądowych wykorzystywane są następujące rodzaje propagacji fal radiowych:

- fale przyziemne, wykorzystywane w łączności krótko- i ultrakrótkofalowej, które w zależności od wysokości zawieszenia anten mogą rozprzestrzeniać się bezpośrednio nad powierzchnią ziemi - tzw. fale powierzchniowe, oraz w pewnej odległości od ziemi - tzw. fale przestrzenne. Obok tych dwóch podstawowych rodzajów fal przyziemnych można wyodrębnić pośredni rodzaj - fale przyziemną typu ogólnego;
- fale troposferyczne, które są wykorzystywane w łączności ultrakrótkofalowej. Fale docierają do punktu odbioru za pośrednictwem troposfery w wyniku rozproszenia lub superrefrakcji;
- fale jonosferyczne, które są wykorzystywane przede wszystkim w łączności krótkofalowej. Wypromieniowana przez antenę nadawczą fala elektromagnetyczna rozprzestrzenia się pionowo lub pod odpowiednim kątem w kierunku do jonosfery, w niej załamuje się /zjawisko refrakcji/ i wraca z powrotem na ziemię /do anteny odbiorczej/.

Fala powierzchniowa występuje wówczas, gdy wysokość zawieszenia anten  $h_{ant}$  jest mniejsza od długości fali roboczej  $\lambda$ , tzn. gdy występuje nierówność  $h_{ant} \ll \lambda$ . Zasięg łączności radiowej organizowanej za pomocą fal powierzchniowych jest ograniczony dwoma czynnikami:

- pochłanianiem energii fali przez ziemię/prądy ciepłe/;
- kulistością ziemi.

Pole elektromagnetyczne fali powierzchniowej rozprzestrzenia się zarówno nad ziemią /w troposferze/, jak i pod jej powierzchnią /na nieznacznych głębokościach/. Ponieważ ziemia jest półprzewodnikiem, pole elektromagnetyczne powoduje powstawanie w niej prądów, wydzielających na jej oporności rzeczywistej pewną ilość mocy. Ubytek mocy na prądy cieplne w ziemi powoduje jej tłumienie. W dużym przybliżeniu można określić, że natężenie pola elektromagnetycznego fali powierzchniowej zmniejsza się odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości, tj.:

$$E = A \frac{\sqrt{P/KW} \cdot G}{r^2 /km/}$$

gdzie: A - współczynnik uwzględniający faktyczną tłumienność trasy;  
G - zysk anteny nadawczej.

Uwzględniając kulisty kształt ziemi, dodać należy, że tłumienie pola elektromagnetycznego fali powierzchniowej dodatkowo wzrasta poza horyzontem radiowym. Horyzont radiowy jest znacznie większy od geometrycznego dzięki właściwościom dyfrakcyjnym fal radiowych /właściwości fal pokonywania nierówności terenowych i kulistości ziemi/.

Właściwości dyfrakcyjne fal radiowych są większe na niższych częstotliwościach i mniejsze na wyższych częstotliwościach.

Ziemię jako płaską można traktować na trasach o długościach:

$$d /km/ = \frac{80}{\sqrt[3]{f /MHz/}}$$

i dla wybranych częstotliwości wielkość horyzontu radiowego wynosi:

f /MHz/	1	8	27	64
f /m/	300	37,5	ok. 11,11	ok. 4,7
d /km/	80	40	26,6	20

Natomiast horyzont geometryczny przy wysokościach zawieszenia anten /nadawczej i odbiorczej/  $h_n = h_o = 100$  wynosi:

$$d_{/km/} = 3,57 \sqrt{h_n} + \sqrt{h_o} \quad 10,1 \text{ km}$$

Ze względu na znaczne tłumienie natężenia pola fali powierzchniowej, zwłaszcza poza horyzontem radiowym, zasięg łączności radiowej jest relatywnie nieduży i może wynosić:

- w zakresie fal krótkich do 80 km;
- w zakresie fal ultrakrótkich do 30 km.

Należy podkreślić, że podane wyżej zasięgi uzyskiwane są na najniższych częstotliwościach radiostacji. Dlatego też, zaleca się do pracy falą powierzchniową wykorzystywać dolne zakresy częstotliwości /np. w radiostacji R-118 pasmo 1-3 MHz/.

Fala przestrzenna występuje wówczas, gdy wysokość zawieszenia anten jest znacznie większa od długości wykorzystywanych fal

$$h_{ant} \gg \lambda$$

oraz gdy odległość między nadajnikiem a odbiornikiem wynosi około

$$d_{/km/} = 4 \sqrt{h_{n/m/}} + \sqrt{h_{o/m/}}$$

Fale tego typu wykorzystywane są przede wszystkim w łączności radioliniowej.

Fala typu ogólnego posiada określone właściwości fali powierzchniowej oraz przestrzennej. Występuje ona wówczas, gdy wysokość zawieszenia

anten w przybliżeniu równa się długości fali. Fale typu ogólnego są coraz powszechniej stosowane w radiowej łączności ultrakrótkofalowej. Ich zastosowanie stało się możliwe w wyniku wprowadzenia masztów antenowych radiostacji o wysokości około 10m /np. w radiostacji R-137 - do zawieszenia anteny objętościowej/.

Dzięki podniesieniu anten i wykorzystaniu fali typu ogólnego zasięg radiowej łączności ultrakrótkofalowej na postoju wzrósł 2-3-krotnie.

Fale troposferyczne wykorzystywane w łączności ultrakrótkofalowej pozwalają uzyskać łączność na odległościach znacznie przekraczających wielkości horyzontu radiowego. Pozahoryzontalna propagacja troposferyczna może odbywać się przez superrefrakcję oraz rozproszenie troposferyczne.

Superrefrakcja polega na wielokrotnym załamaniu się fali w ramach sporadycznie powstających w troposferze "duktów" przyziemnych i wzniesionych. Współczynnik refrakcji /załamania się fali/ w troposferze zależy od rozkładu temperatury, ciśnienia i wilgotności w funkcji wysokości.

Drugim, a zarazem podstawowym rodzajem pozahoryzontalnej propagacji fal ultrakrótkich jest wykorzystanie fali rozproszonej w troposferze. Zjawisko stałego rozproszenia fali występuje w wyniku fluktuacji współczynnika refrakcji fali w poszczególnych obszarach troposfery /zmiany ciśnienia, temperatury i wilgotności powietrza/. Dzięki temu zjawisku występujące na różnych wysokościach /do 15km nad powierzchnią ziemi/ można zapewnić łączność na znaczną odległość. Wymagane są jednak nadajniki o dużych mocach i zyskach urządzeń antenowych, aby nieznaczny procent energii elektromagnetycznej rozproszonej w kierunku do odbiornika zapewnił na jego wejściu pożądaną poziom sygnału.

Wykorzystanie fal rozproszonych w troposferze jest perspektywi-

czynym sposobem organizacji łączności. Aktualnie w wojskowych systemach łączności fale troposferyczne są wykorzystywane do zapewnienia łączności radiowej za pomocą radiostacji R-137, które umożliwiają uzyskanie zasięgów:

- na postoju do 150km;

- w ruchu do 70km.

Dalsze badania prowadzone przez Wojskowy Instytut Łączności wykazały, że przy zastosowaniu anten o dużych zyskach zasięgi te znacznie wzrastają.

Fale jonosferyczne wykorzystywane są przede wszystkim w łączności krótkofalowej. Do pracy za pomocą tego rodzaju promieniowania należy wyznaczać częstotliwości ze ściśle określonego zakresu limitowanego "od dołu" najniższą częstotliwością użytkową, zwaną LUF oraz "z góry" maksymalną częstotliwością pracy zwaną MUF.

Najniższa częstotliwość użytkowa /LUF/ jest to taka częstotliwość, dla której natężenie sygnału na wejściu odbiornika będzie co najmniej równe jego czułości. LUF będzie różna w zależności od mocy nadajnika /tym niższa im większa moc/

$$LUF_{R-140} < LUF_{R-118} < LUF_{R-130}$$

oraz w zależności od rodzaju emisji /np. w odniesieniu do radiostacji R-140/

$$LUF_{A-1} < LUF_{A3J} < LUF_{A3H}$$

Maksymalna częstotliwość pracy /MUF/ jest to taka częstotliwość, przy wykorzystaniu której nastąpi jeszcze załamanie fali w jonosferze i jej powrót na ziemię do określonego punktu. MUF będzie różna przede wszystkim w zależności od długości trasy /tym większa im dłuższa trasa/

$$MUF_{d=100km} < MUF_{d=500km} < MUF_{d=2000km}$$

Tłumienie pola fali jonosferycznej, zwane absorpcją, jest tym większe, im niższa częstotliwość /dłuższa fala/ jest wykorzystywana do zapewnienia łączności. Oznacza to, że kryterium ograniczenia "od dołu" wykorzystywanego zakresu częstotliwości jest wzrastające tłumienie /absorpcja/ pola fali /ograniczenie tłumieniowe/.

Czynnikiem ograniczającym "z góry" zakres częstotliwości wykorzystywany do pracy falą jonosferyczną jest zdolność odbicia fali od jonosfery /ograniczenie częstotliwościowe/. Oznacza to, że od jonosfery odbijają się fale do określonej częstotliwości, natomiast o wyższych częstotliwościach przenikają jonosferę.

Wartości najniższych częstotliwości użytkowych /LUF/ i maksymalnych częstotliwości pracy nie są stałe i zmieniają się w zależności od długości tras i stopnia jonizacji jonosfery w czasie i punkcie odbicia fali.

W jonosferze występują trzy stałe obszary jonosferyczne D, E i F, a ponadto sporadycznie może występować warstwa  $E_s$ . Na rozprzestrzenianie się fal krótkich wpływają przede wszystkim obszary E i F.

Obszar E obejmuje warstwę E występującą stale na wysokości ponad 100km oraz warstwę sporadyczną  $E_s$ , występującą przez kilka godzin na dobę /głównie w dzień i latem/ nad warstwą E.

