

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
WARSZAWA-MIEDZESZYN

BIULETYN

INFORMACYJNY

1÷3(254÷256)

1988



# BIULETYN INFORMACYJNY

ROK 28

WARSZAWA 1988

NR 1:3/254-256/

---

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
Branzowy Ośrodek  
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej

**Redakcja Biuletynu Informacyjnego**

---

**Redaktor Naczelny - dr inż. Krystyn Plewko**  
**Z-ca Redaktora Naczelnego - doc. dr inż. Stanisław Sońta**

**Redaktorzy działów:**

**doc. dr inż. Alina Karwowska-Lamparska**  
**mgr inż. Mirosław Żurawski**

**Adres Redakcji:**

**Instytut Łączności**  
**Branżowy Ośrodek**  
**Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej**  
**Warszawa - Miedzeszyn, ul. Szachowa 1**

**ISSN 0209-1046**

**Redaktor: mgr Krystyna Juszkiewicz**

**Montaż tekstu: Barbara Skwara**

---

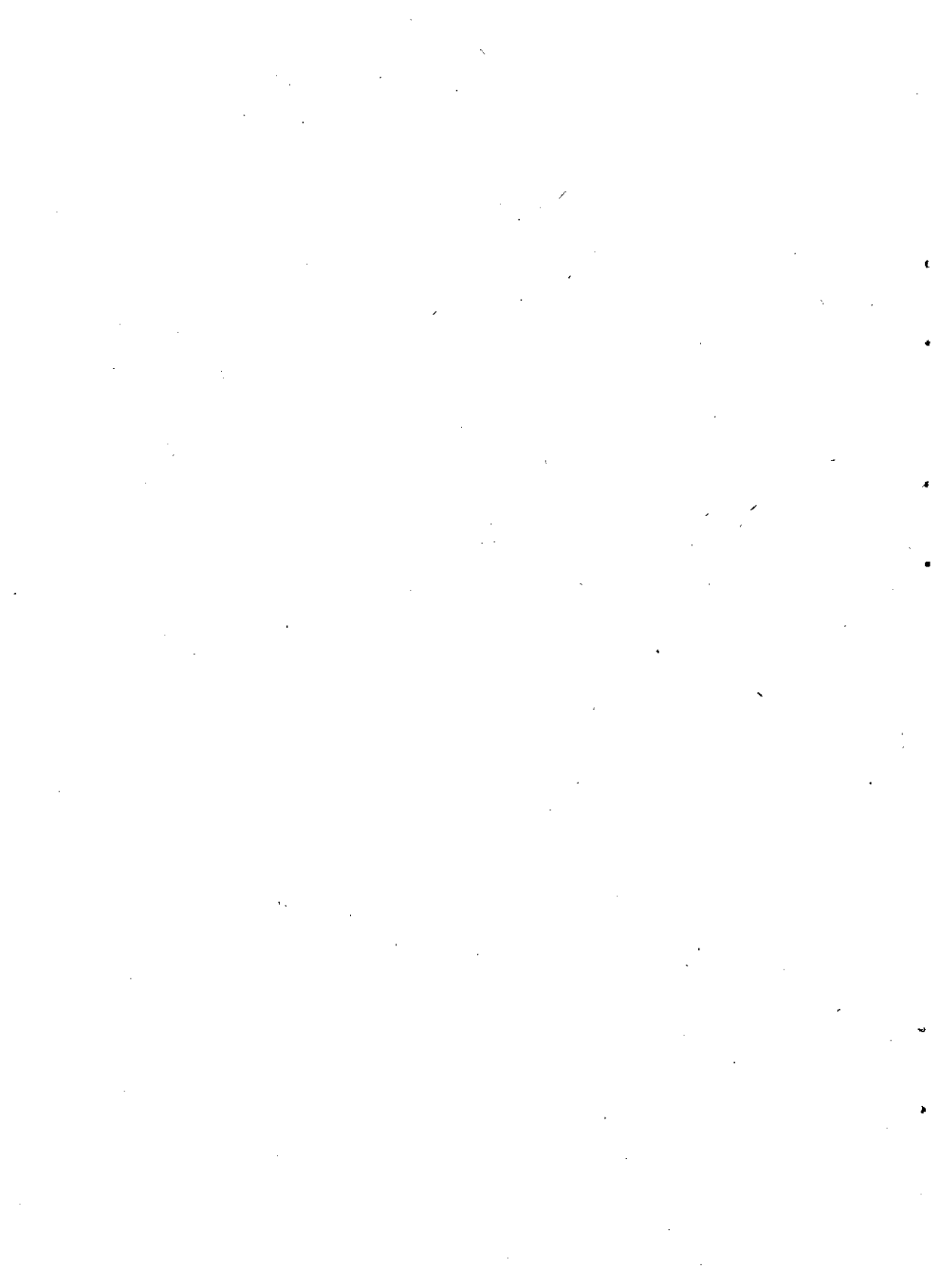
**Dział Wydawniczy Instytutu Łączności**  
**Format 05. Nakład 570. Wpłynęło do**  
**Działu Wydawniczego 1988.02.19.**  
**Druk ukończono w czerwcu 1988 r.**

Niniejszy numer "Biuletynu Informacyjnego" zawiera artykuły, dotyczące planowania służb radiodifuzyjnych, a mianowicie:

- 1/ mgr inż. Haliny Smoleńskiej "Definicja i metoda określania obszaru pokrycia stacji nadawczej",
- 2/ mgr inż. Wacława Lisickiego "Metodyka projektowania pokrycia obszaru odbioru emisję radiofonii krótkofalowej",
- 3/ mgr inż. Filomeny Grodzickiej "Zagadnienie rozdziału częstotliwości dla radiofonii krótkofalowej".

W pierwszym artykule przedstawiono rozważania na temat określenia zasięgów i obszarów pokrycia nadawczych stacji radiodifuzyjnych. Dwa następne natomiast stanowią komplet aktualnych informacji, związanych z zagadnieniami planowania radiofonii krótkofalowej.

Redakcja



## SPIS TREŚCI

Str.

Halina Smoleńska

### DEFINICJA I METODA OKREŚLANIA OBSZARU POKRYCIA STACJI NADAWCZEJ

1. Wprowadzenie	1
2. Wyznaczanie obszaru pokrycia stacji nadawczej	2
3. Określanie wartości natężenia pola	4
4. Zastosowanie maszyn cyfrowych	7
5. Praktyczne zastosowanie definicji i metody	9
Wykaz literatury	14

Wacław Lisicki

### METODYKA PROJEKTOWANIA POKRYCIA OBSZARU ODBIORU EMISJĄ RADIOFONII KRÓTKOFALOWEJ

1. Wprowadzenie	15
2. Prognozowanie maksymalnych częstotliwości użytecznych	17
2.1. Definicje	17
2.2. Materiały podstawowe	18
2.3. Prognozowanie MUF podstawowej	19
2.3.1. MUF dla warstwy E	19
2.3.2. MUF dla warstwy F2	22
2.3.3. Częstotliwość ekranowania	24
2.4. MUF eksploatacyjna	26
2.4.1. Propagacja jonosferyczna na często- tliwościach większych od MUF podsta- wowej	26
2.4.2. Stosunek MUF eksploatacyjnej do MUF podstawowej	26
2.5. Postępowanie w praktyce przy określaniu MUF	28

## VI

	Str.
3. Metody obliczania natężenia pola	28
3.1. Postępy w metodach obliczeniowych	28
3.2. Metoda HFBC	30
3.2.1. Trasy o długości poniżej 7000 km	30
3.2.2. Trasy o długości powyżej 9000 km	34
3.2.3. Trasy o długości 7000 - 9000 km	38
4. Zaniki sygnału	39
4.1. Przyczyny i rodzaje zaników	39
4.2. Rozrzut czasowy natężenia pola	40
4.2.1. Zaniki szybkie	40
4.2.2. Zaniki powolne	40
4.3. Sumaryczny efekt zaników	42
5. Szumy i zakłócenia	43
5.1. Źródła i rodzaje szumów i zakłóceń	43
5.2. Szumy pochodzenia naturalnego	44
5.2.1. Szumy atmosferyczne	44
5.2.2. Szumy galaktyczne	45
5.3. Szumy przemysłowe	45
5.4. Szumy własne odbiornika	46
5.5. Wypadkowy poziom szumów i zakłócenia interferencyjne	46
6. Graniczne wartości natężenia pola	47
6.1. Minimalne użyteczne natężenie pola	47
6.2. Chronione natężenie pola	48
7. Współczynniki ochronne	48
7.1. Współczynniki ochronne w systemie dwuwstęgowym (DSB)	48
7.2. Współczynniki ochronne po wprowadzeniu systemu jednowstęgowego (SSB)	51
7.3. Współczynniki ochronne przy synchronizacji nadajników	53
8. Charakterystyki anten nadawczych	54
8.1. Anteny bezkierunkowe	54
8.2. Anteny kierunkowe dla małych zasięgów	55
8.3. Anteny kierunkowe dla średnich i dużych zasięgów	56



## VII

	Str.
8.4. Podstawowe materiały do projektowania charakterystyk anten krótkofalowych	57
9. niezawodność radiofonii krótkofalowej	58
9.1. Definicje	58
9.2. Metody obliczania niezawodności	59
9.2.1. Obliczanie BCR	59
9.2.2. Obliczanie BRR	61
9.2.3. Obliczanie BBR	61
9.2.4. Obliczanie OCR	62
9.2.5. Obliczanie ORR	64
9.2.6. Obliczanie OBR	64
10. Procedura projektowania pokrycia obszarów odbioru	65
10.1. Drogi postępowania	65
10.2. Faza wstępna	66
10.2.1. Sformułowanie zadania	66
10.2.2. Założenia	66
10.2.3. Dane wejściowe	67
10.3. Faza zasadnicza	68
10.3.1. Projektowanie bez uwzględnienia zakłóceń interferencyjnych	68
10.3.2. Postępowanie przy projektowaniu z uwzględnieniem rzeczywistej sytuacji interferencyjnej	70
Wykaz literatury	72

Filomena Grodzicka

### ZAGADNIENIE ROZDZIAŁU CZĘSTOTLIWOŚCI DLA RADIOFONII KRÓTKOFALOWEJ

1. Wprowadzenie	75
2. Ogólne zasady rozdziału częstotliwości dla radiofonii krótkofalowej w skali światowej	78
3. System planowania HFBC	83
3.1. Opis ogólny	83

## VIII

	Str.
3.2. Etap I	84
3.2.1. Zakres Etapu I	84
3.2.2. Zbiór zapotrzebowań	85
3.2.3. Zbiór stref odbioru i punktów testowych	86
3.2.4. Zbiór charakterystyk promieniowania anten	87
3.2.5. Zbiór wartości minimalnego użytecznego natężenia pola $E_{min}$	87
3.3. Etap II	89
3.3.1. Zakres Etapu II	89
3.3.2. Ochrona proporcjonalnie zmniejszona /PRP/	90
3.3.3. Optymalny zakres częstotliwości	90
3.3.4. Właściwy zakres częstotliwości	91
3.3.5. Niezbędna maksymalna liczba często- tliwości	91
3.4. Etap III	93
3.4.1. Zakres Etapu III	93
3.4.2. Grupa zapotrzebowań niekompatybilnych /GIR/	99
3.4.3. Macierz stosunków sygnału użytecznego do sygnału zakłócającego S/I	103
3.4.4. Przydzielanie częstotliwości	104
3.5. Etap IV	108
3.6. Ocena jakościowa zapotrzebowania	109
4. Procedura konsultacji	110
Wykaz literatury	113

DEFINICJA I METODA  
OKREŚLANIA OBSZARU POKRYCIA STACJI NADAWCZEJ

1. WPROWADZENIE

Przy planowaniu służb radiodifuzyjnych jest potrzebne odpowiednie określenie obszaru geograficznego, związanego ze stacją nadawczą, na którym w ustalonych warunkach technicznych może funkcjonować radiodifuzyja. Obszar zwykle uważa się za pokryty, jeżeli natężenie pola w tym obszarze jest równe albo większe od określonej wartości. Jednak ze względu na przypadkową zmienność warunków lokalnych, mających poważny wpływ na wielkość natężenia pola na nierównym terenie, w obszarze otaczającym stację występują nie tylko miejsca pokryte, lecz również miejsca zacienione w zależności od tego, czy natężenie pola jest większe, czy mniejsze od określonej wartości. Bardzo istotne staje się więc znalezienie właściwego sposobu określania pokrytego obszaru wokół stacji nadawczej.

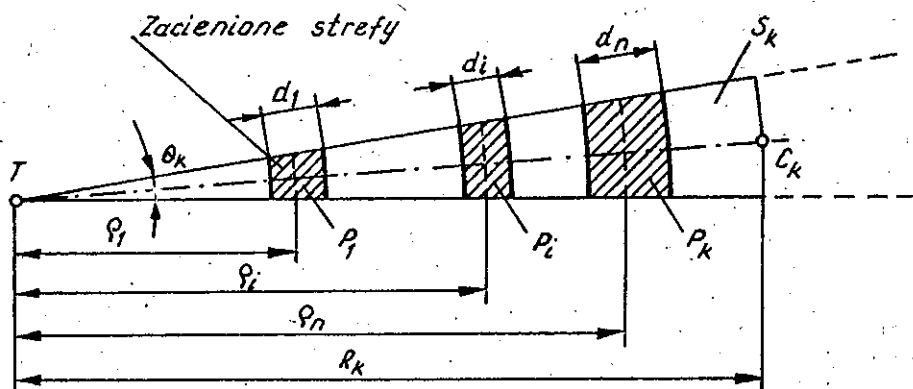
Na powyższy temat opracowano już i przedstawiono - między innymi w ramach współpracy międzynarodowej /w materiałach CCIR i w dokumentach końcowych konferencji UIT/ - różne propozycje dotyczące poszczególnych służb radiodifuzyjnych, takich jak: radiofonia i telewizja oraz radiodifuzyja satelitarna. Zaprezentowane definicje i metody wydają się jednak niedostatecznie precyzyjne i kompletne. Jako przykład można podać, że jeżeli obszar pokrycia jest definiowany przez ograniczającą go linię, wzdłuż której przewiduje się stałe natężenie pola, to takie ujęcie zagadnienia wcale nie zapewnia określonej jakości służby radiodifuzyjnej w każdym miejscu obszaru oraz pomija miejsca na zewnątrz linii ograniczającej obszar pokrycia, w których jakość służby może być nawet lepsza od wymaganej.

Obszar pokrycia powinien być zdefiniowany jako pojęcie statystyczne. Definicja statystyczna oparta na odpowiedniej metodzie określania natężenia pola, umożliwiającą uwzględnianie lokalnych nierówności terenu, daje rzeczywisty obraz efektywności stacji nadawczej w pokrywaniu obszarów, będących przedmiotem zainteresowań planistów i użytkowników służb radiodifuzyjnych.

## 2. WYZNACZANIE OBSZARU POKRYCIA STACJI NADAWCZEJ

W celu wyznaczenia obszaru pokrycia stacji nadawczej konieczne jest określenie wartości natężenia pola we wszystkich interesujących punktach w obrębie szerokiego obszaru otaczającego stację. Zwykle wymaga to zastosowania metod statystycznych. Rozważa się mały obszar /o średnicy około 1 km/, wokół nominalnego punktu odbioru, w którym wszystkie miejsca są w przybliżeniu jednakowo odległe od stacji. W obrębie takiego obszaru określa się - pomiarowo lub z zastosowaniem odpowiedniej metody przewidywania pola - kilka statystycznie przeciętnych wartości natężenia pola. Zwykle przyjmuje się jako reprezentatywną w danym punkcie wartość mediany natężenia pola. Jeżeli założy się, że natężenie pola stale maleje ze wzrostem odległości od stacji wzdłuż wszystkich kierunków radialnych, to oczywiście proste jest zdefiniowanie obszaru pokrycia przez pojedynczą linię, ograniczającą ten obszar. Jednak przy występowaniu zacięnień, w których mediana natężenia pola jest mniejsza od przyjętej wartości granicznej, jednoznaczne określenie obszaru pokrycia staje się trudne.

Na rys. 1 przedstawiono mały sektor  $S_k$  obszaru otaczającego stację nadawczą, zlokalizowaną w punkcie T. Stosując wybraną metodę określa się przewidywane natężenie pola w dostatecznej liczbie punktów wzdłuż kierunku  $TC_k$ . Następnie znajduje się zacięnione strefy  $P_1$ , wyznaczone przez odpowiednie parametry  $d_1$  i  $\xi_1$ , w obrębie których wartości natę-



Rys. 1. Zasięg stacji nadawczej

zenia pola są mniejsze od przyjętej wartości  $E_{\min}$ . Określając stosunek  $p$  pokrytego obszaru rozważanego sektora do całego obszaru sektora  $S_k$  jako:

$$p \geq \frac{S_k - \sum_{i=1}^n S_i}{S_k} = 1 - \frac{2}{R_k^2} \sum_{i=1}^n d_i \rho_i \quad /1/$$

łatwo można obliczyć maksymalną odległość  $\overline{TC}_k = R_k$ , zwaną zasięgiem stacji nadawczej, dla której w założonym procencie wszystkich miejsc w obrębie małego sektora  $S_k$  reprezentatywne wartości natężenia pola są większe od przyjętej wartości  $E_{\min}$ :

$$R_k \geq \left\{ \frac{2 \sum_{i=1}^n d_i \rho_i}{1 - p} \right\}^{1/2}, \quad (\rho_n + 0.5 d_n) \leq R_k \quad /2/$$

Jeżeli obliczy się zasięgi stacji nadawczej  $R_k$  dla wszystkich sektorów wokół stacji ( $\sum_k \theta_k = 2\pi$ ), to zbiór wszyst-

kich odpowiednich punktów  $C_k$  określa linię, wyznaczającą obszar pokrycia stacji T.

Przy takim wyznaczaniu obszaru pokrycia konieczne jest rozważenie jak największej liczby odpowiednio małych sektorów  $S_k$  wokół stacji nadawczej. Kąt  $\theta_k$  powinien być dostatecznie mały, aby można było uważać wszystkie pionowe przekroje terenu wzdłuż promieni wewnątrz sektora jako skorelowane w takim stopniu, że przekrój wzdłuż linii  $\overline{TC}_k$  jest reprezentatywny dla nich wszystkich. Jeżeli rozważa się ograniczoną liczbę sektorów  $S_k$ , to uzyskane wyniki powinny być traktowane jako odpowiednie dla całego obszaru tylko w sensie probabilistycznym.

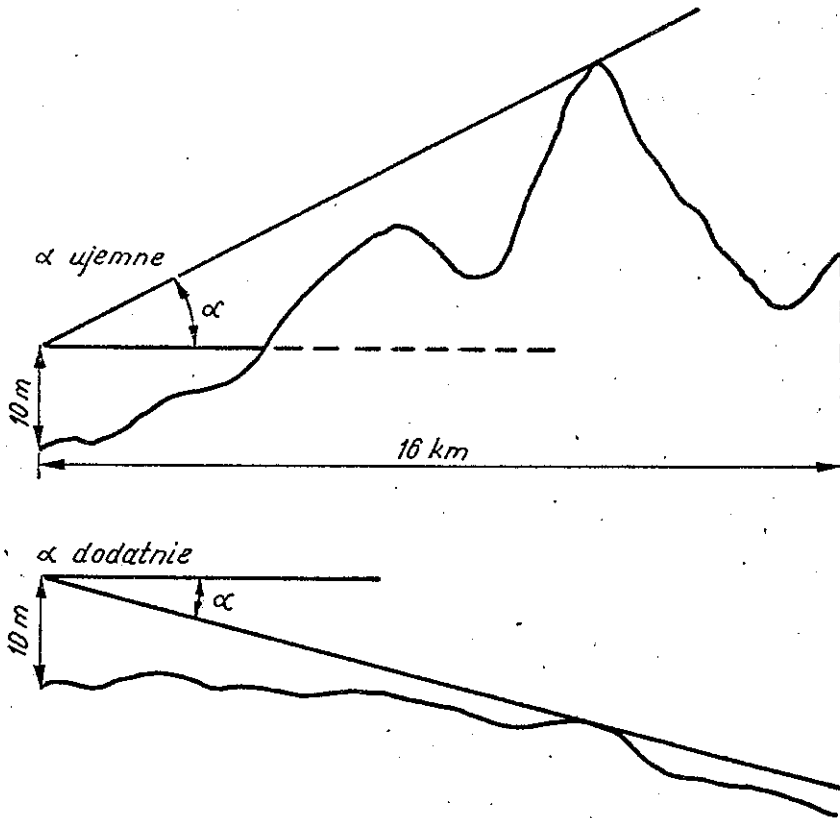
Proponowana definicja obszaru pokrycia stacji nadawczej, scharakteryzowana przez dwa istotne parametry, a mianowicie:  $p$  - względną część pokrytych miejsc i  $E_{min}$  - ustaloną wartość mediany natężenia pola, może być przyjęta i wykorzystana dla różnych służb radiowych, w tym i dla radiodifuzji. Zastosowanie tej definicji pozwala na bezpośrednią ocenę efektywności stacji nadawczej w pokryciu otaczającego ją obszaru, przy różnych parametrach technicznych stacji. Jest to szczególnie przydatne przy planowaniu sieci nadawczych.

### 3. OKREŚLANIE WARTOŚCI NATĘŻENIA POLA

Powodzenie zastosowania omawianej wyżej definicji obszaru pokrycia zależy w dużej mierze od dokładności określania reprezentatywnych wartości natężenia pola. Pomiar natężenia pola można przeprowadzać z dużą dokładnością, ale jest to czasochłonne i kosztowne, a ponadto na etapie planowania sieci nadawczych - gdy dobiera się parametry techniczne stacji - bardzo skomplikowane i w dużej mierze nie uzasadnione. Z tego względu bardziej właściwe wydaje się dysponowanie pewną metodą przewidywania natężenia pola z możliwością uwzględnienia wpływu ukształtowania terenu w otoczeniu punktu odbioru. Istnieje wprawdzie sporo metod spełnia-

jących te wymagania, ale wydaje się słuszne stosowanie znanej, wykazującej dużą zgodność wyników z pomiarami i przyjętej międzynarodowo tzw. metody kąta terenowego prześwitu /terrain clearance angle/. Na propozycję Europejskiej Unii Radiofonicznej /EBU/ metoda ta została przyjęta przez CCIR jako specjalna metoda korekcji do standardowej metody CCIR w przypadkach wymaganej większej dokładności określania natężenia pola na małym obszarze odbioru.

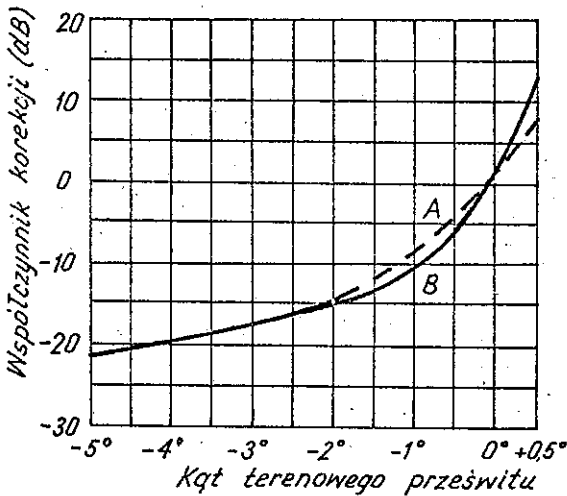
Sposób określania kąta terenowego prześwitu przedstawiono na rys. 2. Kąt ten jest mierzony między linią horyzontu



Rys. 2. Kąt prześwitu terenowego

przy antenie odbiorczej, a linię przebiegającą nad wszystkimi przeszkodami terenowymi w odległości 16 km od punktu odbioru w kierunku stacji nadawczej. Umownie przyjmuje się, że kąt  $\alpha$  jest ujemny, jeżeli linia prześwitu przebiega nad horyzontem, a dodatni - jeżeli linia ta przebiega poniżej horyzontu.

Na podstawie wyznaczonych wielkości kąta terenowego prześwitu odczytuje się z wykresu pokazanego na rys. 3 współczynniki korekcji, które powinny być zastosowane do wartości natężenia pola określonych wg Zalecenia 370 CCIR dla 50% miejsc odbioru.



Rys. 3. Współczynnik korekcji kąta terenowego prześwitu  
 Krzywe: A - zakres fal metrowych, B - zakres fal decymetrowych

Współczynniki korekcji dla wartości kąta terenowego prześwitu mniejszych od  $-5^{\circ}$  i większych od  $+0,5^{\circ}$  nie są podane na rys. 3 ze względu na małą liczbę badanych tras, dla których wartości te występowały. Można jednak określić te współczynniki przez zastosowanie interpolacji liniowej między krzywymi na rys. 3 i granicznymi wartościami 30 dB i

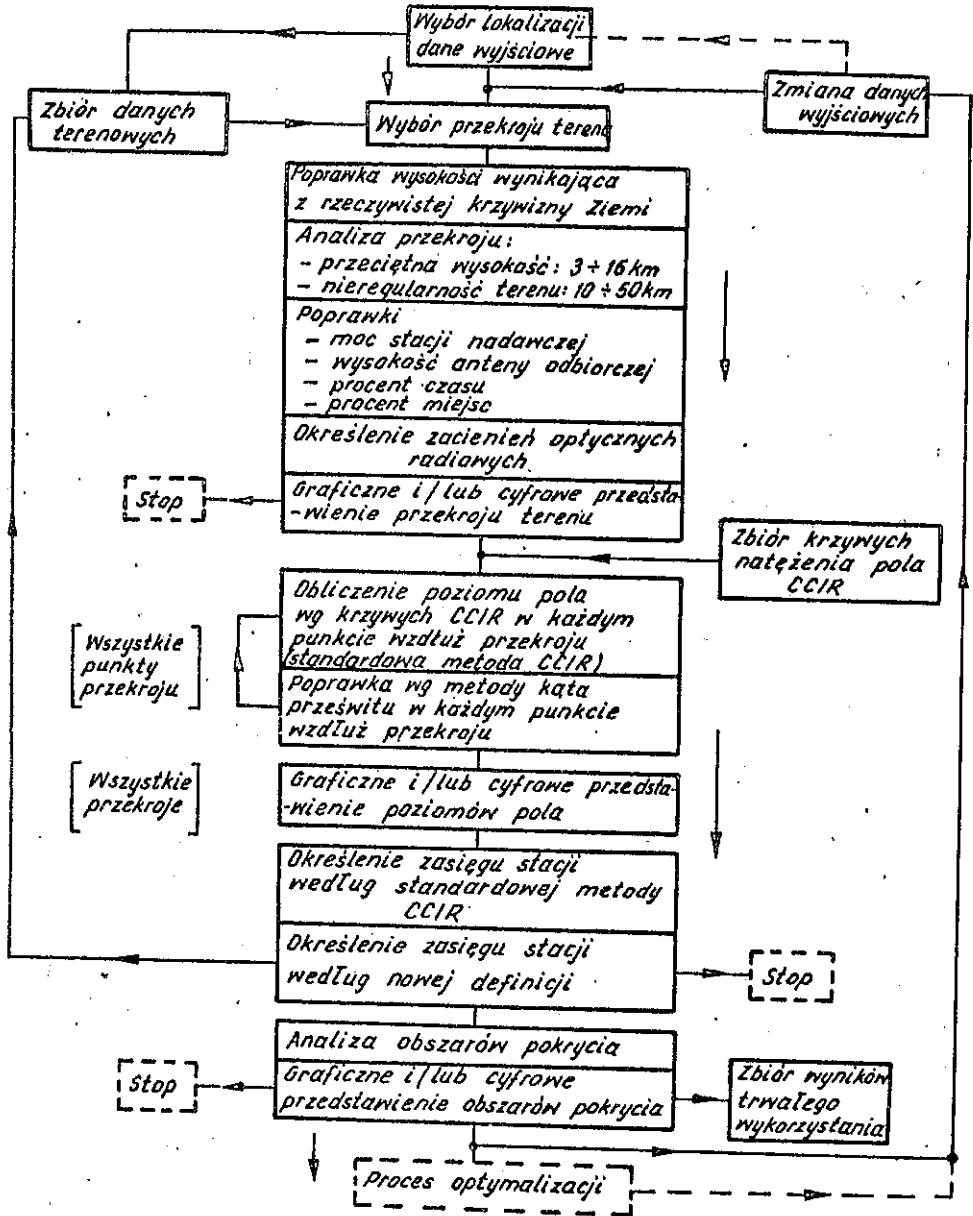


40 dB odpowiednio dla zakresu fal metrowych i decymetrowych przy kącie  $+1,5^{\circ}$  oraz wartością  $-40$  dB dla obu zakresów częstotliwości przy kącie  $-15^{\circ}$ . Naturalnym uwarunkowaniem stosowania tej interpolacji jest nieprzekroczenie wartości natężenia pola w wolnej przestrzeni.

#### 4. ZASTOSOWANIE MASZYN CYFROWYCH

Określanie obszarów pokrycia stacji nadawczych, związane z obliczaniem natężenia pola w bardzo dużej liczbie punktów, wymaga zastosowania maszyn cyfrowych. Organizacja opracowanego dla tych celów programu komputerowego przedstawia się następująco:

- dane dotyczące terenu otaczającego lokalizację rozważanej stacji są przechowywane w osobnym zbiorze i istnieje możliwość łatwego odtworzenia przekroju terenu w żądanym kierunku;
- krzywe natężenia pola CCIR są przechowywane w formie rodziny wykresów; obliczenia przeprowadza się wybierając podzbiory odpowiednich danych i stosując wielokrotną, dwuwymiarową, wielomianową interpolację;
- na podstawie danych przekroju terenu wykonuje się w sposób standardowy obliczenia i korekcje poziomu pola z zastosowaniem metod zaleconych przez CCIR;
- stosuje się dodatkowo korekcję kąta prześwitu, biorąc pod uwagę lokalne warunki terenowe; program może być łatwo rozszerzony w celu włączenia innych poprawek, jak np. współczynniki korekcji dla obszarów miejskich;
- zasięgi stacji nadawczych i obszary pokrycia określa się na podstawie wartości przewidywanego natężenia pola; dla tych samych celów można zastosować również zmierzone mediany poziomów pola - jeżeli się nimi dysponuje.