Obszar F obejmuje dwie warstwy:  $F_1$ - pojawiającą się na ogół w lecie i tylko w dzień na wysokości około 160km i  $F_2$ - utrzymującą się stale na wysokościach w dzień 210-260km i w nocy około 320km. Decydujący wpływ na propagację fal krótkich wywiera warstwa  $F_2$  i na niższych częstotliwościach w dzień - warstwy E i  $E_s$ , natomiast warstwa  $F_1$  odgrywa drugoplanową rolę.

Ponieważ maksymalne częstotliwości pracy nie gwarantują stabilnej łączności /gęstość jonizacji ulega fluktuacji/ praktycznie stosuje się optymalne częstotliwości pracy /FOT/ nieco niższe od MUF.

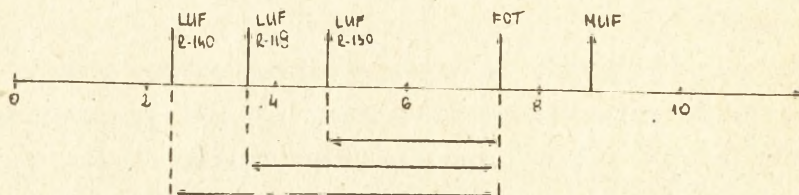
- FOT = 0,85 MUF przy odbiciu od warstwy  $F_2$  /ulegającej dużym wahaniom/;

- FOT = 0,97 MUF przy odbiciu od warstwy E /wysoco stabilnej/.

Optymalne częstotliwości pracy /FOT/ gwarantują najwyższe prawdopodobieństwo łączności /około 90% /. Jednak ze względu na znaczne wahania MUF /a tym samym i FOT/ praktycznie częstotliwości robocze do pracy falą jonosferyczną należy wybierać z przedziału pomiędzy LUF i FOT:

$$LUF \leq \text{robocze} \leq FOT$$

Przedziały te są różne dla radiostacji o różnych mocach. Dla radiostacji małej mocy należy wybierać częstotliwości bliskie FOT, natomiast dla radiostacji większych mocy mogą być bardziej odległe od FOT.



Szerokość pasm częstotliwości jest stosunkowo niewielka. Dla tras łączności nie przekraczających odległości 200km mogą one wahać się w granicach:

- w dzień 2 - 3kHz;
- w nocy 1,5 - 2,5kHz.

Ujemną cechą łączności radiowej na falach jonosferycznych jest występowanie zaników w odbiorze. Na krótkich trasach zaniki odbioru powstają przede wszystkim w wyniku:

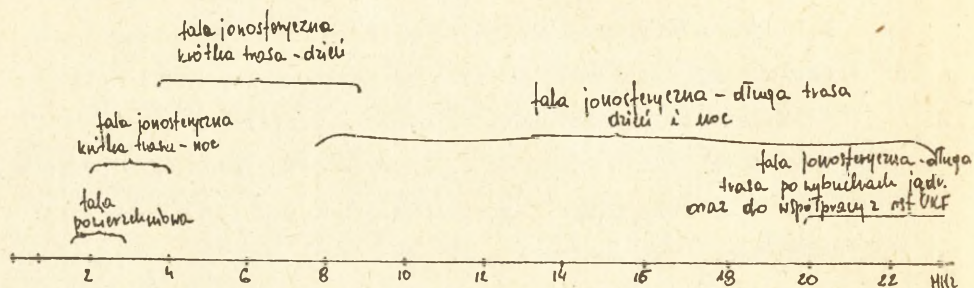
- interferencji fal docierających do punktu odbioru różnymi trasami /nakładanie się fal odbitych w obszarze E i F/;

- zmian natężenia sygnału z powodu niezgodności polaryzacji fali jonosferycznej /eliptyczna/ z polaryzacją anteny odbiorczej /pozioma/, a także niestałości absorpcji fali w jonosferze w zależności od obszaru jonosfery;
- chwilowych zmian gęstości elektronowej poszczególnych warstw /lub w poszczególnych warstwach/ jonosfery i w konsekwencji właściwości załamania się fal/np. fale mogą nie powracać na ziemię/.

Powyższe czynniki oraz fakt, że długości tras radiowych na szczeblu armii ulegają stałym wahaniom determinują konieczność /przy praktycznych odległościach - do 50-60km/ przechodzenia do pracy falą powierzchniową /zmieniając anteny pionowego promieniowania na anteny do pracy falą przyziemną/. W tym przypadku mogą być wykorzystane częstotliwości robocze przeznaczone do pracy na falach jonosferycznych w nocy /tj. stosunkowo niskie częstotliwości/.

Zasadniczym zmianom ulegają właściwości jonosfery po wykonaniu wysokościowych wybuchów jądrowych. Jonosfera ulega znacznej deformacji, w wyniku której następują przerwy w łączności na falach jonosferycznych na okres od kilku do kilkudziesięciu godzin. Wzrastają natomiast właściwości rozproszenia fal w paśmie 20-30MHz umożliwiając zapewnienie łączności na znacznych /rzędu tysięcy kilometrów/ odległościach. Stwarza to również warunki uzyskania łączności na częstotliwościach znacznie przewyższających MUF /"klasyczny MUF"/. Tę rzeczywistą częstotliwość maksymalną nazwano "operacyjny MUF".

Przedstawione warunki propagacji fal w zakresie krótko-falowym uzasadniają wykorzystanie częstotliwości radiowych tego zakresu w przedstawiony sposób:



Dobór i wyznaczenie częstotliwości radiowych do pracy falą jonosferyczną jest problemem złożonym. Planując łączność należy posługiwać się prognozami radiowymi. Aktualnie prognozy dla potrzeb łączności wojskowej opracowane są przez "Instytut Magnetyzmu Ziemi, Jonosfery i Rozchodzenia się Fal ZSRR - ISMIRAN", który publikuje prognozy roczne i miesięczne. Prognozy te obejmują całą kulę ziemską i zalecane są do wykorzystania w ramach Zjednoczonych Sił Zbrojnych UW.

W Wojsku Polskim są stosowane również "Miesięczne prognozy radiowe dla Rejonu Polski", opracowywane przez "Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk". Są one rozprowadzane do wojsk wraz z instrukcją posługiwania się nimi przez Szefostwo Wojsk Łączności MON.

W toku eksploatacji łączności radiowej fale robocze należy ustalać na podstawie pomiarów jonosfery i obliczeń MUF, LUF i FOT, wykorzystywanych przez aparatownie kontroli częstotliwości /AKCz/, rozwijanych w ramach armijnych i frontowych węzłów łączności.

Pomimo złożoności problemu doboru i wyznaczania częstotliwości do pracy środków radiowych za pomocą fali jonosferycznej, krótkofalowa łączność radiowa jest szeroko stosowana w polowych systemach łączności. Podyktowane to jest przede wszystkim możliwością zapewnienia łączności na znaczne odległości przy relatywnie nieznacznych mocach nadajników i małych gabarytach urządzeń antenowych.

Na postoju przy wykorzystaniu odpowiednich anten /np. typu V, symetryczny wibrator, rombowa/ i odpowiednim wyborze częstotliwości roboczych /w pobliżu FOT/ można uzyskać następujące zasięgi:

Typ radiostacji	Zasięg łączności /w km/	
	fonem	telegramem
R-130	200-300	350
R-118	250	800
R-102	200-300	1000
R-140	1000-1500	2000
R-110	2000	3000

Atrakcyjność krótkofalowej łączności radiowej na falach jonosferycznych znacznie wzrasta po wdrożeniu anten pionowego promieniowania /APP/, przeznaczonych do pracy w ruchu. Dzięki temu został rozwiązany problem zapewnienia łączności na wymagane odległości. Aktualnie przy wykorzystaniu anten APP i fal jonosferycznych zasięgi w ruchu przedstawia poniższa tabela:

Typ radiostacji	Zasięgi łączności w ruchu /km/
R-130	100 - 200
R-118K	100 - 200
R-140	200 - 300

## II. ZASADY WYZNACZANIA CZĘSTOTLIWOŚCI RADIOWYCH Z PUNKTU WIDZENIA ZAPEWNIENIA KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ.

Duża ilość i dalszy rozwój wszelkiego rodzaju cywilnych oraz wojskowych urządzeń radioelektronicznych, emitujących energię elektromagnetyczną, stworzyły bardzo złożony problem unikania wzajemnych zakłóceń. Powstały więc międzynarodowe, regionalne i krajowe organizacje, zajmujące się gospodarką częstotliwościami radiowymi.

W skali światowej problemem tym w odniesieniu do służb cywilnych zajmuje się Międzynarodowy Związek Telekomunikacyjny, zwany w skrócie UIT. Posiada on swoje organa specjalistyczne - Międzynarodową Izbę Rejestracji Częstotliwości /IFRB/, Międzynarodowy Doradczy Komitet Radiokomunikacyjny /CCIR/, Światową i Regionalne Administracyjne Konferencje Radiowe.

Ponadto uzgodnienia dotyczące wykorzystania częstotliwości radiowych w skali państw socjalistycznych są dokonywane w ramach Organizacji Współpracy Łączności /OWŁ/.

W Polsce nadzór nad gospodarką falową, zgodnie z "Ustawą o Łączności" Rady Państwa z dnia 31 stycznia 1961 r. sprawuje minister łączności. Jego organem doradczym jest "Rada do spraw Częstotliwości Radiowych", w skład której wchodzi m.in. przedstawiciele MON, prezentując w niej potrzeby Sił Zbrojnych PRL.

W ramach Zjednoczonych Sił Zbrojnych gospodarkę częstotliwościami radiowymi prowadzi organ Sztabu Zjednoczonych Sił Zbrojnych.

W ramach Wojska Polskiego prowadzenie gospodarki częstotliwościami radiowymi Szef Sztabu Generalnego WP powierzył Szefowi Wojsk Łączności MON.

Gospodarkę falową w zakresie wykorzystania przydzielonych przez szczebel nadrzędny częstotliwości radiowych przeznaczonych do organizacji łączności radiowej prowadzą Szefostwa Wojsk Łączności.

Nadzór nad wykorzystaniem częstotliwości radiowych w toku eksploatacji systemów łączności sprawują również w wyznaczonym zakresie osoby funkcyjne węzłów łączności /zespołu środków radiowych/.