Rys. 4. Schemat blokowy programu komputerowego przeznaczonego do określania zasięgów stacji nadawczych i obszarów pokrycia

Za pomocą omówionego programu komputerowego można otrzymać wiele różnych wyników w formie cyfrowej i/lub graficznej:

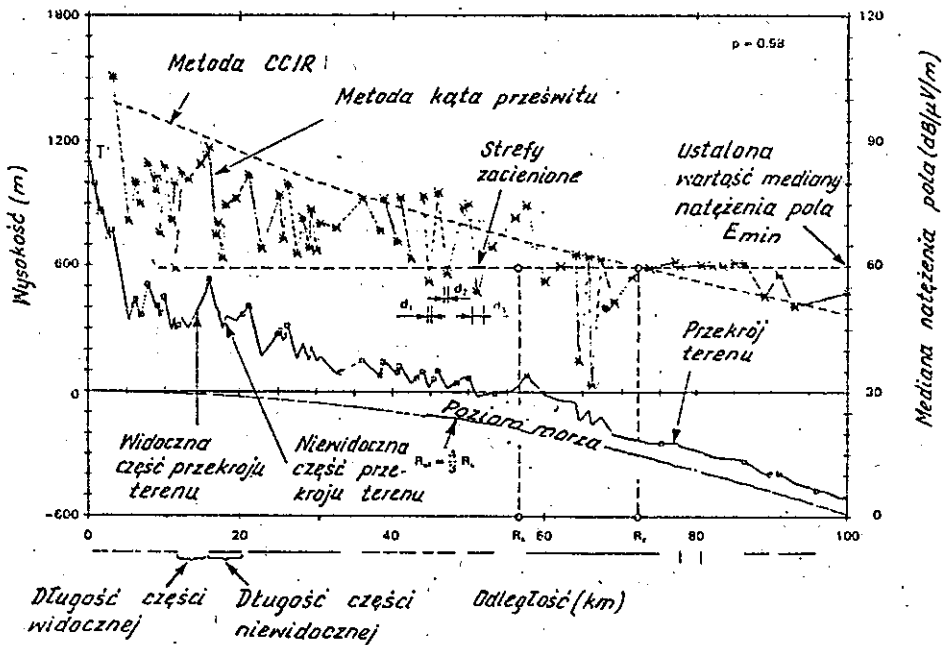
- pionowe przekroje terenu nad płaską, geometrycznie lub rzeczywiście zakrzywioną powierzchnią ziemi;
- poziomy przewidywanego natężenia pola wzdłuż przekroju terenu odpowiednio do zastosowanych metod: standardowej CCIR i kąta prześwitu, jak również innych znanych metod przewidywania natężenia pola;
- zasięgi stacji dla danego procentu pokrytych miejsc i dla określonej reprezentatywnej wartości mediany natężenia pola;
- obszary pokrycia odpowiadające proponowanej definicji oraz obszary pokrycia określone z zastosowaniem standardowej metody CCIR przewidywania natężenia pola;
- optyczną widoczność, radiową widoczność, obszary zaciemnienia itd.

Schemat blokowy programu przedstawiono na rys. 4.

## 5. PRAKTYCZNE ZASTOSOWANIE DEFINICJI I METODY

Stosując proponowaną metodę i opracowany program komputerowy przeanalizowano wiele różnych lokalizacji stacji nadawczych i odpowiednio wiele przekrojów terenu. Poniżej podano kilka typowych przykładów.

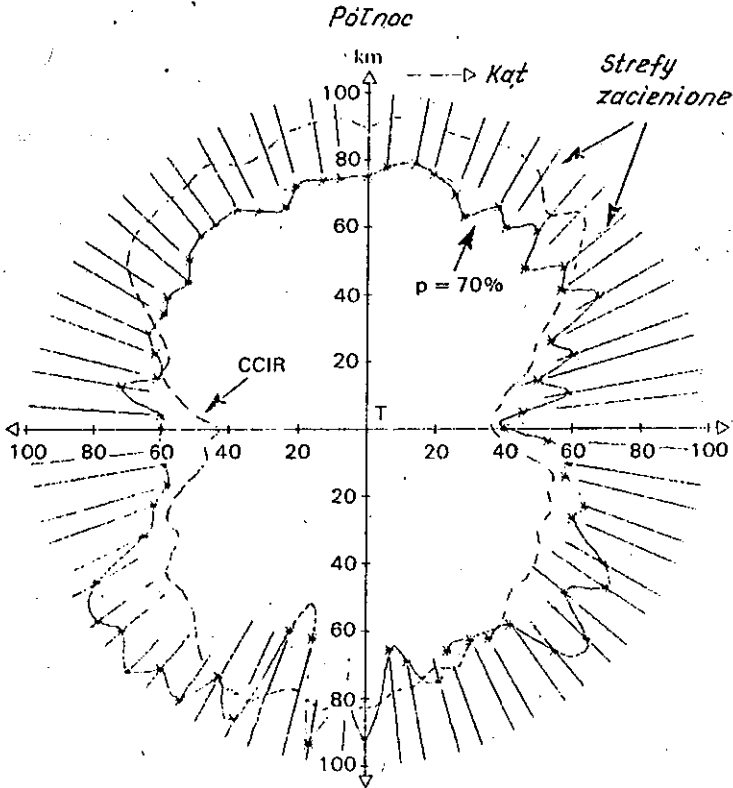
Na rys. 5 pokazano pionowy przekrój terenu i wartości mediany natężenia pola wzdłuż tego przekroju, obliczone metodą standardową CCIR i metodą kąta prześwitu dla wybranej lokalizacji stacji i wybranego kierunku. Wykorzystywano zbiór danych geograficznych pochodzących z mapy numerycznej. Linia kreskowana, monotonicznie opadająca, przedstawia wartości mediany natężenia pola, obliczone standardową metodą CCIR z uwzględnieniem poprawek wynikających z nieregularności terenu. Ciągła linia z gwiazdkami, odpowiadająca



Rys. 5. Przekrój terenu i przewidywane wartości natężenia pola

obliczeniom metodą kąta przeswitu, jest wyraźnie bardzo dobrze skorelowana z przekrojem terenu. W przypadku zastosowania standardowej metody CCIR zasięg stacji nadawczej, a tym samym graniczny punkt obszaru pokrycia, mogą być wyznaczone tylko przez przecięcie linii kreskowanej z linią poziomą, odpowiadającą ustalonej wartości mediany natężenia pola  $E_{min}$ . Tym samym nie są określone zacienione części trasy. W przeciwieństwie do tego, przy użyciu metody przewidywania natężenia pola, umożliwiającej uwzględnianie lokalnych nierówności terenu, takiej jak metoda kąta przeswitu oraz przy równoczesnym zastosowaniu proponowanej definicji, uzyskuje się o wiele więcej danych o pokryciu terenu.

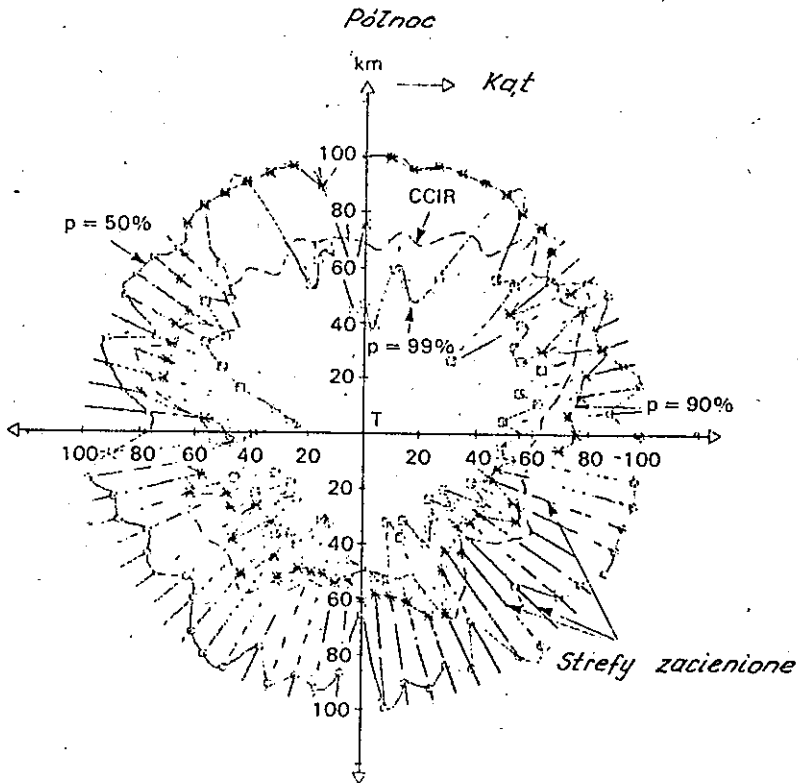
Na rys. 6 przedstawiono - dla lokalizacji stacji na odosobnionej górze w otaczającym płaskim terenie - dwa różne obszary pokrycia przy przyjęciu tej samej wartości  $E_{\min}$  i tych samych wszystkich innych parametrów technicznych. Linię zasięgów oznaczoną gwiazdkami, uzyskano zgodnie z proponowaną definicją z zastosowaniem metody kąta prześwietu i przy  $p = 0,7$ . Linia kreskowana natomiast ogranicza obszar pokrycia, określony na podstawie standardowej metody CCIR. Różnica między oboma obszarami pokrycia jest wyraźna, ale niezbyt znaczna. W określonej sytuacji terenowej



Rys. 6. Obszary pokrycia stacji zlokalizowanej na odosobnionej górze w otaczającym płaskim terenie

niewystępowanie większych nierówności terenu można było spodziewać się takich wyników.

Inny, typowy przykład podano na rys. 7. Pokazano cztery obszary pokrycia stacji zlokalizowanej w bardzo górzystym terenie. Podobnie jak na poprzednim rysunku, obszar ograniczony linią kreskową wyznaczoną z zastosowaniem standardowej metody CCIR, natomiast trzy pozostałe obszary - metodą kąta prześwietu odpowiednio do proponowanej definicji. Przy określaniu każdego z obszarów założono tę samą wartość mediany natężenia pola  $E_{min}$ . Trzy obszary ograniczone liniami



Rys. 7. Obszary pokrycia przy analizie stacji w bardzo górzystym terenie

ciągłymi zostały wyznaczone dla 99, 90 i 50% pokrytych miejsc. Oczywiście jest, że obszar pokrycia maleje ze wzrostem procentów miejsc, które powinny być pokryte. Widoczne są znaczne różnice pomiędzy obszarem pokrycia określonym z zastosowaniem standardowej metody CCIR, a każdym z trzech obszarów wyznaczonych zgodnie z proponowaną metodą. Ta ostatnia daje bardziej rzeczywisty obraz pokrycia niż metoda CCIR.

Dysponowanie wykresami takimi jak przedstawione na rys. 5, 6 i 7 umożliwia inżynierom planującym sieci stacji nadawczych ocenę słuszności wyboru lokalizacji stacji z punktu widzenia interesów danej służby radiowej, a to dzięki możliwości porównania przewidywanych obszarów pokrycia stacji. Ułatwia to i doskonali proces planowania z uwzględnieniem zarówno aspektów technicznych, jak i ekonomicznych.

Na zakończenie warto podać kilka uwag charakteryzujących proponowaną metodę określania zasięgów i obszarów pokrycia stacji.

- Dla wymaganego procentu pokrytych miejsc można zawsze wyznaczyć jedyną linię ograniczającą obszar pokrycia.
- Uzyskuje się zarówno ogólną, jak i szczegółową ocenę sytuacji w obszarze pokrycia.
- Wszystkie próby wykazują bardzo dobrą zgodność kształtu obszaru pokrycia z cechami danego terenu, jak np. obszaru górskiego czy nizinnego.
- Z zastosowaniem metody przewidywania rzeczywistego natężenia pola można wyznaczyć strefy o dostatecznej lub słabej jakości odbioru nawet poza obszarem pokrycia.
- Dokładność proponowanej metody zależy tylko od niezawodności metody przewidywania natężenia pola i od liczby punktów, w których obliczono lub zmierzono wartości mierzony natężenia pola.

## WYKAZ LITERATURY

1. CCIR:XVth Plenary Assembly /Geneva 1982/, vol. X-I. Recommendation 499-2 /Definition of specific field strength and coverage area in LF, MF, HF and VHF sound broadcasting/.
2. CCIR:XVIth Plenary Assembly /Dubrovnik, 1986/, vol.V. Recommendation 370-5 /VHF and UHF curves for the frequency range from 30 MHz to 1000 MHz/.
3. CCIR:XVIth Plenary Assembly /Dubrovnik, 1986/, vol.V. Report 239-6 /Propagation statistics required for broadcasting services using the frequency range 30 to 1000 MHz/.
4. EBU: Improvement of predictions of field strengths in VHF and UHF bands, CCIR Study Groups, Doc.5/28-E, February 1980.
5. ITU: Final Acts of the Regional Administrative Conference for the planning of VHF sound broadcasting /Region I and parts of Region 3/, Geneva 1984, Annex 2.
6. ITU: Final Acts of the World Broadcasting-Satellite Administrative Radio Conference, Geneva 1977, Chapter I.
7. Paunovic D.S., Stojanovic I.S.: A new definition of the radio coverage area. Telecommunication Journal, vol. 54, No X, October 1987, pp. 670 - 676.



Wacław Lisicki

621.396.74:621.396.97::621.3.029.001.2

## METODYKA PROJEKTOWANIA POKRYCIA OBSZARU ODBIORU EMISJĄ RADIOFONII KRÓTKOFALOWEJ

### 1. WPROWADZENIE

Wykorzystanie fal dekametrowych do nadawania programów radiofonicznych na odległe obszary za pośrednictwem jonosfery sięga swymi początkami lat dwudziestych. W okresie przeszło sześćdziesięciu lat funkcjonowania radiofonii krótkofalowej pojawiły się nowe służby radiowe, niezwykle atrakcyjne dla szerokiego ogółu, jak na przykład radiofonia UKF FM wysokiej jakości, telewizja i wreszcie w ostatnich czasach radiodifuzja satelitarna. Mimo wzmagającego się zainteresowania masowego odbiorcy tymi służbami, radiofonia krótkofalowa nie została usunięta w cień. Obok wymiany kulturalnej możliwej w skali światowej, główną przyczyną popularności i zainteresowania czynników rządzących w wielu krajach jest jej funkcja propagandowo-polityczna. Do tego należy jeszcze dodać rolę, wprawdzie dość obojętną z naszego subiektywnego punktu widzenia, ale bardzo istotną dla wielu krajów Trzeciego Świata, a mianowicie rozpowszechnianie programów krajowych. Dotyczy to przede wszystkim krajów o rozległych terytoriach oraz krajów wyspiarskich.

Wymienione okoliczności pozwalają spodziewać się, że radiofonia krótkofalowa nie prędko jeszcze przejdzie w stadium regresu. Dowodzi tego nie malejące zapotrzebowanie na kanały częstotliwościowe, co ze szczególną wyrazistością ujawniło się w trakcie przygotowań i w samym przebiegu Światowej Administracyjnej Konferencji Radiofonii Krótkofalowej, której dwie sesje, nazywane skrótowo HFBC /1/ 1

HFBC/2<sup>x/</sup>, odbyły się w Genewie w latach 1984 i 1987 [1,2] .

Trudności związane z zaspokojeniem żądań częstotliwościowych wskazują na konieczność prowadzenia przez administracje łączności wszystkich krajów racjonalnej gospodarki w zakresach fal dekametrowych przeznaczonych dla radiofonii. Nadawania powinny być ograniczone do rzeczywiście niezbędnych, przy czym częstotliwości robocze i parametry relacji należy tak dobierać, aby z jednej strony zapewnić zadowalającą słyszalność w obszarze docelowym, a z drugiej strony nie stwarzać zbędnego zapasu częstotliwościowego i energetycznego. Należy również unikać niepotrzebnego pokrywania emisją terytoriów nie zaliczających się do obszaru przeznaczenia audycji. Byłaby to bowiem ekstensywna gospodarka widmem, dająca w efekcie zakłócenia interferencyjne, a nie przynosząca korzyści własnej administracji.

Nasuwa się zatem oczywisty wniosek, że wyposażenie krótkofalowych ośrodków w nadajniki i anteny, a także ich eksploatacja, powinny być dokonywane na podstawie wnikliwych analiz propagacyjnych, dających możliwość odpowiedniego doboru częstotliwości roboczych i parametrów relacji, co właśnie jest przedmiotem projektowania pokrycia emisji programów radiofonicznych obszarów docelowych.

Na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych podjęto w Instytucie łączności prace nad unowocześnieniem i komputeryzacją metod obliczeniowych służących do projektowania dalekosiężnych relacji radiokomunikacyjnych i pokrycia obszarów docelowych emisją radiofoniczną [3, 4, 5] . W ostatnich latach prace IŁ w tej dziedzinie zostały ukierunkowane na przygotowania do Konferencji HFBC. Efektem tej serii prac, obok gruntownego przygotowania stanowiska Administracji łączności PRL na tę Konferencję, było wypracowanie metodyki projektowania pokrycia obszarów odbioru emisją programów radiofonicznych w zakresie fal dekametrowych.

---

<sup>x/</sup> HFBC - High Frequency Broadcasting /ang./ - Radiofonia Krótkofalowa.

## 2. PROGNOZOWANIE MAKSYMALNYCH CZĘSTOTLIWOŚCI UŻYTECZNYCH

### 2.1. Definicje

W Zaleceniu 373-5 CCIR [6] są podane następujące definicje maksymalnych częstotliwości użytecznych nazywanych skrótowo MUF<sup>x/</sup>:

- MUF podstawowa jest to największa częstotliwość, na której fala radiowa może rozchodzić się pomiędzy stacjami końcowymi, w określonych okolicznościach, wyłącznie poprzez refrakcję jonosferyczną;
- MUF eksploatacyjna jest to największa częstotliwość, która pozwala na zadowalającą pracę służby radiowej pomiędzy danymi stacjami końcowymi, w danym czasie, w określonych warunkach eksploatacyjnych /moc nadajnika, typ anteny, rodzaj emisji i wymagany stosunek sygnału do szumu/. Niekiedy zamiast terminu MUF eksploatacyjna stosowany bywa termin MUF robocza, a często jest używany po prostu termin MUF.

W praktyce inżynierskiej znajduje zastosowanie również pojęcie OWF<sup>xx/</sup> lub równoznaczne FOT<sup>xxx/</sup>. Oznacza to dolny decyl wartości MUF eksploatacyjnej o danej godzinie, w ciągu danego okresu /najczęściej w ciągu miesiąca/.

Powyższe definicje zostały przyjęte również przez Konferencję HFBC.

---

x/ MUF - Maximum Usable Frequency /ang./ - Maksymalna Częstotliwość Użyteczna

xx/ OWF - Optimum Working Frequency /ang./ - Optymalna Częstotliwość Robocza.

xxx/ FOT - Fréquence Optimale de Travail /fr./ - znaczenie jw.

## 2.2. Materiały podstawowe

Podstawę prognozowania maksymalnych częstotliwości użytecznych są dane uzyskiwane z wieloletnich sondowań jonosfery prowadzonych przez obserwatoria rozmieszczone na całym świecie. Zarejestrowane jonogramy podlegają interpretacji, po czym tabelaryczne zestawienia kilkunastu najważniejszych parametrów jonosfery przesyła się do odpowiedniego Światowego Centrum Danych. Jedno z takich centrów znajduje się w Moskwie, dokąd do 1985 roku wysyłano wyniki sondowań prowadzonych przez Instytut Łączności w Miedzeszynie. Należy podkreślić, że dane pochodzące z jednego obserwatorium nie mogą wystarczyć do sporządzenia prognoz w skali wielkoobezarowej. Takie prognozy wymagają gromadzenia danych z większej liczby obserwatoriów. Prognozy długoterminowe są wydawane z wyprzedzeniem, zazwyczaj trzymiesięcznym, przy czym mogą być uściślane w miarę zbliżania się terminu ich stosowania. Takie postępowanie służy celom eksploatacyjnym. Natomiast dla potrzeb projektowania najbardziej są przydatne zbiory map charakterystyk jonosferycznych oraz gotowe wykresy sporządzane dla wybranych miesięcy i wartości wskaźnika aktywności słonecznej. Bardzo cenne w tym aspekcie były swego czasu Normy IFRB<sup>x/</sup> [7], które nadal mogą służyć do obliczeń "ręcznych".

Od przeszło dwudziestu lat, jako główny materiał podstawowy do prognozowania MUF, jest powszechnie używany Atlas Charakterystyk Jonosferycznych CCIR, opublikowany w roku 1966, jako Sprawozdanie 340 w postaci osobnego wydawnictwa [8], obecnie uzupełniony. Ogólne wytyczne korzystania z Atlasu CCIR podano w Zaleceniu 434-4 [9]. W Atlasie tym zamieszczono światowe mapy charakterystyk jonosferycznych w postaci analogowej i numerycznej oraz niezbędne do obliczeń nomogramy. W uzupełnieniu nr 1 do Sprawozdania 340

<sup>x/</sup> IFRB - International Frequency Registration Board /ang./ - Międzynarodowa Izba Rejestracji Częstotliwości.

podano wzory, nomogramy i wykresy, stanowiące podstawy prognozowania MUF dla warstwy F1, występującej tylko w godzinach dziennych, w porze letniej.

Mapa charakterystyk jonosferycznych jest w istocie funkcją pięciu zmiennych, a mianowicie: szerokości geograficznej  $\lambda$ , długości  $\theta$ , czasu uniwersalnego UTC, numeru miesiąca  $m$  i wskaźnika aktywności słonecznej  $R_{12}$ . Funkcja ta może być przedstawiona w postaci analogowej na tle mapy konturowej świata, dla danego miesiąca, danej godziny i danej wartości  $R_{12}$ . Może być też pokazana w postaci funkcji wielu zmiennych i tablic współczynników numerycznych. Atlas CCIR obejmuje obie postacie map: analogową i numeryczną. Trzecią postacią mapy jest zbiór kart perforowanych zawierających tę samą treść, co dwie poprzednie. Obecnie cały zbiór przeniesiono na taśmę magnetyczną i jest on wykorzystywany głównie w tej ostatniej formie.

Zarówno mapy analogowe, jak i tablice współczynników numerycznych podano osobno dla każdego miesiąca, dla określonych godzin i dla dwóch wartości  $R_{12} = 0$  i  $R_{12} = 100$ . Dla  $0 < R_{12} < 100$  stosuje się interpolację; zaś dla  $100 < R_{12} \leq 150$  - ekstrapolację liniową. Jeśli  $R_{12}$  przekracza 150, to przyjmuje się wartość  $R_{12} = 150$ . Użyty w Atlasie CCIR wskaźnik aktywności słonecznej przedstawia sobą wartość ślizgową średniej liczby plam słonecznych za okres obejmujący +6 miesięcy licząc od miesiąca, dla którego określa się wartość  $R_{12}$  [10].

Atlas CCIR wraz z uzupełnieniami umożliwia również obliczenie częstotliwości krytycznej warstwy sporadycznej  $f_oE_s$ , częstotliwości ekranowania warstwy F2 i niektórych innych, mniej istotnych dla celów projektowania parametrów.

### 2.3. Prognozowanie MUF podstawowej

#### 2.3.1. MUF dla warstwy E

Obliczenia prognozytyczne rozpoczyna się od wyznaczenia częstotliwości krytycznej  $f_oE$ . Dla tras o długości mniej-

szej od 2000 km wartość  $f_o E$  określa się w punkcie środkowym trasy. Dla tras dłuższych niż 2000 km wyznacza się dwa punkty kontrolne leżące w odległości 1000 km od każdego końca trasy, w których określa się częstotliwości krytyczne.

Częstotliwość krytyczną warstwy E oblicza się z następującej zależności [1]:

$$f_o E = 0,9 \left[ (180 + 1,44 R_{12}) \cos X' \right]^{0,25} \quad [\text{MHz}] \quad /1/$$

przy czym:  $X' = X$  ,

jeżeli  $0 \leq X \leq 80$ ,

$$X' = 90 - \frac{e^{0,13(116 - X)}}{10,8} \quad \text{jeżeli } 80 < X < 116,$$

$X' = 89,907$ ,

jeżeli  $X \geq 116$ ,

zaś:  $X$  - kąt zenitalny Słońca odczytany dla szerokości geograficznej punktu środkowego trasy, względnie punktu kontrolnego, dla danego miesiąca i danej godziny czasu lokalnego.

Przy obliczeniach bez pomocy komputera korzysta się z zamieszczonych w Atlasie CCIR wykresów kąta zenitalnego Słońca w funkcji szerokości geograficznej i czasu lokalnego. Przykład takiego wykresu pokazano na rys. 1.

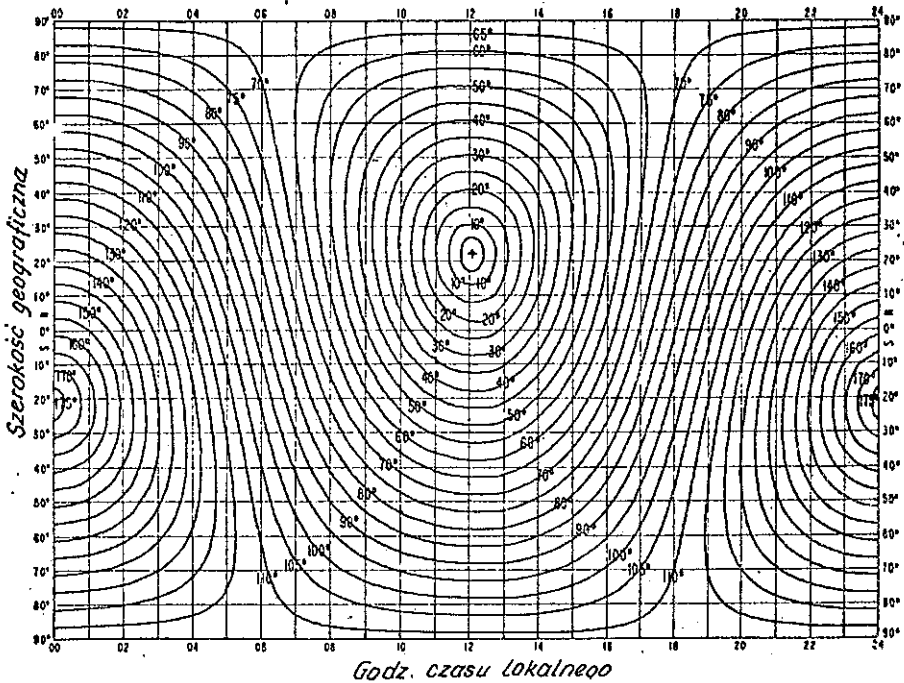
MUF dla warstwy E na trasie o długości  $D$  km oblicza się z zależności:

$$E(D) \text{ MUF} = f_o E \times \sec i_{110} \quad [\text{MHz}] \quad /2/$$

gdzie:  $f_o E$  - częstotliwość krytyczna w środkowym punkcie trasy, jeżeli długość jej nie przekracza 2000 km lub mniejsza z dwóch częstotliwości

krytycznych w punktach kontrolnych na trasie dłuższej niż 2000 km.

$i_{110}$  - kąt padania fali na warstwę E przy założeniu jej wysokości pozornej równej 110 km.



Rys. 1. Godzinowo-równoleżnikowy światowy rozkład kąta zenitalnego Słońca w lipcu

Można również korzystać z nomogramów zamieszczonych w Atlasie CCIR. Jeden z tych nomogramów służy do określenia MUF dla odległości 2000 km, a drugi pozwala wyznaczyć w zależności od  $E(2000)$  MUF szukaną wartość  $E(D)MUF$ .

W praktyce MUF dla warstwy E oblicza się dla tras o długości nie przekraczającej 4000 km, ponieważ na trasach dłuższych zbyt szybko wzrasta tłumienie wskutek większej liczby odbić od ziemi i mody E stają się zawsze niekorzystne.

## 2.3.2. MUF dla warstwy F2

Dla tras o długości nie przekraczającej 4000 km MUF oblicza się w następujący sposób:

$$F2(0)MUF = f_o F2 + \frac{f_H}{2} \quad [\text{MHz}] \quad /3/$$

$$F2(4000)MUF = 1,1 f_o F2 + M(3000)F2 \quad [\text{MHz}] \quad /4/$$

gdzie:  $F2(0)MUF$  i  $F2(4000)MUF$  - wartości MUF podatakowej w MHz, odpowiednio dla odległości 0 i 4000 km,

$f_H$  - częstotliwość żyromagnetyczna w MHz,

$M(3000)F2$  - współczynnik transmisji.

Związana ze zjawiskiem rezonansu żyromagnetycznego częstotliwość  $f_H$  zawiera się w granicach od 1,2 do 1,4 MHz i zależy od aktualnego stanu pola geomagnetycznego. Odpowiednie dane numeryczne podano w Atlasie CCIR. Również w tym Atlasie zawarto współczynniki numeryczne, opisujące współczynnik transmisji w danych warunkach przestrzenno-czasowych.

W celu określenia  $F2(0)MUF$  i  $F2(4000)MUF$  bez pomocy komputera korzysta się z map analogowych umieszczonych w Atlasie CCIR, z których poszukiwane wartości odczytuje się bezpośrednio. Przykłady takich map przedstawiono na rys. 2 i 3.

MUF dla odległości 0 i 4000 km oblicza się osobno dla  $R_{12} = 0$  i  $R_{12} = 100$ , a wartość MUF dla danej aktywności słonecznej znajduje się przez interpolację względnie ekstrapolację liniową.

Dla zadanej długości trasy MUF oblicza się w następujący sposób:

$$F2(D)MUF = F2(0)MUF + [F2(4000)MUF - F2(0)MUF] M(D) \quad [\text{MHz}] \quad /5/$$



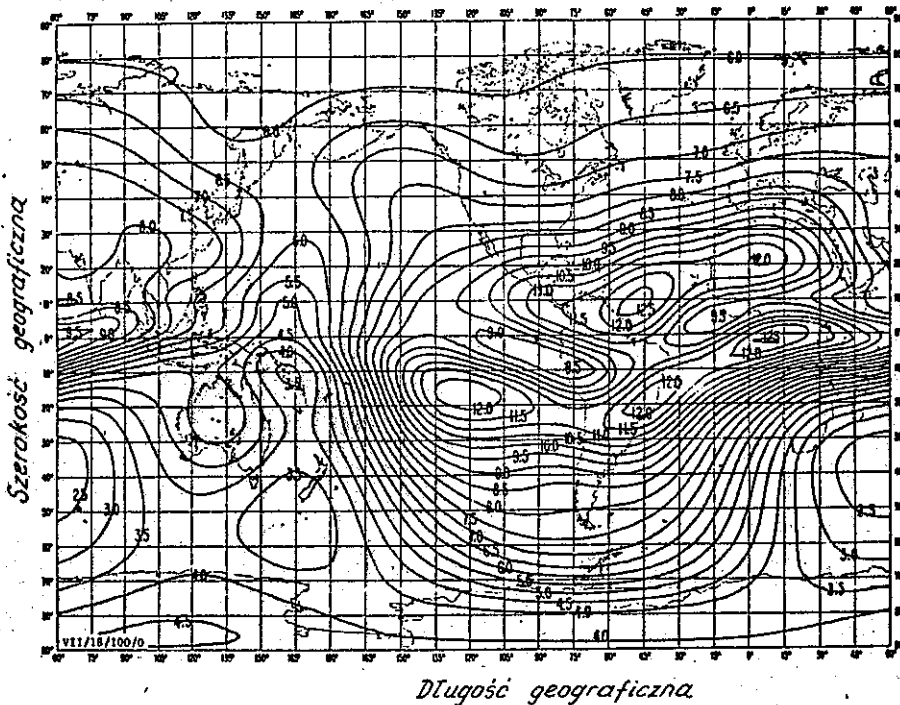
przy czym:

$$M(D) = 1,64 \times 10^{-7} \times D^2, \quad \text{jeżeli } 0 \leq D < 800 \text{ km}$$

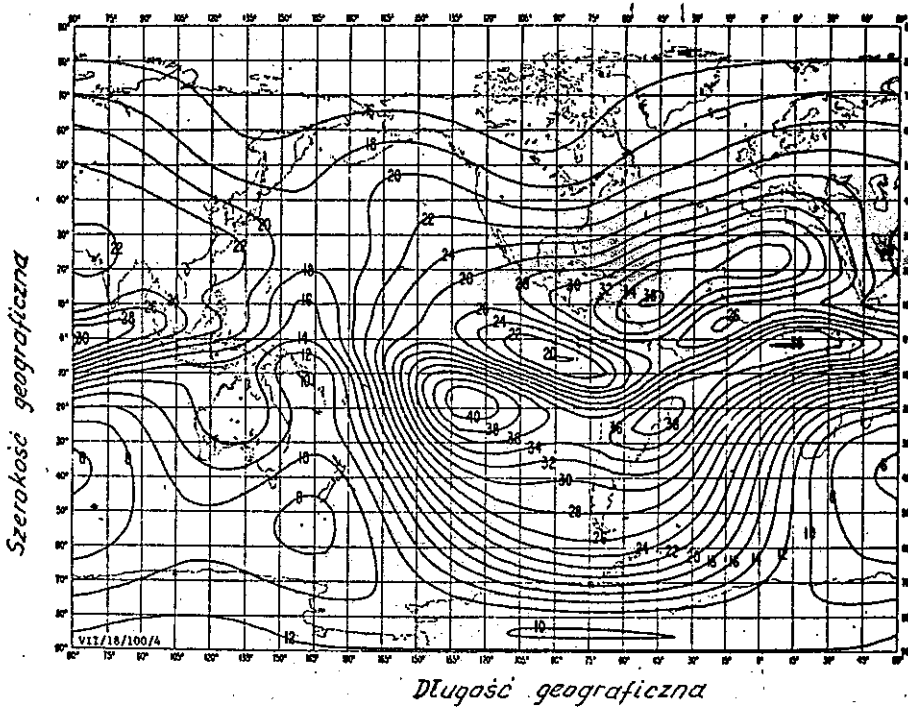
$$M(D) = 1,26 \times 10^{-14} \times D^4 - 1,3 \times 10^{-10} \times D^3 + \\ + 4,1 \times 10^{-7} \times D^2 - 1,2 \times 10^{-4} \times D$$

jeżeli  $800 \leq D \leq 4000 \text{ km}$ .