Podstawowym zadaniem funkcyjnych łączności jest taki rozdział i wykorzystanie częstotliwości radiowych, aby uwzględnić:

- właściwości rozchodzenia się fal radiowych w rejonie działania;
- zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej wykorzystywanych środków łączności;
- ochronę łączności przed zakłóceniami celowymi nieprzyjaciela.

Spełnienie powyższych wymagań jest bardzo złożonym zadaniem. Wynika to z faktu, że aktualnie po obu stronach walczących wojsk na szczeblu frontu i grupy armii w paśmie 1-60MHz wykorzystuje się około 15 tysięcy /a niekiedy i więcej/ relacji radiowych. Przyjmując, że dla jednej relacji średnie pasmo powinno wynosić 6KHz, to niezbędny zakres częstotliwości dla wszystkich relacji zawiera się w paśmie 1-90MHz, czyli jest półtora razy szerszy od eksploatowanego.

Należy przy tym podkreślić, że przedstawione wyliczenia nie uwzględniają częstotliwości zapasowych, rezerwowych oraz faktu, że szereg pasm tego zakresu jest zajętych przez cywilne służby stare, ruchome i morskie.

Powoduje to znaczny deficyt częstotliwości radiowych i zachodzi potrzeba ich wielokrotnego użycia na polu walki. Jednak powtarzanie częstotliwości radiowych musi być realizowane racjonalnie, tzn. uwzględniać zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej /zgodności elektromagnetycznej/.

W celu właściwego przydziału częstotliwości radiowych należy kierować się następującymi zasadami:

- określić całość potrzeb częstotliwości związku /oddziału, pododdziału/;

- uwzględnić posiadaną ilość częstotliwości przydzielonych dla związku /oddziału, pododdziału/ na podstawie dyrektywy /zarządzenia/ łączności sztabu przełożonego;
- uwzględnić częstotliwości zabronione do wykorzystania przez radiostacje wojskowe;
- uwzględnić częstotliwości zakłócone przez pracujące w sposób ciągły radiostacje dużej mocy;
- uwzględnić siatkę częstotliwości radiostacji nieprzyjaciela;
- uwzględnić ugrupowanie operacyjne /bojowe/ związku /oddziału, pododdziału/ i zmiany, jakie mogą nastąpić w toku operacji /działań bojowych/ np. zmiana podporządkowania, przyjęcie dowodzenia, przegrupowanie wojsk itp.;
- uwzględnić możliwości powtarzania częstotliwości, szczególnie przez radiostacje małej mocy pracujące w zakresie UKF;
- uwzględnić właściwy dobór częstotliwości dla określonych relacji radiowych;
- wydzielić częstotliwości dla organizacji poszczególnych systemów łączności radiowej, biorąc pod uwagę specyfikę każdego systemu i potrzeby jakościowe w zakresie częstotliwości.

Biorąc pod uwagę powyższe zasady, dokonuje się przydziału częstotliwości do dyspozycji poszczególnych związków /oddziałów, pododdziałów/ Częstotliwości przydziela się indywidualnie lub grupami, określając ich przeznaczenie w sposób następujący:

- dla radiostacji KF dużej mocy;
- dla radiostacji KF średniej mocy;
- dla radiostacji KF małej mocy;
- dla radiostacji UKF średniej mocy;
- dla radiostacji UKF małej mocy.

Podczas przydziału częstotliwości należy brać pod uwagę: typ, moc, zakres oraz siatkę częstotliwości, co jest szczególnie istotne przy powtarzaniu częstotliwości w ramach związku taktycznego dla radiostacji UKF małej mocy.

Należy również zastrzegać odpowiednie wartości częstotliwości UKF dla radiostacji poszczególnych typów, które zezwala się wykorzystać tylko w określonych okolicznościach, np. w czasie spotkania z wojskami armii sojusznicznych, w głębi obrony nieprzyjaciela, walki z okrążonym nieprzyjacielem lub tylko na stykach między związkami taktycznymi /oddziałami/. Pozwala to na dokonanie przydziału częstotliwości stosownie do przyjętego ugrupowania operacyjnego /bojowego/ wojsk i wykonywanych przez nie zadań bojowych oraz gwarantuje również relatywnie najmniejsze prawdopodobieństwo wzajemnych zakłóceń.

Właściwy przydział częstotliwości do pracy radiostacji stanowi podstawowy warunek zapewnienia trwałej i niezawodnej łączności. Przydzielając częstotliwości do pracy radiostacji konieczne staje się spełnienie szeregu wymagań. Do podstawowych należą:

- przestrzeganie odpowiednich odstępów pomiędzy wykorzystywanymi częstotliwościami /określonymi instrukcjami/, zarówno pomiędzy różnymi radiostacjami, jak i urządzeniami nadawczo-odbiorczymi jednej radiostacji /podczas pracy duplexowej/;
- niewyznaczanie częstotliwości krotnych między sobą /harmonicznych/ i bliskich wartości częstotliwości pośredniej odbiornika radiostacji.

Należy również uwzględnić fakt, że radiostacje pracujące w zakresie UKF mogą prowadzić tylko zakłócenia na falach przyziemnych, natomiast radiostacje zakresu KF na falach przyziemnych i jonosferycznych.

Prawdopodobieństwo powstania wzajemnych zakłóceń na falach przyziemnych jest bezpośrednio uzależnione od skupienia dużej ilości wojsk na niewielkim obszarze. Powoduje to nagromadzenie znacznej ilości pracujących w pobliżu radiostacji, a w wyniku ograniczonej ilości częstotliwości ich powtarzaniu w relacjach organizowanych na bliskich odległościach. Najbardziej niekorzystne warunki w tym względzie powstają na kierunku głównego uderzenia, ponieważ skupienie wojsk, a tym samym i radiostacji na tych odcinkach osiąga maksymalne wielkości /ilość różnego rodzaju i typu radiostacji oraz innych urządzeń emitujących fale elektromagnetyczne może osiągać 500 i więcej na 1 km<sup>2</sup> frontu/.

Uwzględniając powyższe, przy podziale częstotliwości dla radiostacji pracujących w zakresie UKF, należy każdorazowo brać pod uwagę stopień ważności poszczególnych relacji radiowych i odpowiednio zwiększyć lub zmniejszyć odstępstwa wykorzystywanych częstotliwości.

Podczas przydziału częstotliwości dla radiostacji KF należy uwzględnić to, że łączność w tym zakresie realizowana jest zarówno na falach przyziemnych /na stosunkowo nieduże odległości - do 100 km/ i jonosferycznych na dalsze odległości /rzędu setek i tysięcy kilometrów/. Istnieje możliwość zwiększenia zasięgu radiostacji KF na falach przyziemnych poprzez zwiększenie podstawowych parametrów, tj. mocy nadajnika i odległości wypromieniowanej fali. Wymaga to jednak budowy radiostacji wielkogabarytowych, a tym samym możliwych do wykorzystania tylko w warunkach stacjonarnych.

Dlatego też dla zapewnienia łączności radiowej na duże odległości wykorzystuje się fale jonosferyczne /odbite/. Zaletą łączności radiowej na falach jonosferycznych jest możliwość uzyskania znacznych zasięgów przy stosunkowo niedużej mocy nadajnika. Zasięg łączności

radiowej na falach jonosferycznych uzależniony jest przede wszystkim od:

- prawidłowego /optymalnego/ doboru częstotliwości;
- typu anteny;
- stanu jonosfery.

Doboru częstotliwości roboczych /zapasowych/ dla radiostacji pracujących na falach jonosferycznych dokonuje się na podstawie prognoz rozchodzenia się fal radiowych. Prognozy są opracowywane w zależności od potrzeb uzyskania odpowiedniego zasięgu, zakresu częstotliwości radiostacji, szerokości geograficznej punktu odbicia, pory roku i doby itp.

Częstotliwości te należy przydzielać na podstawie prognozy z przedziału pomiędzy maksymalną częstotliwością pracy /MUF/, a najmniejszą częstotliwością użytkową /LUF/.

Obok dużych zalet charakteryzujących łączność radiową na falach przestrzennych istnieje jednak duże niebezpieczeństwo powodowania wzajemnych zakłóceń na dużych odległościach radiostacji pracujących na tych samych częstotliwościach. Spowodowane jest to dwoma przyczynami:

- po pierwsze, zachodzi konieczność powtarzania częstotliwości roboczych, ze względu na stosunkowo wąski zakres radiostacji, który można ze względu na właściwości rozchodzenia się fal radiowych wykorzystać do łączności za pomocą fal jonosferycznych;
- po drugie, następuje stosunkowo małe zmniejszenie się natężenia pola fali elektromagnetycznej ze wzrostem odległości od nadajnika pracującego za pomocą anteny przestrzennego promieniowania. Powoduje to powstawanie stref o dużym promieniu, przekraczającym znacznie zasięg łączności, na którym mogą powstać dość silne zakłócenia innych stacji, natomiast niemożliwe staje się już zapewnienie

trwałej łączności.

Przedstawione uwarunkowania powodują, że ze względu na deficyt częstotliwości radiowych zachodzi potrzeba ich wielokrotnego użycia na polu walki. To z kolei wymaga takiego rozdziału i wykorzystania częstotliwości radiowych, aby zapewnione były warunki kompatybilności elektromagnetycznej.

Kompatybilny rozdział i wykorzystanie częstotliwości radiowych zapewniony będzie, jeżeli:

- zachowane będą odległości koordynacyjne, eliminujące możliwość występowania wzajemnych zakłóceń pomiędzy relacjami radiowymi pracującymi jednocześnie na tych samych częstotliwościach;

- stosowana będzie koordynacja czasowa, wykluczająca możliwość jednoczesnej pracy relacji radiowych wykorzystujących te same częstotliwości na odległościach mniejszych od odległości koordynacyjnej;

- zachowane będą odległości częstotliwościowe pomiędzy częstotliwościami pracy urządzeń radiowych wykorzystywanych na ograniczonej przestrzeni /węzły łączności, wozy dowodzenia itp./, wykluczające zakłócanie pracy poszczególnych odbiorników przez sygnały pochodzące od nadajników eksploatowanych w strefie bliskiej, a ponadto zostanie przydzielona niezbędna ilość częstotliwości zapasowych.