Przy obliczeniach bez pomocy komputera korzysta się z nomogramu zamieszczonego w Atlasie CCIR [8].



Rys. 2. Mapa światowego rozkładu  $F2(0)MUF$   
- lipiec, godz. 18.00 UTC



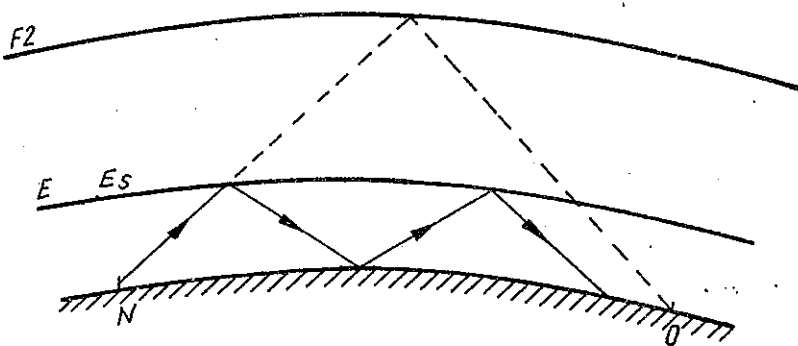
Rys. 3. Mapa światowego rozkładu F2 4000 MUF  
- lipiec, godz. 18.00 UTC

Dla tras o długości powyżej 4000 km wyznacza się punkty kontrolne w odległości 2000 km od każdego z obu końców trasy, a następnie określa się w tych punktach wartości F2(4000)MUF dla  $R_{12} = 0$  i  $R_{12} = 100$ . Podobnie jak poprzednio, znajduje się przez interpolację lub ekstrapolację w obu punktach kontrolnych F2(4000)MUF dla danego wskaźnika aktywności słonecznej. Jako MUF dla trasy przyjmuje się F2(4000)MUF dla tego punktu kontrolnego, w którym ta wartość wypada mniejsza.

### 2.3.3. Częstotliwość ekranowania

Aby fala radiowa o określonej częstotliwości przeszła od punktu nadawczego do odbiorczego za pośrednictwem war-

stwy F2, muszą nie tylko być spełnione warunki refrakcji w tej warstwie, ale jeszcze fala musi przeniknąć przez obszar E bez odbić na tym poziomie. Może bowiem powstać taka sytuacja, że fala wypromieniowana pod kątem elewacji odpowiednim dla modu 1F odbije się od warstwy E lub  $E_s$  i jeżeli nawet wg innego modu oraz z pewną zmianą kąta elewacji dojdzie do punktu odbiorczego, to natężenie pola będzie mniejsze niż po odbiciu od warstwy F2. Mówimy wtedy, że warstwa F2 jest ekranowana przez warstwę E względnie  $E_s$ . /rys. 4/.



Rys. 4. Ekranowanie warstwy F2 przez warstwę E

Zjawisko ekranowania występuje, gdy częstotliwość fali wypromieniowanej pod kątem elewacji odpowiadającym odbiciu od warstwy F2 jest mniejsza od pewnej granicznej częstotliwości, zwanej częstotliwością ekranowania:

$$f_e = 1,05 \times f_{0E} \times \sec \varphi_e \quad [\text{MHz}] \quad /6/$$

przy czym:

$$\varphi_e = \arcsin \frac{R \times \cos \Delta_F}{R + 110}$$

gdzie:  $f_{0E}$  - częstotliwość krytyczna warstwy E w środku trasy lub większa z dwóch częstotliwości kry-

tycznych w punktach kontrolnych, w MHz,

$R = 6370$  km - promień Ziemi,

$\Delta_F$  - kąt elewacji modu F2.

Po to aby obliczona wg pkt. 2.3.2 wartość  $F2(D)MUF$  była miarodajna, musi być spełniony warunek  $F2(D)MUF > f_{\bullet}$ .

## 2.4. MUF eksploatacyjna

### 2.4.1. Propagacja jonosferyczna na częstotliwościach większych od MUF podstawowej

W teoretycznym uproszczonym modelu warstwy jonosferycznej fala o częstotliwości przekraczającej MUF podstawową nie ulega odbiciu, a przechodzi przez warstwę. Rzeczywisty mechanizm refrakcji jest znacznie bardziej złożony. Fala w jonosferze ulega częściowemu rozproszeniu, w wyniku czego nawet na częstotliwościach dość znacznie powyżej MUF podstawowej część energii zostaje zawrócona ku ziemi.

Oprócz zjawiska rozproszenia, jeszcze inne rodzaje propagacji mogą być przyczyną aktywności częstotliwości większych od MUF podstawowej. Należy tu wymienić nieregularności jonosfery, propagację pozaortodromową, nietypowe mody, jak np. odbicia typu M, propagację bez odbić pośredniczących w tym tzw. efekt galerii szepczącej itp.

Wszystkie wymienione zjawiska, każde z osobna trudne do kwantytatywnego określenia, dają sumaryczny efekt, który można ocenić statystycznie w postaci stosunku MUF eksploatacyjnej do MUF podstawowej.

### 2.4.2. Stosunek MUF eksploatacyjnej do MUF podstawowej

W Sprawozdaniu 255-6 CCIR [11] podsumowano wyniki badań i doświadczeń eksploatacyjnych, wskazujące na możliwości wykorzystywania w propagacji jonosferycznej częstotliwości przekraczających MUF podstawową o 10 - 35% /tabl. 1/.

Tablica 1

Wartość stosunku: MUF eksploatacyjna  
do MUF podstawowej wg Sprawozdania 255-6 CCIR

Moc promieniowania dB(kw)	Lato		Equinox <sup>x/</sup>		Zima	
	Noc	Dzień	Noc	Dzień	Noc	Dzień
≤ 0	1,20	1,10	1,25	1,15	1,30	1,20
> 0	1,25	1,15	1,30	1,20	1,35	1,25

Ponieważ absorpcja jonosferyczna maleje ze wzrostem częstotliwości, więc pomimo że jednocześnie zmniejsza się ilość energii fali powracającej na ziemię, spadek poziomu natężenia pola nie następuje tak szybko, jakby to wynikało z procesu zanikającej refrakcji w obszarze częstotliwości powyżej MUF podstawowej.

Jak widać na tabl. 1, największe wartości stosunku MUF eksploatacyjnej do MUF podstawowej przypadają na noce zimowe, zaś najmniejsze - na letnie dni. Zaobserwowano również wzrost MUF eksploatacyjnej na trasach przechodzących w pobliżu stref zorzy polarnej.

Okoliczność, że stosunek MUF eksploatacyjnej do MUF podstawowej osiąga największe wartości podczas nocy zimowych, jest dla radiofonii bardzo pomyślna. Z obliczeń wynika, że na trasach krótkich, szczególnie w obszarze średnich i wysokich szerokości geograficznych, wartości MUF podstawowej po zapadnięciu zmroku często spadają poniżej 6 MHz. Wykorzystanie MUF eksploatacyjnej pozwala jednak odbierać z powodzeniem programy nadawane w zakresach 6, a nawet 7 MHz. Wieloletnie doświadczenia, zebrane m.in. i w Polsce, a także wyniki badań przeprowadzonych systematycznie w latach 1959-60 przez działający wówczas Ośrodek Kontroli

<sup>x/</sup> Zrównanie dnia z nocą.

Emisji Radiowych w Grodzisku Mazowieckim pod kierunkiem b. Centralnego Zarządu Radiostacji i Telewizji [12], potwierdziły słuszność takiego postępowania. Prawdopodobieństwo odbioru na częstotliwościach większych od MUF dodatkowo wzrasta dzięki jonizacji sporadycznej warstwy  $E_g$ .

## 2.5. Postępowanie w praktyce przy określaniu MUF

Jak wykazano powyżej, różnorodność zjawisk propagacyjnych powoduje, że sztywne przestrzeganie wartości MUF podstawowej może prowadzić do zawężenia zakresu częstotliwości roboczych i nadmiernego skupiania nadawców na zakresach najmniejszych częstotliwości. Z drugiej strony, zmienność warunków propagacji jonosferycznej i ograniczona ich powtarzalność w czasie utrudnia w wysokim stopniu prawidłowe prognozowanie.

Wydaje się zatem, że w praktyce projektowej jest słuszne obliczanie MUF podstawowej dla poszczególnych godzin doby, dla wybranych miesięcy oraz dla dwóch lub trzech wartości wskaźnika  $R_{12}$ . W miarę możliwości przekraczanie znalezionych wartości MUF podstawowej nie powinno mieć miejsca. Jeżeli jednak MUF podstawowa zbyt mocno ogranicza wybór częstotliwości roboczych, a są szanse nadawania programu na więcej niż jednej częstotliwości, to powinno się rozszerzać w górę zakres częstotliwości roboczych przynajmniej na tyle, aby wykorzystać możliwości, jakie daje MUF eksploatacyjna.

## 3. METODY OBLICZANIA NATĘŻENIA POLA

### 3.1. Postępy w metodach obliczeniowych

W ciągu przeszło pół wieku istnienia radiofonii krótkofalowej można wyróżnić trzy okresy rozwoju metod obliczania natężenia pola fali jonosferycznej w zakresie fal dekametro-  
wych.

W pierwszym okresie, do lat pięćdziesiątych włącznie, znaczne osiągnięcia na polu badań jonosfery stworzyły podstawy do opracowywania dość już dokładnych metod obliczania natężenia pola. Jednocześnie jednak wzrastająca ich pracochłonność hamowała wdrożenie do praktyki. Najbardziej znane z tego okresu metody, stosowane m.in. w Polsce, to radziecka metoda Kazancewa [13] i amerykańska opisana w Circular 462 NBS<sup>x/</sup> [14].

Trudności związane z nadmierną pracochłonnością stały się nieistotne dzięki wprowadzeniu w latach sześćdziesiątych elektronicznej techniki obliczeniowej, co zapoczątkowało drugi okres rozwoju metod obliczania natężenia pola. Prace Lucasa i Haydona [15] oraz Barghausena [16] były głównymi podstawami opracowania pierwszej przewidywającej metody CCIR [17]. Łącznie z tą metodą został opracowany program komputerowy HFMLLOSS, który zapoczątkował serię kolejno modyfikowanych wersji następnego programu LIL252, aż do obecnie stosowanego programu HFBC. W latach następnych powstała druga przewidywająca metoda CCIR [18] oparta głównie na pracach prowadzonych w Anglii. Spośród innych metod tego okresu na szczególną uwagę zasługuje metoda FTZ [19] opracowana przez Beckmanna i Damboldta /RFN/. W Polsce dokonano na początku lat siedemdziesiątych pewnej modyfikacji pierwszej metody CCIR, wykorzystując wyniki prac prowadzonych w ZSRR [20]. Ponadto efektem prac prowadzonych w Instytucie Łączności był przystosowany do zmodyfikowanej pierwszej metody CCIR program KOMP, który po wprowadzeniu ulepszeń dotyczących organizacji programu przyjął nazwę KOMPARD [21].

Trzeci okres rozwoju metod obliczeniowych został zapoczątkowany powołaniem przez 6 Komisję Studiów CCIR Tymczasowej Grupy Roboczej /TGR/ 6/12. Zadaniem Grupy utworzonej w 1980 roku było przygotowanie możliwie prostej, ale uwzględniającej dokonane w tej dziedzinie postępy, metody obliczania natężenia pola fal dekametrowych dla potrzeb zbli-

<sup>x/</sup> National Bureau of Standards - Krajowe Biuro Normalizacyjne /USA/.

zajęcej się Konferencji HFBC. TGR 6/12, pod przewodnictwem D.L. Lucasa /USA/, przeanalizowała ok. 20 istniejących metod i zaproponowała przyjęcie dla tras o długości poniżej 7000 km metody CCIR, zaś dla tras o długości powyżej 9000 km - zachodnio-niemieckiej metody FTZ. Dla odległości od 7000 do 9000 km miały być stosowane obydwie metody, zaś wynik końcowy miał być ustalony przez interpolację. Metoda CCIR jest oparta głównie na pierwszej metodzie prowizorycznej, ale zawiera również elementy drugiej metody.

Biorąc pod uwagę koncentrację wysiłków najwybitniejszych specjalistów światowych uczestniczących w pracach TGR 6/12, można sądzić, że zaproponowana przez nich kombinowana metoda stanowi obecnie szczytowe osiągnięcie w tej dziedzinie. Ponieważ zaproponowana metoda stała się integralną częścią opracowanego następnie przez IFRB systemu planowania rozdziału częstotliwości HFBC, przyjęto dla niej również nazwę HFBC.

### 3.2. Metoda HFBC

#### 3.2.1. Trasy o długości poniżej 7000 km

Zakłada się, że na trasie propagacji czynne są tylko warstwy regularne E i F2. Bierze się pod uwagę najsilniejszy mod propagacyjny E i dwa najsilniejsze mody F2, dla których osobno wykonuje się obliczenia natężenia pola. Wypadkowe natężenie pola oblicza się jako pierwiastek z sumy kwadratów pól poszczególnych modów.

Podstawowa zależność natężenia pola przedstawia się następująco:

$$E = 129,3 + P_a + G_a + 20 \log f - L_{wp} - L_j - L_m - L_z - L_h \quad \left[ \text{dB} \left( \frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right) \right] \quad /7/$$

gdzie:  $P_a$  - moc doprowadzona do anteny w dB(kW);

$G_a$  - zysk anteny względem anteny izotropowej w kierunku punktu testowego pod kątem elewacji od-



powiadającym modowi propagacyjnemu, dla którego wykonuje się obliczenia, w dB;

- $f$  - częstotliwość, w MHz;
- $L_{wp}$  - podstawowe tłumienie wolnej przestrzeni, w dB;
- $L_j$  - tłumienie absorpcji jonosferycznej, w dB;
- $L_m$  - tłumienie dodatkowe przy przekroczeniu MUF podstawowej przez częstotliwość roboczą, w dB;
- $L_z$  - tłumienie przy odbiciu fali od ziemi w przypadku propagacji wieloskokowej, w dB;
- $L_h$  - tłumienie zorzowe w przypadku przechodzenia trasy propagacji przez strefę zorzy polarnej, w dB.

Występująca w zależności /7/ liczba 129,3 stanowi sumę liczby 136,6 wynikającej z podstaw teoretycznych i określonego przez 6 Komisję Studiów CCIR współczynnika -7,3 ujmującego wpływ zjawisk propagacyjnych nie ujętych przez inne wskazane wyżej współczynniki [22].

Moc doprowadzona do anteny  $P_a$  jest to moc wyjściowa nadajnika pomniejszona o moc straconą w linii zasilającej i urządzeniach dopasowujących.

Aby znaleźć zysk anteny  $G_a$ , trzeba określić różnicę pomiędzy azymutem anteny  $\theta_A$  a azymutem docelowego punktu terenowego  $\theta_T$ , dla którego wykonuje się obliczenia:

$$\Delta\theta = \left| \theta_A - \theta_T \right| \quad /8/$$

a następnie obliczyć kąt elewacji promieniowania  $\Delta$  dla danego modu

$$\Delta = \arctg \left( \cotg \frac{d}{2R} - \frac{R}{R + h'} \operatorname{cosec} \frac{d}{2R} \right) \quad /9/$$

gdzie:  $d$  - długość skoku fali, w km;

$R = 6370$  km - promień Ziemi,

$h'$  - wysokość pozorną czynnej warstwy jonosferycznej,  
w km.

Najkorzystniejszy mod propagacyjny jest przy najmniejszej liczbie skoków, która jest równa całkowitej części liczby:

$$n_{\min} = \frac{D}{4000} + 1 \quad /10/$$

gdzie:  $D$  - długość trasy, w km.

Długość pojedynczego skoku wynosi:

$$d = \frac{D}{n} \quad [\text{km}] \quad /11/$$

Wysokość pozorną warstwy E przyjmuje się równą 110 km, zaś dla warstwy F2 oblicza się w następujący sposób:

$$h' = 358 - (11 - 100a) \left( 18,8 - \frac{320}{x^5} \right) + a d \left( 0,03 + \frac{14}{x^4} \right) [\text{km}] \quad /12/$$

gdzie:  $a$  - większa z dwóch wartości: 0,04 lub

$$\left( \frac{1}{M(3000)F2} - 0,24 \right),$$

$x$  - większa z dwóch wartości: 2 lub  $\frac{f_o F2}{f_o E}$ .

Jeżeli wypada  $h' > 500$ , to przyjmuje się  $h' = 500$  km.

Mając obliczoną różnicę pomiędzy azymutami anteny i punktu testowego oraz kąt elewacji, można z charakterystyki promieniowania anteny określić jej zysk  $G_a$ .

Podstawowe tłumienie wolnej przestrzeni wyraża się następującą zależnością:

$$L_{wp} = 32,45 + 20 \log f + 20 \log D' \quad [\text{dB}] \quad /13/$$

przy czym długość trajektorii fali /tzn. długość toru fali po linii jej propagacji/ będzie:

$$D' = 2 R \sum_{n=1}^n \frac{\sin \frac{d}{2R}}{\cos \left( \Delta + \frac{d}{2R} \right)} \quad [\text{km}] \quad /14/$$

Tłumienie powodowane absorpcją jonosferyczną, zachodzące głównie w warstwie D /absorpcja niedawiasyjna/, jest określone zależnością:

$$L_j = \frac{677,2 \times \sec \psi}{(f + f_H)^{1,98} + 10,2} \sum_{i=1}^n I_i \quad [\text{dB}] \quad /15/$$

przy czym:

$$I_i = (1 + 0,0037 R_{12}) (\cos 0,881 \chi)^{1,3} \quad /16/$$

gdzie:  $\psi$  - kąt padania fali na jonosferę na wysokości 100 km;

$f$  - częstotliwość robocza, w MHz;

$f_H$  - częstotliwość żyromagnetyczna, w MHz;

$n$  - liczba skoków fali;

$R_{12}$  - wskaźnik aktywności słonecznej;

$\chi$  - kąt zenitalny Słońca w obszarze absorpcji.

Na częstotliwościach większych od MUF podstawowej występuje dodatkowe tłumienie wynikające z niepełnego odbicia fali od jonosfery. Efekt ten wyraża się następującą zależnością:

$$L_m = 130 \left( \frac{f}{\text{MUF}_{\text{podst}}} - 1 \right)^2 \quad [\text{dB}] \quad /17/$$

przy czym występują tu ograniczenia:  $f \geq \text{MUF}_{\text{podst}}$  i  $L_m \leq 81$  dB. Wynika stąd, że bierze się pod uwagę często-

tliwości przekraczające MUF podstawową nawet do 60%.

Jeżeli fala przechodzi trasę co najmniej dwoma skokami, to przy każdym odbiciu od ziemi doznaje tłumienia

$$L'_z \approx 2 \text{ dB. Zatem: } L_z = \sum_{n=1}^{n-1} 2 \quad [\text{dB}]$$

W przypadku przebiegu trasy fali przez strefę zorzy polarnej występuje dodatkowe tłumienie rzędu kilku dB. Wartości tłumienia zorzowego  $L_h$ , zależnie od szerokości geomagnetycznej, sezonu i czasu lokalnego są podane w tabelach zamieszczonych w Sprawozdaniu z Pierwszej Sesji Konferencji HFBC na str. 14 i 15 [1].

### 3.2.2. Trasy o długości powyżej 9000 km

Dla tras bardzo długich przyjęto metodę empiryczną, ponieważ analiza trajektorii fali na takich odległościach jest mało miarodajna. Doświadczenia wskazują, że kąty elewacji promieniowania są najkorzystniejsze w granicach  $5^\circ - 12^\circ$ . Kąty poniżej  $5^\circ$ , choć teoretycznie odpowiednie, nie dają pozytywnych efektów, ponieważ energia jest częściowo tracona w ziemi na przedpolu anteny nadawczej. Nie oblicza się zatem natężenia pola dla poszczególnych modów, natomiast określa się medianę pola w następujący sposób:

$$E = E_0 \left[ 1 - \frac{(f_M + f_H)^2}{(f_M + f_H)^2 + (f_L + f_H)^2} \left( \frac{(f_L + f_H)^2}{(f + f_H)^2} + \frac{(f + f_M)^2}{(f_M + f_H)^2} \right) \right]^{-40,3 +} \\ + P_a + G_a + G_f \left[ \text{dB} \left( \frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right) \right] \quad /18/$$

przy czym:

$$E_0 = 139,6 - 20 \log D' \quad \left[ \text{dB} \left( \frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right) \right] \quad /19/$$

gdzie:  $D'$  - długość trajektorii fali, w km /patrz wzór 14 w pkt. 3.2.1/.

W celu obliczenia  $D'$  dzieli się trasę na taką liczbę odcinków, żeby wypadła jak najmniejsza liczba skoków, nie przekraczających jednak 4000 km. Należy zwrócić uwagę, że ten sposób postępowania jest oparty na założeniu, że tłumienie trasy powinno być w zasadzie wtedy najmniejsze, a nie na analizie poszczególnych modów.

W zależności podstawowej /18/ występują jeszcze następujące wielkości:

$f_M$  - górna częstotliwość graniczna, w MHz;

$f_H$  - częstotliwość żyromagnetyczna, w MHz;

$f_L$  - dolna częstotliwość graniczna dla trasy przebiegającej przez obszar dzienny, w MHz;

$P_a$  - moc doprowadzona do anteny, w dB /kW/;

$G_a$  - zysk anteny nadawczej względem anteny izotropowej, w kierunku punktu testowego, maksymalny w granicach kątów elewacji  $5^\circ - 12^\circ$ , w dB;

$G_f$  - zysk efektu ogniskowania fali, w dB.

Liczba -40,3 jest sumą składnika -36,4 wynikającego z podstaw teoretycznych i składnika -3,9 obejmującego nie uwzględnione gdzie indziej efekty propagacyjne [22].

Górna częstotliwość graniczna jest określona w następujący sposób:

$$f_M = K \times MUF_p \quad [\text{MHz}] \quad /20/$$

przy czym:

$$K = 1.2 + W \frac{MUF_p}{MUF_{pp}} + X \left( \sqrt[3]{\frac{MUF_{pp}}{MUF_p}} - 1 \right) + Y \left( \frac{MUF_p \text{ min}}{MUF_{pp}} \right)^2 \quad /21/$$

gdzie:  $MUF_p$  - MUF podstawowa dla trasy, w MHz;

$MUF_{pp}$  - MUF podstawowa w punkcie kontrolnym o godz. 12.00 czasu lokalnego;

$MUF_p \text{ min}$  - najmniejsza wartość MUF podstawowej w ciągu 24 godzin;

$W, X, Y$  - współczynniki zależne od położenia geograficznego trasy, określone empirycznie. Wartości współczynników  $W, X$  i  $Y$  dla kierunków tras wschód - zachód i północ - południe podano w tabelicy 2.

Tabela 2

Empiryczne wartości współczynników  $W, X$  i  $Y$

Kierunek trasy	W	X	Y
Wsch. - zach.	0,1	1,2	0,6
Płn. - poł.	0,2	0,2	0,4

Dla kierunków tras różniących się od wymienionych w tabl. 2 należy stosować interpolację liniową.

Dolna częstotliwość graniczna dla trasy przebiegającej przez obciążenie dzienny wynosi:

$$f_L = \left( 5,3 \times I \left[ \frac{(1 + 0,009 R_{12}) \sum_{\chi}^{\frac{1}{2}} \cos \chi}{\cos i_{90} \times \ln \frac{9,5 \cdot 10^6}{D'}} \right] - f_H \right) A_z \quad [\text{MHz}] \quad /22/$$

gdzie:  $\chi$  - kąt zenitalny Słońca określony dla każdego przejścia trajektorii fali na poziomie 90 km; jeżeli  $\chi > 90^\circ$ , to przyjmuje się  $\cos \frac{1}{2} \chi = 0$ ;

$i_{90}$  - kąt padania fali na jonosferę na wysokości 90 km;

$I$  - współczynnik zależny od miesiąca i szerokości geograficznej końcowych punktów trasy; ponieważ wartości  $I$  są zawarte między 1 i 1,1,

wpływ tego współczynnika jest niewielki i w obliczeniach projektowych można go pomijać; dokładne wartości I można znaleźć w Sprawozdaniu z Konferencji HFBC /1/ tablica 3-IV, na str. 18;

$A_z$  - współczynnik anomalii zimowej zależny od położenia środkowego punktu trasy i od miesiąca; dla szerokości geograficznej  $0^\circ - 30^\circ$  i  $90^\circ$   $A_z = 1$ ; maksymalne wartości na szerokości  $60^\circ$  podano w tablicy 3.

Tablica 3  
Współczynnik anomalii zimowej  $A_z$  na  $60^\circ$

Półkula	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Północna	1,3	1,15	1,03	1	1	1	1	1	1	1,03	1,15	1,3
Południowa	1	1	1	1,03	1,15	1,3	1,3	1,15	1,03	1	1	1

Zysk efektu ogniskowania wyraża się wzorem:

$$G_f = 20 \log \left| 1 - \frac{n \pi R}{D} \right| \quad [\text{dB}] \quad /23/$$

$$G_f \leq 30 \text{ dB}$$

przy czym długość trasy  $D$  powinna spełniać warunek:

$$\left( \frac{2n-1}{2} \right) \pi R \leq D \leq \left( \frac{2n+1}{2} \right) \pi R \quad /24/$$

dla  $n=1$  i  $n=2$

Gdy w miarę upływu czasu trasa stopniowo wchodzi w obszar nocny, wartości  $f_L$  liczy się wg wzoru /22/ dopóki nie będzie:

$$f_L \leq 2f_{LN}, \quad \text{gdzie } f_{LN} = \sqrt{\frac{D}{3000}} \quad [\text{MHz}] \quad /25/$$

Przez następne trzy godziny stosuje się zależność:

$$f_L = 2 f_{LN} e^{-0,23t} \quad /26/$$

gdzie:  $t$  - liczba godzin, jaka upłynęła od początku stosowania zależności /26/.

Dla reszty godzin nocnych przyjmuje się:

$$f_L = f_{LN}$$

aż do momentu kiedy zależność /22/ zacznie dawać wartości większe.

### 3.2.3. Trasy o długości 7000 - 9000 km

Na podstawie Zalecenia 621 CCIR natężenie pola dla tras o długości od 7000 do 9000 km oblicza się obiema metodami wyżej opisanymi, a następnie stosuje się interpolację liniową:

$$E = E_1 + \frac{D - 7000}{2000} (E_2 - E_1) \quad \left[ \text{dB} \left( \frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right) \right] \quad /27/$$

gdzie:  $E_1$  - natężenie pola obliczone metodą CCIR;

$E_2$  - natężenie pola obliczone metodą FTZ.



#### 4. ZANIKI SYGNAŁU

##### 4.1. Przyczyny i rodzaje zaników

Stan jonosfery nigdy nie jest całkowicie ustalony. Nieustanne zmiany gęstości elektronowej, powodowane nierównomiernością działania czynników jonizujących wyższe warstwy atmosfery i procesów rekombinacji, wywołują szybkie fluktuacje natężenia pola, a także bardziej powolne zmiany jego poziomu zachodzące w dłuższych okresach.

Strukturalne zmiany stanu jonosfery powodują niestabilność warunków refrakcji w jej czynnych warstwach oraz wahania absorpcji w warstwie D, co jest przyczyną zaników absorpcyjnych.

Inną przyczynę zaników sygnału stanowi zjawisko rozszczepiania się fali w warstwie F2 pod wpływem pola geomagnetycznego, w konsekwencji czego fala odbita jest spolaryzowana eliptycznie i powstaje zanik polaryzacyjny. Jeżeli częstotliwość robocza jest bardzo bliska lub przekracza MUF, to przy znaczniejszym chwilowym jej przekroczeniu może wystąpić zanik graniczny. Wreszcie wielodrogowość sygnału, spowodowana rozchodzeniem się fali różnymi modami, wywołuje zanik interferencyjny.

Różnorodne przyczyny i rodzaje zaników występujących równocześnie składają się na złożony obraz zjawiska, które należy rozpatrywać w kategoriach statystycznych. Opisane w pkt. 3 metody obliczania natężenia pola pozwalają określić jego medianę. Aby sygnał użyteczny był zabezpieczony przed zakłóceniami z wymaganym prawdopodobieństwem, trzeba jeszcze uwzględnić pewien zapas natężenia pola na pokrycie zaników. Tak samo należy pamiętać, że natężenie pola sygnału zakłócającego jest w połowie czasu większe od jego mediany.

## 4.2. Rozrzut czasowy natężenia pola

## 4.2.1. Zaniki szybkie

Rozkład natężenia pola w krótkim okresie /np. w ciągu godziny/ jest zbliżony do rozkładu Rayleigha [23,] który, jak wiadomo, jest niesymetryczny względem mediany. Odstęp pomiędzy natężeniem pola przekraczającym w ciągu 10% czasu a medianą wynosi 5,21 dB, zaś odstęp pomiędzy poziomem 90% a medianą jest równy 8,18 dB. Konferencja HFBC przyjęła wartości zaokrąglone, tj. 5 dB i -8 dB, odpowiednio dla decyla górnego i dolnego.