Powyższe zasady kompatybilnego rozdziału i wykorzystania częstotliwości radiowych można ogólnie podzielić na:

- kompatybilność zewnętrzną w strefie dalekiej /odległość koordynacyjna i koordynacja czasowa/;

- kompatybilność wewnętrzną w strefie bliskiej /odstęp częstotliwościowe/.

Odległość koordynacyjna jest to najmniejsza dopuszczalna odległość,

przy zachowaniu której funkcjonują bez wzajemnych zakłóceń przestrzennie oddalone relacje radiowe wykorzystujące tę samą częstotliwość pracy.

Biorąc pod uwagę, że anteny odbiorcze reagują na sygnały użyteczne i zakłócające, warunkiem osiągnięcia kompatybilności łączności radiowej jest zapewnienie odpowiedniego stosunku natężenia pola elektrycznego sygnału użytecznego  $E_u$  do sygnału zakłócającego  $E_z$ . Minimalna wartość tego stosunku, przy którym zapewnia się poprawną łączność, nazywa się współczynnikiem ochronnym  $p$ :

$$p = \frac{E_u}{E_z}$$

Wartość ta jest różna dla poszczególnych rodzajów emisji i waha się w granicach 1,5 - 10.

Odległość koordynacyjna jest zachowana wówczas, gdy obszar użyteczny jednej relacji i obszar zakłóceńowy drugiej relacji wzajemnie nie pokrywają się, czyli gdy

$$d_k \gg d_u^1 + d_z^2 \quad \text{lub} \quad d_k \gg d_u^2 + d_z^1$$

gdzie:  $d_k$  - odległość koordynacyjna

$d_u^{1,2}$  - zasięgi użyteczne

$d_z^{1,2}$  - zasięgi zakłóceńowe

Ze względu na manewrowy charakter działań bojowych i okresowe zmiany rejonów rozmieszczenia poszczególnych korespondentów odległości koordynacyjna należy zwiększać o współczynnik dyslokacyjny  $l_d$ , który wynosi:

- na szczeblu pułku - 1,1;
- na szczeblu dywizji - 1,2;
- na szczeblu armii - 1,3 - 1,5.

*Handwritten notes:*  
1/4 (A3, A37, F3) 3-5  
1/4 (A3, A37, F3) 4-5  
1/4 (A3, A37, F3) 1-5

W związku z powyższym odległość koordynacyjną należy określać z zależności:

$$d_k = l_d / d_u + d_z /$$

Powyższe obliczenia odległości koordynacyjnej można stosować w odniesieniu do relacji radiowych UKF pracujących za pomocą fali powierzchniowej, typu ogólnego i przestrzennej przy wykorzystaniu anten dookólnych.

Metoda ta jest nieprzydatna w odniesieniu do łączności radiowej organizowanej za pomocą fal krótkich, a przede wszystkim przy stosowaniu fal jonosferycznych. W tym przypadku ocenę kompatybilności należy przeprowadzić poprzez obliczenie stosunków natężeń pól elektrycznych sygnałów użytecznego i zakłócającego, przy uwzględnieniu tłumienia fali oraz zysków anten nadawczych i odbiorczych. Praktyka wskazuje jednak, że częstotliwości pracy zakresu krótkofalowego mogą być powtórnie wykorzystane na znacznych odległościach, tj. w skali teatru działań wojennych /na szczeblach strategicznych lub rozchodzących się kierunkach operacyjnych/.

W związku z tym przy planowaniu relacji radiowych organizowanych za pomocą radiostacji KF średniej /dużej/ mocy celowe jest stosowanie koordynacji czasowej wykorzystania częstotliwości radiowych.

Koordynacja czasowa wykorzystania częstotliwości radiowych jest to sposób zapewnienia kompatybilności elektromagnetycznej w wypadkach, gdy:

- odległości między relacjami radiowymi wykorzystującymi identyczne częstotliwości robocze lub pasma częstotliwości są mniejsze od wartości odległości koordynacyjnej;

- istnieje potrzeba doboru częstotliwości roboczych do faktycznie występujących warunków propagacyjnych, zwłaszcza w odniesieniu do relacji radiowych stosujących fale jonosferyczne;

- konieczne jest uwzględnienie priorytetów w przydziałach częstotliwości dla poszczególnych związków i oddziałów. Powyższe przedsięwzięcia koordynacji czasowej powinny być realizowane w sposób zcentralizowany przez ogniwa kierowania łącznością radiową.

Występuje ponadto potrzeba stosowania zdecentralizowanej koordynacji czasowej wykorzystania częstotliwości radiowych realizowanej bezpośrednio przez obsługi środków radiowych, zwłaszcza radiostacji średniej mocy. Potrzeba wdrożenia zdecentralizowanej koordynacji czasowej wykorzystania częstotliwości radiowych wynika przede wszystkim z:

- deficytu częstotliwości radiowych;
- trudności w zachowaniu odległości koordynacyjnych pomiędzy relacjami wykorzystującymi identyczne częstotliwości radiowe;
- zmieniających się jednoczesności i intensywności wykorzystania poszczególnych relacji radiowych;
- braku możliwości oceny /do czasu styczności z nieprzyjacielem/ wzajemnego oddziaływania środków emitujących fale radiowe, stosowanych przez walczące strony.

Kompatybilność wewnętrzną w strefie bliskiej /odstęp częstotliwościowe/ zapewnia się w celu wyeliminowania wzajemnych zakłóceń pomiędzy skoncentrowanymi na niedużej przestrzeni /lub na jednym odcinku/ środkami pracującymi na różnych częstotliwościach.

Wzajemne zakłócenia w strefie bliskiej powodowane są głównie przez:

- promieniowanie uboczne i pozapasmowe nadajników; /w niektórych typach nadajników moc emisji na harmonicznych jest tylko o 20-30dB mniejsza od emisji podstawowych/;
- boczne kanały odbioru urządzeń odbiorczych;

- niedostateczną odporność na zakłócenia niektórych urządzeń radioelektronicznych;

- niestabilność częstotliwości nastrojenia;

- emitowanie i odbieranie sygnałów z pominięciem anteny /złe generowanie urządzeń generacyjnych obwodów zasilania itp./.

Odstęp częstotliwościowy /przedział ochrony/ eliminujący zakłócenia od podstawowych sygnałów nadajnika w strefie bezpośredniej /przy rozmieszczeniu radiostacji na jednym odcinku/ powinien wynosić  $\pm 4\text{MHz}$  lub  $\pm 10\%$  wartości częstotliwości roboczych dla radiostacji UKF, a dla radiostacji KF nie mniej niż  $\pm 1\text{MHz}$ .

Natomiast przy uwzględnieniu <sup>częstotliwości</sup> harmonicznych /do piątej włącznie/ odstęp częstotliwościowy przed zakłóceniami od sygnałów harmonicznych powinien wynosić  $\pm 50 - 100\text{KHz}$ .

Przy uwzględnieniu wyżej wyszczególnionych rodzajów zakłóceń oraz przedziałów ochronnych opracowane zostały dla poszczególnych typów wozów dowodzenia /powietrznych punktów dowodzenia/ zestawy częstotliwości wzajemnie niezakłócanych. Ilość zestawów uzależniona jest od ilości i typów środków radioelektronicznych rozmieszczonych w jednym obiekcie i waha się od 100 do 300.

Przy rozstawieniu radiostacji w strefie bliskiej na odległościach między nimi w granicach 200-300 m odstępy pomiędzy częstotliwościami roboczymi powinny wynosić 100KHz dla radiostacji małej mocy i 200-300KHz dla radiostacji średniej mocy.

Odstępy częstotliwościowe należy również przestrzegać w przypadku wykorzystania radiostacji do pracy duplexowej w celu zapobieżenia możliwości zakłócania pracy odbiornika przez nadajnik tej samej radiostacji. Odstępy częstotliwości nadajnika i odbiornika dla radiostacji KF powinny wynosić:

- w zakresie 2 - 4 MHz - 120 - 150 KHz;
- w zakresie 4 - 7,5 MHz - 250 KHz;
- w zakresie 7,5 - 12 MHz - 500 KHz;
- w zakresie 12 - 30 MHz - 1 - 2 KHz.

Uogólniając powyższe rozważania, planowanie rozdziału i przydziału częstotliwości radiowych z uwzględnieniem kompatybilności elektromagnetycznej powinno polegać na:

- wyznaczeniu zestawów częstotliwości roboczych przeznaczonych dla poszczególnych związków /oddziałów/ z punktu widzenia zapewnienia zewnętrznej kompatybilności elektromagnetycznej łączności radiowej w strefie dalekiej /odległość koordynacyjna i koordynacja czasowa/;
- wytypowanie w poszczególnych zestawach takich częstotliwości, aby zapewnić w strefie bliskiej wewnętrzną kompatybilność elektromagnetyczną środków radiowych pracujących w skupieniu na ograniczonej powierzchni /odstępy częstotliwościowe/.

### III. ANALIZA POTRZEB CZĘSTOTLIWOŚCI RADIOWYCH NA SZCZEBLU PUŁKU, DYWIZJI I ARMII

Określenie potrzebnej ilości częstotliwości radiowych winno być dokonane przed otrzymaniem przez związek /oddział, pododdział/ zadania bojowego i wstępnych wytycznych w zakresie organizacji łączności od sztabu przełożonego.

Podstawę do obliczenia tych potrzeb stanowią:

- obecny i przewidywany skład bojowy;
- określone do tego czasu wstępne potrzeby w zakresie organizacji łączności;
- ilość i typy posiadanych środków radiowych.

Określenia tych potrzeb dokonuje się w zasadzie jednorazowo, a w razie potrzeby podczas działań bojowych wprowadza się tylko ich

uaktualnienia w zależności od zmian w składzie bojowym, ilości posiadanych środków radiowych i zgodnie z przyjętą decyzją do organizacji łączności radiowej.