## 4.2.2. Zaniki powolne

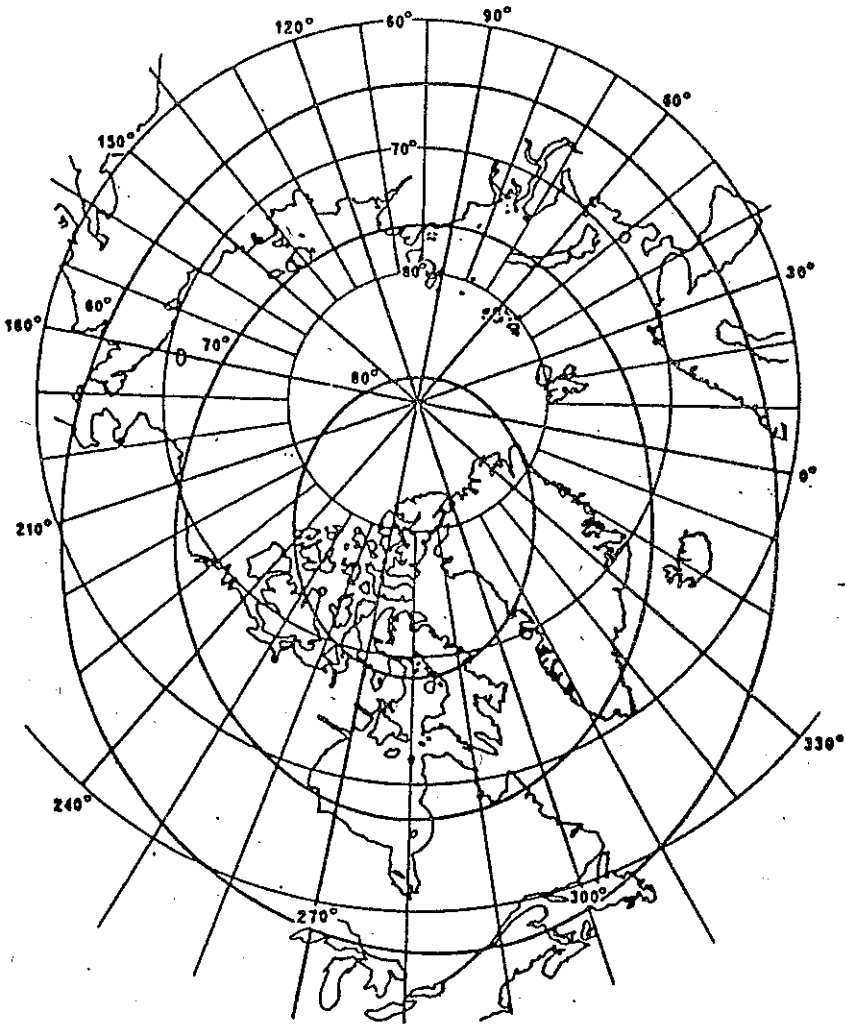
Tablica 4

Odchylenia decylowe od mediany miesięcznej  
przy zanikach powolnych w [dB]

Szerokość geometryczna	< 60°		≥ 60°	
	decyl dolny	decyl górny	decyl dolny	decyl górny
f. rob./MUF podst.				
≤ 0,8	-8	6	-11	9
1,0	-12	8	-16	11
1,2	-13	12	-17	12
1,4	-10	13	-13	13
1,6	-8	12	-11	12
1,8	-8	9	-11	9
2,0	-8	9	-11	9
3,0	-7	8	-9	8
4,0	-6	7	-8	7
≥ 5,0	-5	7	-7	7

Rozkład statystyczny wartości medianalnych godzinnych natężenia pola w długim okresie /np. obserwowanych codziennie o tej samej godzinie w ciągu miesiąca/ jest w pierwszym

przybliżeniu zgodny z rozkładem logarytmiczno-normalnym, z tym jednak zastrzeżeniem, że co najmniej w 50% przypadków powyżej i poniżej mediany odchylenia standardowe są



Rys. 5. Szerokości geomagnetyczne na półkuli północnej

różne. Głębokość zaników zależy od stosunku częstotliwości roboczej do MUF podstawowej oraz od wpływu zorzy polarnej.

W tabelicy 4 przedstawiono wartości odchyżeń decylowych od mediany natężenia pola przy zanikach powolnych. Wpływ strefy zorzowej potraktowano tu w sposób uproszczony, uzależniając odchylenia decylowe od położenia punktu środkowego trasy, względnie punktu kontrolnego poniżej lub powyżej  $60^\circ$  szerokości geomagnetycznej. Ryc. 5 pokazuje mapkę północnej strefy polarnej z naniesionymi szerokościami geomagnetycznymi.

#### 4.3. Sumaryczny efekt zaników

Oszacowanie zapasu natężenia pola potrzebnego na pokrycie jednocześnie występujących zaników powolnych i szybkich wymaga w zasadzie określenia korelacji między nimi. Powinna być również określona korelacja między zanikami sygnału użytecznego i szumu, względnie sygnału zakłócającego. Dzięki niezależności wzajemnej źródeł sygnału użytecznego i zakłócającego, a także szumu, można przyjąć, że pomiędzy odpowiednimi zanikami nie zachodzi żadna korelacja. Inaczej jest w przypadku zaników szybkich i powolnych jednego i tego samego sygnału, ponieważ podlegają one wpływom jonosfery w tym samym miejscu i czasie. Dla celów projektowania można jednak odstąpić od rygorystycznego traktowania zagadnienia i założyć brak korelacji.

Przy założeniu niewystępowania korelacji zapas natężenia pola na pokrycie zaników, zapewniający wymaganą jakość odbioru w 90% czasu, wynosi:

$$\Delta E (90) = \sqrt{\Delta E_{US}^2 + \Delta E_{UW}^2 + \Delta E_{ZS}^2 + \Delta E_{ZW}^2} \quad [\text{dB}] \quad /28/$$

gdzie:  $\Delta E_{US}$  - odchylenie decylowe dolne sygnału użytecznego w zaniku szybkim, w dB;

$\Delta E_{UW}$  - jw., ale w zaniku powolnym, w dB;

$\Delta E_{ZS}$  - odchylenie decylowe górno sygnału zakłócającego /szumu/ w zaniku szybkim, w dB;

$\Delta E_{ZW}$  - jw., ale w zaniku powolnym, w dB.

## 5. SZUMY I ZAKŁÓCENIA

### 5.1. Źródła i rodzaje szumów i zakłóceń

Szumy wywołujące zakłócenia odbioru radiowego w zakresie fal dekametrowych mogą być pochodzenia naturalnego lub też źródłem ich mogą być różnego rodzaju elektryczne urządzenia, włączając w nie również odbiorniki radiowe. Do szumów pochodzenia naturalnego zaliczają się szumy atmosferyczne i galaktyczne. Szumy generowane przez urządzenia elektryczne określa się ogólnym mianem szumów przemysłowych. Należy podkreślić, że źródłami szumów przemysłowych są nie tylko skoncentrowane w zakładach przemysłowych urządzenia elektryczne, ale w jeszcze większym stopniu produkty przemysłu w postaci elektrycznego sprzętu gospodarstwa domowego, aparatury medycznej, wyposażenia warsztatowego itp. Ponadto zakłócenia typu przemysłowego są wywoływane przez linie wysokiego napięcia. Wreszcie trzeba wymienić, jako czynnik ograniczający odbiór, nawet w przypadku braku oddziaływania innych zakłóceń, szumy własne odbiornika.

Oprócz zakłóceń powodowanych przez wymienione rodzaje szumów, poważny problem stanowią zakłócenia powodowane przez inne, niż pożądana, radiostacje, zwane zakłóceniami interferencyjnymi. Bezpośrednie zakłócenia interferencyjne objawiają się na częstotliwości wspólnej z częstotliwością sygnału użytecznego lub w pewnym zakresie odstrojenia. Mogą jednak jeszcze występować zakłócenia intermodulacyjne, na częstotliwości pośredniej, na częstotliwościach lustrzanych, harmonicznym, od emisji pasożytniczych itp.

## 5.2. Szумы pochodzenia naturalnego

### 5.2.1. Szумы atmosferyczne

Wyładowania atmosferyczne wywołują zaburzenia środowiska elektromagnetycznego, które stają się źródłem gasnącego ciągu fal. W przypadku burzy lokalnej pojedyncze wyładowania dają efekt odosobnionych trzasków. Ponieważ w każdej sekundzie na całym globie ziemskim zdarzają się setki wyładowań, więc wzbudzone przez nie fale elektromagnetyczne dają w odległym odbiorniku efekt ciągłego szumu fluktuacyjnego. Poziom szumów atmosferycznych zależy od częstotliwości, położenia geograficznego, pory roku i pory doby.

W zakresie fal dekametrowych wykorzystywanym przez radiofonie /tj. powyżej 6 MHz/ poziom szumów atmosferycznych maleje ze wzrostem częstotliwości i na ogół powyżej 20 MHz jest do pominięcia. Najwyższe poziomy obserwuje się w porze letniej, w godzinach wieczornych i nocnych przed północą.

Dane na temat światowego przestrzenno-czasowego rozkładu poziomu szumów atmosferycznych zawarto w Sprawozdaniu 322-3 CCIR [24]. Podstawowym parametrem jest mediana godzinna współczynnika szumów atmosferycznych  $F_{am}$ , określonego, jako stosunek mocy szumów atmosferycznych do mocy szumów cieplnych anteny. Natężenie pola szumów atmosferycznych w odniesieniu do szerokości pasma 1 kHz wyraża się zależnością:

$$E_{am} = F_{am} - 65,5 + 20 \log f \quad \left[ \text{dB} \left( \frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right) \right] \quad /29/$$

W Sprawozdaniu 322-3 umieszczono 24 mapy światowego rozkładu  $F_{am}$  dla 4 sezonów trzymiesięcznych i 6 czterogodzinnych bloków czasowych oraz krzywe odchyień decylogowych i inne dane pomocnicze.

Wszystkie dane ze Sprawozdania 322-2 wprowadzono do systemu planowania HFBC.

### 5.2.2. Szumy galaktyczne

W zakresie mniejszych częstotliwości fal dekametrowych szumy galaktyczne /pochodzące z kosmosu/ są ekranowane przez jonosferę. Jedyne w strefach polarnych, zwłaszcza przy zaburzeniach jonosferycznych, gdy częstotliwości krytyczne spadają b. nisko, szumy galaktyczne objawiają się także w dolnej części zakresu, a mogą być nawet dominujące, ponieważ w strefach okołobiegunowych poziom szumów atmosferycznych jest niski.

W Sprawozdaniu 258-4 [25] podano zależność współczynnika szumów galaktycznych od częstotliwości:

$$F_{am} = 52,0 - 23,0 \log f \quad [\text{dB}] \quad /30/$$

### 5.3. Szumy przemysłowe

Wg Sprawozdania 258-4 CCIR zależność współczynnika szumów przemysłowych w różnych rejonach miejskich i wiejskich przedstawia się następująco (w dB):

- dzielnice centralne wielkich miast:

$$F_{am} = 76,8 - 27,7 \log f, \quad /31/$$

- dzielnice mieszkalne:  $F_{am} = 72,5 - 27,7 \log f, \quad /32/$

- wsie w obrębie zabudowy:  $F_{am} = 67,2 - 27,7 \log f, \quad /33/$

- miejsca tzw. spokojne:  $F_{am} = 53,6 - 28,6 \log f, \quad /34/$

- autostrady:  $F_{am} = 73,0 - 27,7 \log f. \quad /35/$

Wybór reprezentatywnego poziomu szumów przemysłowych przedstawia dość trudny problem. Można pominąć dzielnice centralne miast, ponieważ ich zaludnienie zmniejsza się znacznie w godzinach wieczornych, kiedy wypada nasilenie nadawań krótkofalowych. Natomiast słuszne jest, aby zakłócenia przemysłowe nie były dotkliwie odczuwalne w dzielnicach mieszkalnych. Jednak osiągnięcie w całym obszarze docelowym odpowiedniego poziomu sygnału użytecznego może być

niejednokrotnie b. trudne. Z drugiej strony, nie powinno się schodzić poniżej poziomu przewidywanego dla rejonów wiejskich. Pozostaje zatem na ogół wybór między poziomami  $F_{am}$  podanymi w /32/ i /33/. I Sesja Konferencji HFBC, pod naciskiem krajów Trzeciego Świata, obniżyła poziom  $F_{am}$  nawet poniżej wartości określonej dla rejonów wiejskich, co w konsekwencji doprowadziło do zupełnego wyeliminowania z rozważań szumów przemysłowych. To wymuszone stanowisko nie wydaje się słuszne i w niniejszej metodyce proponuje się brać pod uwagę szумы przemysłowe, traktując zagadnienie elastycznie w aspekcie specyficznych cech obzaru odbioru i czasu nadawania.

#### 5.4. Szумы własne odbiornika

Normatywny poziom szumów własnych odbiornika został określony na Konferencji HFBC przy następujących założeniach:

- czułość odbiornika  $40 \text{ dB} \left( \frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right)$ ,
- stosunek sygnału do szumu po stronie m.cz. 26 dB,
- głębokość modulacji 0,3.

W tych warunkach poziom szumów własnych odbiornika, wyrażony jako natężenie pola wytworzonego przez zastępcze źródło zewnętrzne, jest równy  $3,5 \text{ dB} \left( \frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right)$ .

#### 5.5. Wypadkowy poziom szumów i zakłócenia interferencyjne

Wyżej opisane rodzaje szumów w zasadzie występują równocześnie. Jednak poziomy ich mogą być znacznie zróżnicowane i wtedy, jeśli poziom jednego rodzaju szumu dominuje nad pozostałymi przynajmniej różnicą 6 dB, to pozostałe rodzaje szumów pomija się. Jeżeli jednak pozostałe szумы są znaczące, dla celów projektowych można przyjąć podwyższenie poziomu szumu dominującego o 3 dB. W praktyce, głównym czynnikiem



ograniczającym eą zazwyczaj zakłócenia interferencyjne. Jednakże, na pierwszym etapie projektowania najczęściej zakłada się brak zakłóceń interferencyjnych i określa się niezbędne wartości mocy i zysku anteny w warunkach idealizowanych. Na następnym etapie dopiero uwzględnia się zakłócenia interferencyjne, jeżeli to możliwe wg stanu rzeczywistego /wzgl. na podstawie znajomości planów/, bądź na podstawie mniej lub więcej sprecyzowanych założeń. Natężenie pola zakłóceń interferencyjnych oblicza się metodami opisanymi w pkt. 3, w sposób analogiczny, jak natężenie pola sygnału użytecznego.

Obliczenia warunków pokrycia emisją programów radiofonicznych obciążonych docelowych wymagają uprzednio ustalenia wartości minimalnego użytecznego i chronionego natężenia pola oraz współczynników ochronnych.

## 6. GRANICZNE WARTOŚCI NATĘŻENIA POLA

### 6.1. Minimalne użyteczne natężenie pola

Przez minimalne użyteczne natężenie pola rozumie się najmniejszą wartość, która zapewnia wymaganą jakość odbioru emisji radiofonicznej w obecności szumów, ale przy braku zakłóceń interferencyjnych. Należy brać pod uwagę szумы atmosferyczne, galaktyczne, przemysłowe i szумы własne odbiornika.

Stosunek sygnału do szumu po stronie małej częstotliwości przyjmuje się dla celów planowania równy 24 dB. Po stronie wielkiej częstotliwości jest większy o 10 dB dla szerokości pasma 4 kHz i współczynnika głębokości modulacji 0,3, w warunkach stabilnych. Zatem jako normatywną wartość stosunku sygnału do szumu po stronie w.cz. przyjmuje się 34 dB. Dla programu słownego można tę wartość obniżyć o 5 dB; wtedy będzie 29 dB.

Minimalne użyteczne natężenie pola oblicza się, dodając powyższy stosunek 34 dB /wzgl. 29 dB/ do poziomu szumów

obliczonego wg wskazówek podanych w pkt. 5. Jeżeli wszystkie rodzaje szumów zewnętrznych są na odpowiednio niskim poziomie, to czynnikiem ograniczającym są szumy własne odbiornika. Ponieważ wg pkt. 5.4 normatywny poziom szumów własnych określono jako równy 3,5 dB, minimalne użyteczne natężenie pola w tych warunkach wynosi  $E_{\min} = 37,5 \text{ dB} \left( \frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right)$ . Natomiast dla pogorszonej, ale jeszcze dopuszczalnej dla słownych audycji, jakości odbioru -  $E_{\min} = 32,5 \text{ dB} \left( \frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right)$ .