Metoda określania i obliczania potrzeb w zakresie ilości częstotliwości sprowadza się do tego, że w pierwszej kolejności określa się wszystkie relacje łączności radiowej /sieci i kierunki/, które mogą być organizowane na danym szczeblu /uwzględniając relacje podległych związków, oddziałów i pododdziałów/. Następnie określa się ilość potrzebnych częstotliwości dla tych relacji radiowych, organizowanych za pomocą różnych typów radiostacji.

Po określeniu ogólnej ilości potrzebnych częstotliwości dokonuje się porównania z ilością przydzielonych przez sztab przełożonego i wyciąga odpowiednie wnioski /czy wystarczy tych częstotliwości, czy też nie/ i co w związku z tym należy przedsięwziąć.

Określając potrzeby częstotliwości na poszczególne sieci i kierunki radiowe każdorazowo należy uwzględnić:

- możliwość nastrojenia radiostacji na przydzieloną częstotliwość;
- odlegości, na jakie będzie zapewniona łączność w danej sieci lub kierunku radiowym;
- prognozę rozchodzenia się fal radiowych, szczególnie jeżeli planuje się łączność na falach jonosferycznych;
- wpływ wzajemnych zakłóceń radiostacji i innych urządzeń rozmieszczonych na jednym środku transportowym;
- wpływ wzajemnych zakłóceń radiostacji i innych środków łączności w zależności od wzajemnego ich rozmieszczenia na stanowiskach dowodzenia;
- rodzaj sieci lub kierunku radiowego i konieczność w związku z tym zaplanowania odpowiedniego odstępu częstotliwości pomiędzy

falą nadawczą i odbiorczą;

- niezbędne szerokości pasma częstotliwości zajmowane przez stosowane rodzaje emisji i bezpieczne odstępy częstotliwości między nimi z uwzględnieniem ilości kanałów, szybkości telegrafowania itp.;

- zajęcie określonych częstotliwości /wzorcowe, bezpieczeństwa, morskie, lotnicze itp./.

Ponadto podczas planowania systemu łączności należy brać pod uwagę:

- typ radiostacji /a z tym związane określone parametry, jak moc promieniowania nadajnika, czułość odbiornika, siatkę częstotliwości itp./;

- rodzaj emisji /pozwała to na optymalne wykorzystanie danego łącza radiowego/;

- sposób wykorzystania radiostacji w systemie /który powinien być każdorazowo dostosowany do potrzeb danej relacji radiowej ale z uwzględnieniem jej taktyczno-technicznych możliwości/.

Przydział częstotliwości dla poszczególnych typów radiostacji uzależniony jest od rodzaju i ważności danej sieci lub kierunku radiowego.

Poszczególnym relacjom radiowym /radiostacjom/ mogą być przydzielone różne ilości częstotliwości w odpowiednim układzie, np.:

- jedna robocza;

- jedna robocza i 1-2 zapasowe;

- jedna robocza i kilka zapasowych;

- jedna wywoławcza i kilka roboczych;

- dwie robocze /nadawcza i odbiorcza/;

- dwie robocze /nadawcza i odbiorcza/ i kilka zapasowych;

- kilka roboczych, zmiennych w ciągu doby lub na podstawie

ustalonego grafiku.

Podczas przydziału częstotliwości, mimo uwzględnienia wielu czynników,

w praktyce może okazać się, że niektóre częstotliwości, szczególnie w zakresie KF, będą zakłócone przez dalekie radiostacje dużej mocy lub przez inne urządzenia pracujące w danym rejonie, a niekiedy mogą być silnie tłumione w wyniku zmian atmosfery.

Dlatego też przydział częstotliwości powinien podlegać w trakcie eksploatacji relacji radiowych odpowiedniej korekcie.

Należy więc podczas planowania łączności radiowej przewidzieć odpowiednie rezerwy częstotliwości, niezbędne dla wprowadzenia zmian oraz dla potrzeb uruchomienia nowych relacji.

Podczas planowania przydziału częstotliwości dla relacji radiowych należy:

- w pierwszej kolejności przydzielać częstotliwości wojskom wykonującym najbardziej ważne zadania;
- uwzględnić właściwości rozprzestrzeniania się fal elektromagnetycznych różnych zakresów;
- uwzględnić czynniki ograniczające do minimum wpływ wzajemnych zakłóceń, a także zakłóceń od radiostacji nieprzyjaciela i innych źródeł promieniowania.

Do wojsk, które winny otrzymać przydział <sup>częstotliwości</sup> w pierwszej kolejności i pełną potrzebną ich ilość, zaliczamy:

- oddziały /pododdziały/ wojsk raketowych;
- oddziały /pododdziały/ wojsk obrony przeciwlotniczej;
- związki /oddziały/ ogólnowojskowe wykonujące zadania w składzie głównego zgrupowania uderzeniowego /pierwszego rzutu/.

Potrzeby w zakresie ilości częstotliwości uzależnione są przede wszystkim od szczebla dowodzenia, wykorzystywanych typów radiostacji, oraz ilości organizowanych relacji łączności.

W aktualnie organizowanych systemach łączności ilość relacji.

radiowych jest następująca:

Szczepel organizacyjny	Ilość relacji	
	KF	UKF
Armia	170	1300
DZ	25	265
DPanc	22	240
pz /pcz/	2	46 /34/

Przyjmuje się, że dla relacji KF przy pracy simpleksem powinno przydzielać się przynajmniej dwie częstotliwości /1 robocza i 1 zapasowa/, natomiast przy pracy dupleksem ilość ta wzrośnie do czterech /nadawcze robocze i zapasowe, odbiorcza robocza i zapasowa/.

W armii o typowym składzie /5 dywizji z tego 1-2 pancerne/ może być zorganizowanych około 50 relacji armijnych. Zakłada się, że dla łączności dowództwa i sztabu armii z podwładnymi organizuje się około 50 % relacji dupleksowych. Wobec tego dla relacji armijnych niezbędna jest następująca ilość częstotliwości KF:

$$25 \times 2 = 50$$

$$25 \times 4 = 100$$

Uwzględniając relacje związków taktycznych przy pracy simpleksowej potrzeby częstotliwości wynoszą:

$$/3 - 4/ \times 25 \times 2 = 150 - 200$$

$$/1 - 2/ \times 22 \times 2 = 44 - 88$$

W sumie więc ilość niezbędnych częstotliwości KF dla potrzeb armii wynosi

344 - 438

Przyjmując podobne założenia dla relacji UKF, to armijnych organizuje się 70 - 90, a więc potrzeby częstotliwościowe wynoszą:

$$/35 - 45/ \times 2 = 70 - 90$$

$$/35 - 45/ \times 4 = 140 - 180$$

natomiast dywizyjnych:

$$/3 - 4/ \times 250 \times 2 = 1500 - 2000$$

$$/1 - 2/ \times 230 \times 2 = 460 - 920$$

W sumie ilość niezbędnych częstotliwości UKF dla potrzeb armii wyniesie

2170 - 3190

Z powyższych wyliczeń wynika, że w zakresie fal krótkich aktualnie wykorzystywane radiostacje /szczególnie nowego parku/ zabezpieczają potrzeby ilościowe częstotliwości radiowych /bez uwzględnienia specyficznych właściwości doboru fal w tym zakresie/ i istnieje małe prawdopodobieństwo powtarzania częstotliwości w ramach jednego związku taktycznego. Nie można jednak wykluczyć konieczności powtarzania częstotliwości na niższych szczeblach dowodzenia, w przypadku przydzielenia niewystarczającej ich ilości. W tych przypadkach należy brać pod uwagę ugrupowanie związku /operacyjnego, taktycznego/, rozmieszczenie poszczególnych jego elementów oraz moc i zasięg radiostacji. Jest to jednak problem dość skomplikowany, ponieważ ugrupowanie bojowe i rozmieszczenie poszczególnych jego elementów w toku prowadzenia walki będą się zmieniać, co niewątpliwie wpłynie na wzajemne zakłócenia.

Natomiast w zakresie fal ultrakrótkich biorąc pod uwagę potrzeby w zakresie ilości częstotliwości powtarzanie częstotliwości /niekiedy nawet kilkakrotnie/ będzie konieczne.

#### IV. ANALIZA MOŻLIWOŚCI PRYZDZIAŁU CZĘSTOTLIWOŚCI RADIOWYCH KF I UKF DLA ARMII, DYWIZJI I PUŁKU

Gospodarką częstotliwościami przydzielonymi związkowi /oddziałowi/ przez sztab przełożonego zajmuje się Szefostwo Wojsk Łączności armii /wydział łączności dywizji/. Dokonuje ono przydziału częstotliwości w

3

odpowiednich ilościach wszystkim podległymi i organicznym wchodzącym w skład związku /oddziału/ oddziałom /pododdziałom/.

Potrzeby częstotliwości roboczych znacznie przekraczają ich pożądaną ilość. Wynika to przede wszystkim z ilości relacji radiowych organizowanych na poszczególnych szczeblach dowodzenia oraz z możliwości powtarzania się /lub bliższego położenia/ częstotliwości w poszczególnych pasmach dla różnych typów radiostacji.

Prawidłowy przydział częstotliwości może być osiągnięty tylko w warunkach ścisłej centralizacji tego procesu od najwyższego do najniższego szczebla dowodzenia. Dlatego też kategorycznie zabronione jest samowolne zajmowanie nieprzydzielonych częstotliwości, ponieważ może to doprowadzić do znacznego pogorszenia, a często nawet całkowitej utraty łączności, niekiedy w bardzo ważnych relacjach.

W armii o typowym składzie /5 dywizji/ może być zorganizowanych na falach UKF około 1300 relacji radiowych w tym:

- około 1200 relacji pracujących za pomocą nisko zawieszonych anten, tj. wykorzystujących falę powierzchniową /z tego w około 40 % relacji wykorzystywane są radiostacje o mocy 1-2 W i w około 60 % radiostacji o mocy 20-30 W/;

- ponad 50 relacji radiowych, wykorzystujących radiostację o mocy 75 W oraz anteny zawieszone na wysokości zbliżonej do stosowanych długości fal /na postoju relacje te wykorzystują fale przyziemne typu ogólnego/;

- ponad 30 relacji organizowanych za pomocą radiostacji średniej mocy, wykorzystujących fale przyziemne typu ogólnego oraz fale troposferyczne.

Z powyższych danych wynika, że:

- liczba relacji radiowych organizowanych w armii wymaga zaangażowania pełnej ilości częstotliwości roboczych, jakimi dysponują radiostacje UKF małej mocy /brak jest możliwości wyznaczenia częstotliwości zapasowych/;

- w celu zapewnienia kompatybilności łączności radiowej należy skoordynować wykorzystanie częstotliwości radiowych pomiędzy armiami /a niejednokrotnie również w skali jednej armii/, stosując je powtórnie na odległościach odpowiadających wartości odległości koordynacyjnych;

- w celu ułatwienia planowania przydziału i wykorzystania częstotliwości radiowych w skali armii i frontu celowe jest stosowanie grup i zestawów częstotliwości.

Tak więc , aby zoptymalizować planowanie przydziału częstotliwości radiowych UKF należy ocenić odległości koordynacyjne oraz ustalić ilości i rodzaje grup oraz zestawów częstotliwości.

Dla poszczególnych rodzajów propagacji fal oraz poszczególnych typów radiostacji odległości koordynacyjne będą różne. W związku z tym celowe jest grupy częstotliwości wytypować odpowiednio do stosowanych mocy radiostacji i występujących odległości koordynacyjnych. Ilość grup częstotliwości dla poszczególnych wartości odległości koordynacyjnej /typów radiostacji i rodzajów propagacji/ zależy będzie od składu ugrupowania operacyjnego armii oraz parametrów odległościowo-przestrzennych prowadzonej operacji. Natomiast ilość dywizyjnych zestawów częstotliwości, obejmujących grupy częstotliwości, zależy będzie wyłącznie od składu armii /ilości związków taktycznych/.

Częstotliwości do pracy radiostacji UKF średniej mocy można

planować pomiędzy częstotliwościami roboczymi małej mocy, zajmując niewykorzystane odcinki zakresu UKF oraz wolny zakres w paśmie 52-60 MHz.

Przydział częstotliwości w tych pasmach zmniejsza deficyt częstotliwości standardowych radiostacji UKF małej mocy.

Z obliczeń wynika, że odległości koordynacyjne dla poszczególnych rodzajów fali i mocy radiostacji wynoszą:

- fala powierzchniowa /moc 1-2 W/ - 35 km;
- fala powierzchniowa /moc 20-30 W/ - 80 km;
- fala typu ogólnego /moc 75 W/ - 170 km.

Porównanie parametrów przestrzennych ugrupowania operacyjnego armii z odległościami koordynacyjnymi wskazuje, że:

- częstotliwości robocze do pracy falą powierzchniową i radiostacjami o mocy 1-2 W mogą być w skali armii wykorzystane niejednokrotnie /natomiast w związku taktycznym - jednokrotnie/;

- częstotliwości robocze do pracy falą powierzchniową i radiostacjami o mocy 20-30 W mogą być w skali armii stosowane jednokrotnie /we froncie mogą być wykorzystane niejednokrotnie z uwzględnieniem zasady, przeciwdziałającej użyciu ich na odległościach mniejszych od koordynacyjnych/;

- częstotliwości robocze do pracy falą typu ogólnego i radiostacjami o mocy 75 W /uwzględniając ponadto, że współpracują one z radiostacjami powietrznych punktów dowodzenia, których zasięg użyteczny i zakłóceńowy jest znacznie większy w porównaniu z zasięgami radiostacji naziemnych/ nie mogą być stosowane w sąsiednich armiach.

W celu zapewnienia pracy relacji radiowych wykorzystujących fale powierzchniowe i radiostacje o mocy 1 W można ograniczyć się do 5 grup po około 70-80 częstotliwości każda. W sumie potrzeby wynoszą

350-400 częstotliwości radiowych.

W celu zapewnienia pracy relacji radiowych wykorzystujących fale powierzchniowe i radiostacje o mocy 20-30 W zachodzi potrzeba wydzielenia 6 grup częstotliwości po około 110-120 częstotliwości każda. W sumie potrzeby wynoszą 660-720 częstotliwości radiowych.

W celu zapewnienia pracy relacji radiowych wykorzystujących fale przyziemne typu ogólnego i radiostacje o mocy 75 W zachodzi potrzeba przydziału znacznie większej ilości częstotliwości od ilości relacji radiowych organizowanych w armii /co najmniej 4 grupy częstotliwości po około 50-60 częstotliwości każda/. W sumie potrzeby wynoszą 200-240 częstotliwości radiowych, a więc znacznie więcej od liczby relacji radiowych organizowanych za pomocą tego typu radiostacji i przy wykorzystaniu tego rodzaju fal.

Z powyższych danych wynikają następujące wnioski ogólne:

- jeżeli odległości koordynacyjne są większe od parametrów przestrzennych ugrupowania operacyjnego /taktycznego/ związku, w celu zapewnienia kompatybilności pracy środków radiowych w skali armii należy wydzielić znacznie większą ilość częstotliwości od ilości relacji radiowych;

- jeżeli odległości koordynacyjne są mniejsze od parametrów przestrzennych ugrupowania, można zapewnić kompatybilność za pomocą mniejszej ilości częstotliwości roboczych w stosunku do ilości relacji;

- jeżeli odległości koordynacyjne są równoznaczne z parametrami przestrzennymi można zapewnić kompatybilność za pomocą ilości częstotliwości roboczych odpowiadających ilości relacji.

Przedstawione wnioski odnoszą się jednak tylko w przypadku zaangażowania pełnej ilości częstotliwości pracy, jakimi dysponują radiostacje UKF "nowego parku".

Częstotliwości do poszczególnych grup nie mogą być planowane w sposób mechaniczny. Przy ich wyznaczaniu należy uwzględnić następujące uwarunkowania:

- ze względu na możliwość występowania w poszczególnych relacjach radiostacji "starego parku" /siatka częstotliwości co 50 KHz/ i radiostacji "nowego parku" /siatka częstotliwości co 25 KHz/, należy zaplanować obok częstotliwości z odstępem co 25 KHz również odpowiednią ilość częstotliwości z odstępem co 50 KHz;

- przydzielić częstotliwości dla poszczególnych relacji w zakresach, jakimi dysponują radiostacje będące w wyposażeniu związków i oddziałów;

- wyznaczyć częstotliwości dla radiostacji znajdujących się na wozach dowodzenia na podstawie "Tablic częstotliwości wzajemnie niezakłócanych", stosownie do występujących typów i ilości wozów dowodzenia /powietrznych punktów dowodzenia/;

Z analizy możliwości wyznaczania częstotliwości roboczych do poszczególnych grup z uwzględnieniem powyższych uwarunkowań wynika, że największy ich niedobór występuje w odniesieniu do relacji radiowych organizowanych za pomocą radiostacji "starego parku" /mała ilość ustalonych częstotliwości z odstępem co 50 KHz/.

W tym przypadku możliwe są dwa warianty rozwiązań:

- ograniczenie ilości relacji radiowych;
- wyznaczenie tych samych częstotliwości na odległościach mniejszych od koordynacyjnych.

W przypadku pierwszym należy jednak liczyć się ze zmniejszeniem niezawodności systemu, natomiast w drugim z występowaniem wzajemnych zakłóceń. Zmniejszenie odległości między relacjami wykorzystującymi te same częstotliwości nie może być dowolne. Powinien być spełniony

następujący warunek:

$$d_k > d > 2d_u,$$

gdzie  $d$  - rzeczywista odległość.

Spełnienie tego warunku nie eliminuje wzajemnych zakłóceń, a jedynie ogranicza obszar niepożądanego ich oddziaływania.

Dotychczasowa analiza możliwości przydziału częstotliwości radiowych w zakresie UKF uwzględniała jedynie częstotliwości robocze. Ze względu jednak na potrzeby ochrony łączności radiowej przed zakłóceniami, zachodzi konieczność wydzielenia częstotliwości zapasowych w ilości stanowiącej co najmniej 30-50 % ilości częstotliwości roboczych.

Rozwiązanie tego problemu przy aktualnie wykorzystywanych radiostacjach UKF małej mocy, jest możliwe jedynie w wyniku przydziału już rozdzielonych częstotliwości roboczych jako częstotliwości zapasowych.

Dlatego też, planując przydział częstotliwości w zakresie UKF i ustalając grupy częstotliwości, należy wytypować w nich podgrupy. Częstotliwości podgrup powinno się wykorzystać w sposób następujący:

- w określonych związkach będą wykorzystywane jako częstotliwości robocze;
  - w innych związkach będą stosowane jako częstotliwości zapasowe.
- Wymagana jest jednak w tym względzie koordynacja czasowa.

Użycie 30-50 % częstotliwości grupy należy planować w sposób następujący:

- w charakterze częstotliwości zapasowych powinny być przydzielane do pracy w podstawowych sieciach radiowych, których ochrona przed zakłóceniami warunkuje ciągłość dowodzenia wojskami;
- w charakterze częstotliwości roboczych do pracy w sieciach radiowych o mniejszym natężeniu wymiany /drugoplanowych/.

Przedstawione możliwości przydziału częstotliwości zapasowych wskazują, że zapewnienie kompatybilności na tych falach jest znacznie trudniejsze w porównaniu z uzyskiwaną na częstotliwościach roboczych. Podstawową przyczyną takiego stanu jest zmniejszenie się odległości pomiędzy relacjami radiowymi wykorzystującymi równocześnie fale robocze i zapasowe.

Stąd też prawdopodobieństwo zapewnienia łączności na falach zapasowych jest relatywnie niższe od możliwości zapewnienia na częstotliwościach roboczych.

Łączność krótkofalowa jest organizowana za pomocą fal powierzchniowych lub jonosferycznych. Podczas przydziału częstotliwości do pracy relacji KF należy:

- zapewnić optymalne warunki pracy relacji radiowych, wykorzystujących falę jonosferyczną /poprzez ograniczenie ilości tego typu relacji/;

- racjonalnie stosować na małych odległościach falę powierzchniową /ze względu na możliwość zapewnienia bardziej stabilnej łączności w porównaniu z uzyskiwaną na falach jonosferycznych/;

W armiach może być organizowanych na falach krótkich około 170 relacji radiowych, w tym:

- około 150 relacji wykorzystujących wyłącznie falę powierzchniową;

- około 20 relacji wykorzystujących falę jonosferyczną lub powierzchniową.

Do pracy falą powierzchniową najbardziej przydatne są najniższe częstotliwości /najdłuższe fale radiowe/. Na wyższych częstotliwościach zasięg łączności przy wykorzystaniu fali przyziemnej ulega znacznemu ograniczeniu, ponieważ niewspółmiernie wzrasta tłumienie natężenia pola elektromagnetycznego.

Największe zasięgi uzyskuje się w przedziale częstotliwości 1-3 MHz, a w miarę użyteczne można uzyskać na częstotliwościach do 5 MHz.

Stosując pasmo częstotliwości 1-5 MHz do pracy za pomocą fali przyziemnej należy mieć na uwadze:

- oddziaływanie radiofonii średniofalowej w zakresie 1-1,6 MHz, szczególnie w godzinach nocnych;

- wykorzystanie do pracy falą przyziemną pasma częstotliwości 2,5-5 MHz ogranicza możliwości wykorzystania w nocy i częściowo w dzień tych częstotliwości do pracy za pomocą fal jonosferycznych na małych odległościach.

W sumie, do pracy relacji radiowych wykorzystujących falę przyziemną można zająć w zakresie częstotliwości 1-5 MHz pasmo o łącznej szerokości 2-2,5 MHz. Pozostałe pasmo tego zakresu powinno być zarezerwowane do pracy relacji radiowych za pomocą fali jonosferycznej.

Radiostacje pracujące falą przyziemną wykorzystują z zasady emisję  $A_3$  o szerokości pasma 6 KHz, która stosowana jest w około 90 % relacji oraz emisję  $A_1$  o szerokości pasma 0,2 KHz lub  $F_1$  o szerokości pasma 1 KHz stosowane w około 10 % relacji.

Szerokość zajmowanego pasma częstotliwości przez armijne sieci i kierunki radiowe można ocenić ze wzoru:

$$\Delta f = N / \Delta F_{A_3} \cdot P_1 + \Delta F_{F_1} \cdot P_2 /$$

Podstawiając do wzoru powyższe dane otrzymamy szerokość zajmowanego pasma przez armijne relacje radiowe wykorzystujące fale powierzchniowe

$$\Delta f = 150 / 6 \text{ KHz} \cdot 0,9 + 1 \text{ KHz} \cdot 0,1 = 0,825 \text{ MHz}$$

Jeżeli uwzględnimy potrzebę wydzielenia częstotliwości zapasowych w granicach 30-50 % ilości częstotliwości roboczych /50-75 często-

tliwości zapasowych/, to łącznie relacje radiowe armii zajmą pasmo o szerokości około 1,1 - 1,25 MHz, tj. połowę pasma zarezerwowanego do pracy za pomocą fali powierzchniowej.

Taka szerokość zajętości pasma do pracy za pomocą fali powierzchniowej umożliwiającą bezkolizyjny przydział dla 1-2 armii, natomiast na szczeblu frontu konieczne jest ustalenie i przydzielenie grup częstotliwości.

Do pracy falą powierzchniową mogą być przydzielone częstotliwości ze ściśle ograniczonego pasma, wyznaczonego częstotliwościami LUF lub FOT. Pasma to może się wahać w granicach:

- w dniu 2-3 MHz;
- w nocy 1,5 - 2,5 MHz.

Średnia szerokość pasma częstotliwości do pracy na falach jonosferycznych dla odległości do 200 km i radiostacji średniej mocy waha się w granicach 2-2,5 MHz. Uwzględniając jednak częściową zajętość przez relacje radiowe stosujące fale przyziemne, można przyjąć, że do rozdziału pozostanie około 2 MHz.

Z ogólnej ilości około 20 relacji radiowych wykorzystujących do pracy falę powierzchniową:

- 60 % pracuje emisją  $A_3 = 6$  KHz;
- 30 % pracuje emisją  $A_3J = 4$  KHz;
- 10 % pracuje emisją  $A_1$  lub  $F_1 = 1$  KHz.

Podstawiając do wzoru szerokość zajmowanego pasma częstotliwości wynosi:

$$\Delta f = 20 / 6 \text{ KHz} \cdot 0,6 + 4 \text{ KHz} \cdot 0,3 + 1 \text{ KHz} \cdot 0,1 / \approx 0,06 \text{ MHz}$$

Jeżeli uwzględnimy potrzeby wydzielenia częstotliwości zapasowych w granicach 50 % /tj. 10 częstotliwości/, armijne relacje radiowe zajmą łącznie pasmo około 0,1 MHz, a więc bardzo niewiele, nawet w skali frontu.

Z powyższych rozważań dotyczących możliwości przydziału częstotliwości radiowych na szczeblu armii wynikają następujące wnioski:

- w zakresie fal UKF potrzeby są większe od możliwości i zachodzi konieczność ustalenia i przydzielenia grupy /podgrup/ częstotliwości;

- w zakresie fal KF możliwości zabezpieczają potrzeby armii /przy wykorzystaniu fali powierzchniowej/, a nawet wielokrotnie przewyższają /przy wykorzystaniu fali jonosferycznej/;

- do pracy relacji radiowych UKF i KF w związkach taktycznych /oddziałach/ należy przydzielać częstotliwości z uwzględnieniem przede wszystkim koordynacji czasowej oraz odstępów częstotliwościowych.

## V. ROZMIESZCZENIE ŚRODKÓW RADIOWYCH NA WĘZŁACH ŁĄCZNOŚCI

W chwili obecnej w wyposażeniu wojsk znajdują się setki typów urządzeń radioelektronicznych. Środki te w strefie frontu rozmieszczone są nierównomiernie. Przeciętnie na tym obszarze jedno urządzenie radioelektroniczne rozmieszczone jest na  $2 \text{ km}^2$ , jednak w rejonach stanowisk dowodzenia armii lub dywizji oraz w pobliżu przedniego skraju ilość ich wzrasta do 20-25 i więcej na  $1 \text{ km}^2$ . Na węzłach łączności związków operacyjnych może znajdować się nawet 100 i więcej urządzeń, w tym 50-60 środków UKF, 25-30 UKF oraz 30-35 stacji radiolinowych horyzontalnych i troposferycznych.

Przy tak dużej ilości pracujących urządzeń radioelektronicznych szczególnie ważnym problemem jest zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej, ponieważ rozwinięte i pracujące urządzenia radioelektroniczne oddziałują na siebie powodując wzajemne zakłócania.

Zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej realizuje się różnymi metodami, zarówno w sferze produkcji urządzeń radioelektronicznych, jak i w czasie ich eksploatacji. Do podstawowych przedsięwzięć eksploatacyjnych zaliczamy:

- odpowiedni rozdział i przydział częstotliwości roboczych;
- odstęp terytorialny pomiędzy urządzeniami radioelektronicznymi;
- rozdział sektorów pracy;
- planowanie pracy urządzeń radioelektronicznych w czasie.

W dalszej części opracowania omówione zostanie jedno z podstawowych przedsięwzięć, a mianowicie odstęp terytorialny pomiędzy urządzeniami radioelektronicznymi.

Odstęp terytorialny pomiędzy urządzeniami radioelektronicznymi należy rozumieć jako rozmieszczenie urządzeń radioelektronicznych na węzłach łączności stanowisk dowodzenia.

Węzły łączności rozwija się w rejonach, które powinny spełniać następujące warunki:

- umożliwiać nietłumione rozprzestrzenianie się fal elektromagnetycznych;
- posiadać odpowiednie miejsca na rozmieszczenie i rozwinięcie środków łączności;
- posiadać naturalne warunki maskowania;
- posiadać dobrze rozwinięty system dróg;
- posiadać odpowiednie możliwości wykonania ukryć dla ludzi i sprzętu;
- posiadać odpowiednie warunki organizowania ochrony i obrony;
- zapewnić możliwość korzystania ze źródeł wody;
- umożliwiać korzystanie z istniejących w danym terenie urządzeń i sieci łączności /za zezwoleniem kompetentnego przełożonego/.

Węzłów łączności nie należy rozwijać:

- w bezpośrednim sąsiedztwie źródeł promieniowania energii elektromagnetycznej;
- w głębi kompleksów leśnych;
- w pobliżu obiektów wyróżniających się w terenie /duże zakłady przemysłowe, węzły komunikacyjne, magazyny, składy, duże przeprawy wodne itp./, które mogą być opłacalnym celem bezpośredniego ataku nieprzyjaciela.

Rejon rozmieszczenia i rozwijania środków łączności powinien być wybierany z uwzględnieniem:

- powierzchni potrzebnej do rozwinięcia radiostacji, aparatuwni i wozów dowodzenia;
- konieczność połączeń z innymi elementami węzła łączności;
- ukształtowania i pokrycia terenu.

Powierzchnie potrzebne do rozwijania radiostacji, aparatowni i wozów dowodzenia przedstawia poniższa tabela<sup>x/</sup>:

Rodzaj urządzenia	Typ urządzenia	Powierzchnia /m/
Radiostacje dużej i średniej mocy	R-110	N 300x150 O 60x170
	R-102	N 60x25 O 60x170
	R-118	60x170
	R-140	100x150
	R-137	100x100
Aparatownie	ARO K-1	170x320
	ARO KU-10	300x300
	AZS	60x40
	AKCz	60x60
Wóz dowodzenia	SKOT	10x40

x/ W tabeli podane zostały wartości maksymalne.

Połączenia radiowych środków łączności z innymi elementami węzła łączności wynikają z potrzeb eksploatacyjnych i obiegu wiadomości pisemnych przekazywanych przez te środki.

Połączenia te powinny umożliwiać:

- realizację zdalnego sterowania radiostacji przy wykorzystaniu linii kablowych, aparatowni zdalnego sterowania, stacji radioliniowych lub radiostacji małej mocy znajdujących się w ukończeniu radiostacji średniej mocy /R-140, R-137/;

- rozwinięcie wewnętrznej łączności służbowej i dyspozytorskiej /kierowania systemem łączności/;

- szybki obieg wiadomości pisemnych od nadawcy do środka łączności radiowej, od środka łączności radiowej do adresata;

- bezpośrednią pracę funkcyjnych sztabu przez środki łączności radiowej.

Podczas wybierania miejsca na rozmieszczenie i rozwijanie radiowych środków łączności należy również uwzględnić możliwość

wykorzystania naturalnych maskujących i ochronnych właściwości terenu. Właściwości te jednak nie powinny utrudniać rozwijania i wykorzystania urządzeń antenowych.

Urządzenia antenowe środków radiowych powinny być rozwijane na przestrzeni otwartej, na wzgórzach lub stokach wzgórz od strony korespondenta. Dużą tłumienność fal elektromagnetycznych powodują kompleksy leśne /szczególnie lasy liściaste/, wysokie zabudowania, budowle żelbetonowe i konstrukcje stalowe. Znaczne zakłócenia w odbiorze powodują natomiast napowietrzne linie energetyczne i telekomunikacyjne. Zaleca się rozwijanie środków łączności radiowej w odległości nie mniejszej niż 500 m od wyżej wymienionych obiektów.

Rozmieszczenie radiowych środków łączności w terenie zgodnie z powyższymi wymogami jest przedsięwzięciem złożonym. Złożoność ta wynika przede wszystkim ze znacznej ilości tych środków występujących na węzłach łączności /szczególnie stanowisk dowodzenia/.

Ilość radiostacji średniej i dużej mocy oraz wozów dowodzenia na węzłach łączności poszczególnych stanowisk dowodzenia przedstawia poniższa tabela:

WZ	pułk		dywizja			armia			
	SD	TSD	WSD	SD	TSD	WPD	SD ZSD	TSD	
Radiostacje średniej i dużej mocy	R-118								
	R-102	1	-	-	3	-	1	9	3
	R-110								
	R-140 R-137	-	-	-	5	1	4	25	2-3
	R-849	-	-	-	2	-	-	R-831M 3	-
Razem radiostacji	1	-	-	10	1	5	37	5-6	
Wozy dowodzenia	5-6	2	1-2	11- 13	2	3	1	-	

x/ Doświadczalnie stwierdzono, że las liściasty może osłabić promieniowanie fali elektromagnetycznej 3-4-krotnie.

Podstawowymi kryteriami, które należy uwzględnić przy rozmieszczaniu środków radiowych na węzłach łączności stanowisk dowodzenia są:

- zachowanie maskowania radioelektronicznego stanowiska dowodzenia;
- zapewnienie kompatybilności elektromagnetycznej środków łączności radiowej.

W celu zachowania maskowania radioelektronicznego, stanowiska dowodzenia radiostacji dużej i średniej mocy rozmieszcza się i rozwija w grupach środków nadawczych /grupach samodzielnych radiostacji/. Rejony rozmieszczenia grup powinny być oddalone od rejonu rozmieszczenia sztabu i węzła łączności na taką odległość, aby zlokalizowanie radiostacji nie było równoznaczne ze zlokalizowaniem rejonu rozmieszczenia sztabu i węzła łączności.

Przyjęte odległości uzależnione są od wielkości błędu liniowego namierzania radiowego prowadzonego przez nieprzyjaciela.

Namierzanie radiowe stosowane w armiach bloku NATO umożliwia wykonanie namiarów radiostacji pracujących zarówno falą przyziemną, jak i jonosferyczną z dokładnością przedstawioną w poniższej tabeli:

Odległości między namiernikami /km/	Dokładność namiaru /w stopniach/	Błąd liniowy namiaru /km/
10	10	1,75
50	10	8,75
100	8	14,00
150	6	15,75
200	5	17,50

Według obowiązujących norm odległości rozmieszczenia stanowisk dowodzenia od linii styczności i uwzględniając zasady rozwijania namierników przez nieprzyjaciela, można przyjąć, że odległości

pomiędzy namiernikami nieprzyjaciela<sup>x/</sup>, a radiostacjami rozwiniętymi na węzłach łączności stanowisk dowodzenia naszych wojsk wynoszą odpowiednio:

- dla pułku 20-30 km /1-3 km/;
- dla dywizji 25-35 km /4-6 km/;
- dla armii 45-79 km /25-40 km/.

/W nawiasach podano odległości punktów dowodzenia od przedniego skraju/.

Uwzględniając powyższe dane odległości radiostacji /grup nadajników radiowych/ od stanowisk dowodzenia powinny wynosić:

- dla pułku nie mniej niż 3,5 km;
- dla dywizji nie mniej niż 5 km;
- dla armii nie mniej niż 10 km.

Praktycznie, ze względu na trudności zdalnego sterowania, przyjmuje się następujące odległości rozmieszczenia radiostacji /nadajników radiowych/ od węzłów łączności:

- dla pułku 1-3 km;
- dla dywizji 3-5 km;
- dla armii 10-15 km.

Rejony rozmieszczenia grup nadajników /radiostacji/ w terenie nie powinny być wybierane szablonowo w stosunku do stanowiska dowodzenia /węzła łączności/. Należy też unikać dookólnego rozmieszczenia radiostacji /grup nadajników/, gdyż pozwala to przeciwnikowi na dość dokładne określenie rejonu rozwinięcia węzła łączności i stanowiska dowodzenia.

Rozmieszczenie wozów dowodzenia i radiostacji małej mocy na węzłach łączności.

Wozy dowodzenia i radiostacje małej mocy rozwijane są z zasady

x/ Namierniki szczebla korpusznego rozwijane są przez nieprzyjaciela w odległości 20-30 km.

w rejonie stanowiska dowodzenia w pobliżu miejsca pracy osób funkcyjnych korzystających z radiostacji lub środków łączności zamontowanych w wozie.

Wybrane miejsce na rozwinięcie wozu dowodzenia powinno umożliwiać:

- rozwinięcie pełnego systemu antenowego dla zapewnienia ciągłej i niezawodnej łączności;
- dogodny wjazd i wyjazd wozu dowodzenia;
- wybudowanie linii przewodowych do miejsc pracy osób funkcyjnych znajdujących się poza wozem /autobus sztabowy, namiot, schron, budynek itp./.

Odległość wozu dowodzenia od innych elementów stanowiska dowodzenia ze względu na bezpieczeństwo i długości kabli połączeniowych /TTWK 5x2 lub TTWK 10x2/ powinna wynosić 70-100 m.

Wszystkie wozy dowodzenia rozwijane na stanowisku dowodzenia powinny być połączone liniami przewodowymi z miejscami pracy osób funkcyjnych, a ponadto włączone do sieci łączności wewnętrznej stanowiska dowodzenia. Połączenia wewnętrzne są niezbędne w wypadku pracy osób funkcyjnych bezpośrednio z wozów dowodzenia.

Zasilanie wozów dowodzenia odbywa się wyłącznie z własnych źródeł zasilania.

#### Rozmieszczenie radiostacji średniej mocy /grup nadajników/.

Nadajniki radiostacji dużej i średniej mocy oraz radiostacji średniej mocy rozmieszcza się w grupach po 4-6 szt. i jedna aparatura zdalnego sterowania /AZS/. Ilość grup zależy natomiast od ogólnej ilości nadajników /radiostacji/ na węźle łączności i stanowisku dowodzenia.

Ze względu na konieczność zachowania kompatybilności elektromagnetycznej, poszczególne nadajniki /radiostacje/ powinny być

od siebie oddalone nie mniej niż:

- R-118 BMZ /K/ /R-137/ - 150-200 m;
- R-140 /R-102/ - 300-400 m;
- R-110 - 800-1000 m;
- R-118 od R-140 - 300-400 m;
- R-118 /R-137/ od AZS - 200 m;
- R-140 /R-102/ od AZS - 300-400 m;
- R-110 od AZS - 1000 m.

Odległości pomiędzy grupami nadajników /radiostacji/ nie powinny być mniejsze niż:

- dla radiostacji /nadajników/ średniej mocy - 2-3 km;
- dla nadajników dużej mocy - 3-5 km.

Radiostacje średniej mocy, które nie są rozmieszczane w grupach radiostacji /nadajników/, najczęściej radiostacje "osobiste" głównych osób funkcyjnych stanowiska dowodzenia, rozmieszcza się w grupie /grupach/ samodzielnych radiostacji.

Rozmieszczenie środków radiowych w kolumnach marszowych sztabu.

Rozmieszczenie środków radiowych w kolumnach marszowych sztabu powinno zapewnić utrzymanie gotowości bojowej wojsk, zabezpieczyć pod względem łączności działalność poszczególnych stanowisk dowodzenia w zależności od ich przeznaczenia i miejsca w ugrupowaniu marszowym związku /oddziału/, stworzyć warunki do terminowego rozwijania węzłów łączności stanowisk dowodzenia.

W szczególności powinno zapewnić:

- dogodnie korzystanie w ruchu ze środków łączności przez dowódcę i sztab;
- eliminowanie wzajemnych zakłóceń w pracy środków łączności, głównie w czasie planowanych lub wymuszonych odpoczynków /postojów/;
- możliwość wyłączenia z kolumny marszowej pojedynczych

radiostacji /wozów dowodzenia/ w celu przekazania wiadomości na krótkich postojach;

- szybkie rozwinięcie radiostacji /wozów dowodzenia/ w rejonie rozmieszczenia węzła łączności.

Na szczeblach taktycznych z zasady wszystkie środki radiowe przemieszczają się w kolumnie marszowej sztabu i rozmieszczone są w grupie dowodzenia dowódcy i szefa sztabu.

Na szczeblach operacyjnych w kolumnach marszowych dowództwa i sztabu przegrupowują się radiostacje "osobiste" osób funkcyjnych oraz radiostacje pracujące w relacjach współdziałania i stanowisk dowodzenia /szczegółowe rozmieszczenie - patrz Vademecum łączności, załącznik nr 10 i 11/.

Wydrukowane w 20 egz.  
Egz.nr 1-20 Bibl.Nauk. DZS  
Wykonał: płk BRYLINSKI  
Druk.U.S. dnia 16.12.1986 r.  
Druk. ASG WP nr Pf 1573/WW



~~2/18-5~~

44