## 6.2. Chronione natężenie pola

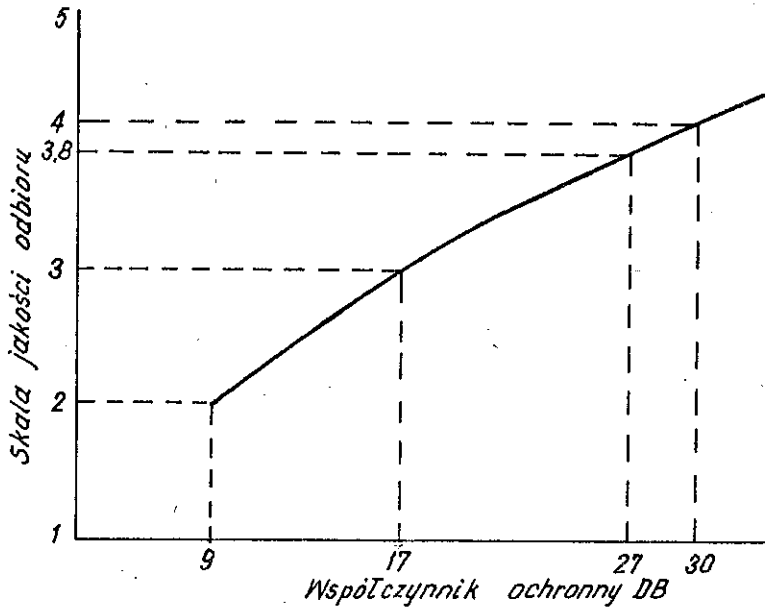
Obliczenie pokrycia obszaru docelowego sygnałem użytecznym z uwzględnieniem rzeczywistych zakłóceń interferencyjnych jest zadaniem nie tylko pracochłonnym, ale z wyjątkiem szczególnych okoliczności, jak na przykład konferencja międzynarodowa, do pewnego stopnia mijającym się z celem. Projektując pokrycie obszaru odbioru, wybiega się w przyszłość na okres co najmniej jednego cyklu aktywności słonecznej. Istnieje duże prawdopodobieństwo, że w ciągu 11 lat nastąpią w aktualnych nadawaniach z innych krajów znaczne zmiany, z których nawet sami użytkownicy częstotliwości mogą nie zdawać sobie sprawy.

Wydaje się więc bardziej celowe dokonywanie analizy aktualnej sytuacji częstotliwościowej i określenie na jej podstawie granicznego natężenia pola, które po dodaniu pewnego zapasu bezpieczeństwa zapewniałoby bezinterferencyjne pokrycie obszaru docelowego. Aby uniknąć dalszych zakłóceń należałoby pilnować, żeby określony w ten sposób graniczny poziom był chroniony przed ich wpływem. Jest to zatem chronione natężenie pola.

## 7. WSPÓŁCZYNNIKI OCHRONNE

### 7.1. Współczynniki ochronne w systemie dwuwęstęgowym (DSB)

Rys. 6 przedstawia krzywą zależności jakości odbioru od wspólnokanałowego współczynnika ochronnego. Jak widać, dobra



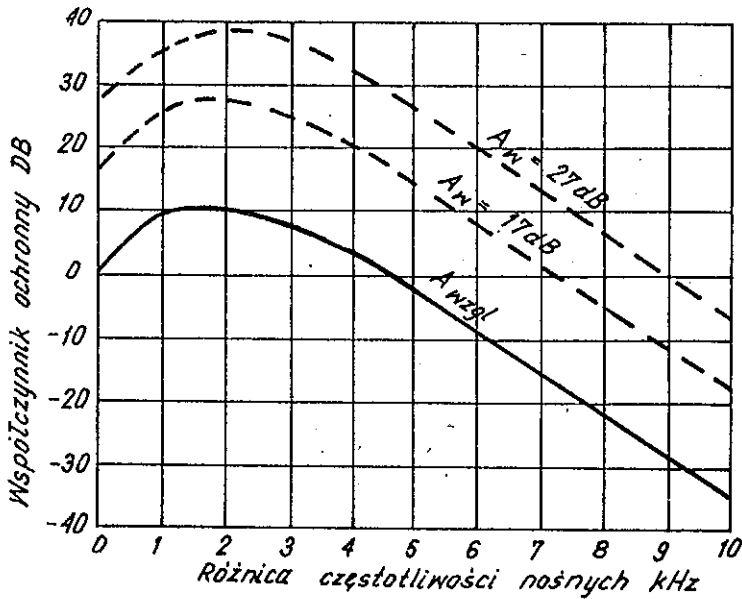
Rys. 6. Zależność jakości odbioru od wspólnokanałowego współczynnika ochronnego

jakość odbioru, czyli ocena 4 w skali przyjętej w CCIR, wymaga współczynnika  $A_w = 30$  dB. Trudna sytuacja częstotliwościowa w przeznaczonych dla radiofonii zakresach fal dekametrowych skłoniła uczestników Konferencji HFBC (1) do przyjęcia w planowaniu rozdziału częstotliwości wartości  $A_w = 27$  dB, co odpowiada jakości 3,8, czyli dość dobrej. W krańcowych przypadkach postanowiono dopuszczać obniżenie współczynnika ochronnego nawet do 17 dB, co zapewnia jakość 3.

Wskazane wyżej wartości wspólnokanałowego współczynnika ochronnego odpowiadają podanym ocenom jakości odbioru pod warunkiem że odstęp pomiędzy częstotliwościami nośnymi nie przekracza 100 Hz. Stąd wynika wymagana tolerancja częstotliwości  $\pm 50$  Hz.

Specyficzny charakter radiofonii krótkofalowej polega na znacznej przewadze udziału programów słownych nad muzycznymi. Przy tym są to głównie programy informacyjne, dla których wymagania można ograniczyć do dobrej zrozumiałości. Skądinąd wiadomo, że w radiotelefonii, przy stosowaniu emisji AM, współczynnik ochronny 17 dB zapewnia dobrą zrozumiałość. Wydaje się zatem uzasadnione dopuszczenie tej wartości, przynajmniej w przypadkach trudności doboru częstotliwości. Trzeba jeszcze dodać, że programy muzyczne, jak np. nadawane przez Polskie Radio na falach krótkich koncerty, nie mają ściśle określonego adresata, a więc można założyć, że są słyszalne z zadowalającą jakością na nieco mniejszych obszarach, niż programy słowne.

Na rys. 7 przedstawiono krzywą współczynnika ochronnego w funkcji różnicy częstotliwości sygnału użytecznego i za-



Rys. 7. Współczynniki ochronne w funkcji różnicy częstotliwości sygnału użytecznego i zakłócającego /system dwuwstęgowy/

kłócającego. Krzywe pokazują wartości względne, odniesione do dowolnie przyjętej wartości współczynnika ochronnego wspólnokanałowego. W celu ułatwienia bezpośredniego odczytywania podano na rys. 7 również krzywe bezwzględnych wartości współczynników przy  $A_w = 27$  i  $A_w = 17$  dB.

Odstęp sąsiedniokanałowy w zakresach krótkofalowych wynosi 10 kHz. Przy odstrojeniu o 10 kHz wartości współczynnika ochronnego sąsiedniokanałowego są równe:  $A_g = -8$  dB przy  $A_w = 27$  dB oraz  $A_g = -18$  dB przy  $A_w = 17$  dB. Warto zwrócić uwagę, że w zakresie od 0 do 4,5 kHz względne wartości współczynnika ochronnego są dodatnie, a więc odstrojenie w tym zakresie jeszcze wpływa na zwiększenie zakłóceń w porównaniu z zakłóceniami wspólnokanałowymi.

## 7.2. Współczynniki ochronne po wprowadzeniu systemu jednowęzgowego (SSB)

W przyszłości przewiduje się przejście radiofonii krótkofalowej w skali światowej na system jednowęzgowy. Ponieważ nie może to nastąpić wszędzie jednocześnie, trzeba liczyć się z dość długotrwałym okresem przejściowym funkcjonowania obu systemów, DSB i SSB. W okresie przejściowym, aby umożliwić zadowalający odbiór emisji SSB słuchaczom posiadającym jedynie odbiorniki DSB z detekcją obwiedni, częstotliwość nośna w nadajnikach SSB będzie tłumiona tylko o 6 dB. Natomiast w stanie docelowym tłumienie będzie wynosiło 12 dB.

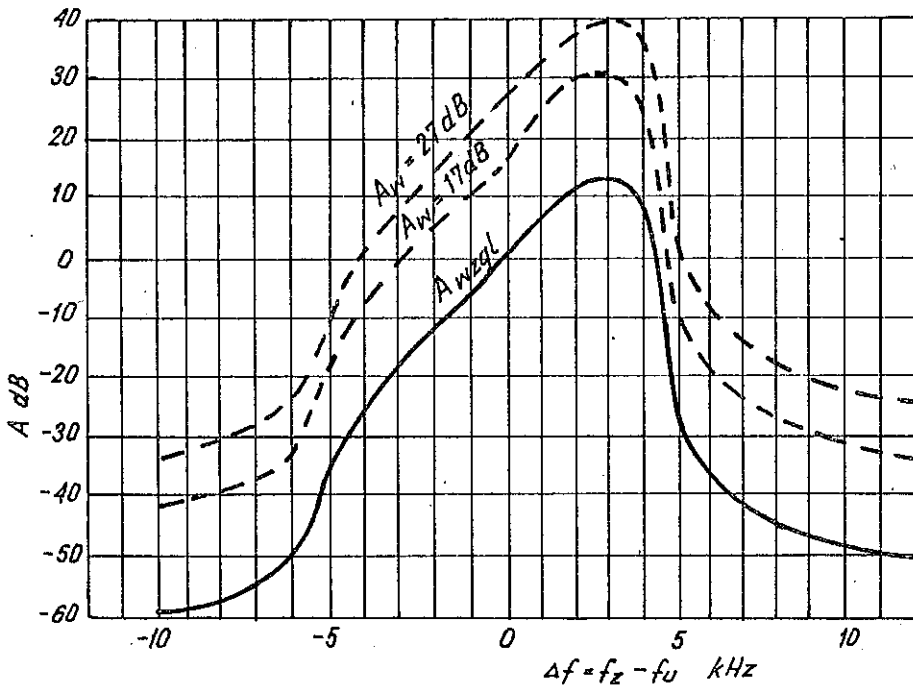
Należy zatem brać pod uwagę następujące sytuacje zakłóceń:

- |                                             |                                               |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1/ sygnał użyteczny DSB                     | - sygnał zakłócający DSB,                     |
| 2/ sygnał użyteczny DSB                     | - sygnał zakłócający SSB z wytłumieniem 6 dB, |
| 3/ sygnał użyteczny SSB z wytłumieniem 6 dB | - sygnał zakłócający DSB,                     |
| 4/ sygnał użyteczny SSB z wytłumieniem 6 dB | - sygnał zakłócający SSB z wytłumieniem 6 dB, |

5/ sygnał użyteczny SSB z wytłumieniem 12 dB - sygnał zakłócający SSB z wytłumieniem 12 dB.

Sytuacja 1 została już omówiona w pkt. 7.1.

Sytuacja 5 stanie się powszechną w stanie docelowym. Odstęp międzykanałowy wyniesie wówczas 5 kHz. Częstotliwości nominalne będą wielokrotnościami 5 kHz. W systemie SSB będzie wykorzystywana górna wstęga boczna. Wymagana tolerancja częstotliwości wynosi  $\pm 10$  Hz. Krzywą względnej wartości współczynnika ochronnego w funkcji różnicy częstotliwości sygnału zakłócającego  $f_z$  i użytecznego  $f_u$ , odniesioną do sytuacji zakłócaniowej 1, przedstawiono na rys. 8.



Rys. 8. Współczynniki ochronne w funkcji różnicy częstotliwości sygnału użytecznego i zakłócającego /system jednowstęgowy/

Współczynniki ochronne, stosowane w pozostałych trzech sytuacjach, podano w tabelicy 5. Są to sytuacje, które będą występować w okresie przejściowym. Odstęp międzykanałowy zasadniczo będzie pozostawać równy 10 kHz, z wyjątkiem przypadków, gdy podobnie jak i w sytuacji 1, można przyjąć odstęp 5 kHz, pod warunkiem dostatecznej odległości wzajemnej obazarów odbioru emisji, które mogą wzajemnie się zakłócać. Aby nadajnik SSB wytworzył na wejściu odbiornika DSB z detekcją obwiedni taki sam poziom sygnału, jak nadajnik DSB, moc wstęgi bocznej emisji SSB powinna być o 3 dB większa od całkowitej mocy wstęg bocznych emisji DSB. Pociąga to za sobą jednak pewien wzrost poziomu zakłóceń, co z kolei wymaga odpowiedniego zwiększenia współczynników ochronnych w sytuacji 2 i 4.

Tabelica 5

Względne wartości współczynników ochronnych w sytuacjach zakłóceńowych występujących w okresie przejściowym, [dB]

Sytuacja zakłóceńowa	Sygnał użyteczny	Sygnał zakłócający	$\Delta f$ kHz				
			-10	-5	0	5	10
2	DSB	SSB	-32	1	3	-2	-32
3	SSB	DSB	-35	-3	0	-3	-35
4	SSB	SSB	-32	1	0	-2	-32

Uwaga: Emisja SSB z wytłumieniem częstotliwości nośnej o 6 dB.

### 7.3. Współczynniki ochronne przy synchronizacji nadajników

Niezbędnym warunkiem uzyskania zadowalającego odbioru przy zastosowaniu synchronizacji nadajników /np. w celu pokrycia tym samym programem dwóch różnych obazarów/ jest utrzymanie różnicy ich częstotliwości w granicach  $\pm 0,1$  Hz. Współczynnik ochronny wynosi wtedy 8 dB. Jeżeli nadajniki są

wzbudzane przez wspólny oscylator, to można współczynnik ochronny obniżyć do 3 dB. Anteny nadawcze powinny mieć identyczne pionowe charakterystyki promieniowania.

## 8. CHARAKTERYSTYKI ANTEN NADAWCZYCH

### 8.1. Anteny bezkierunkowe

W zasadzie powinno się unikać stosowania anten dookólnych ze względu na promieniowanie zakłóceń we wszystkich kierunkach. Jednakże, gdy stacja nadawcza znajduje się w pobliżu centrum obciążenia obsługiwanej, stosowanie anten dookólnych jest uzasadnione, ponieważ prowadzi do oszczędności częstotliwości. Umieszczenie ośrodka nadawczego wewnątrz obszaru docelowego ma miejsce zazwyczaj dla celów nadawania programów krajowych. Wówczas na ogół nie są potrzebne duże moce, a pokrycie powinno się tak projektować, aby w miarę możliwości zasięg emisji pokrywał się z terytorium kraju. Nie zawsze anteny dookólne stanowią najlepsze rozwiązanie. Przy bardziej decentrycznym położeniu ośrodka nadawczego stosuje się anteny, które są w zasadzie bezkierunkowe, ale których charakterystyki promieniowania odbiegają od dookólnych. W wyjątkowych przypadkach, np. gdy terytorium kraju ma kształt wydłużony, znajdują zastosowanie anteny o wyraźnej kierunkowości.

Do nadawania bezkierunkowych są zalecane anteny kwadrantowe oraz pojedyncze dipole poziome i pionowe, bez reflektorów. Charakterystyki zbliżone do dookólnych mają też anteny tropikalne, ale te są używane w zakresach częstotliwości zawartych między 2 a 5 MHz, przeznaczonych dla rejonów podzwrotnikowych i równikowych. Z wyjątkiem dipola pionowego, którego charakterystyka pozioma jest idealnie dookólna, pozostałe anteny bezkierunkowe powinny być zawsze właściwie zorientowane w stosunku do kształtu odbiorczego obszaru docelowego, na co należy zwracać uwagę przy projektowaniu pola antenowego.



## 8.2. Anteny kierunkowe dla małych zasięgów

Przez małe zasięgi rozumie się tu odległości obazarów docelowych od stacji nadawczej nie przekraczające 2000 km. Dobór anten jest trudny z powodu szerokiego zakresu wymaganych kątów elewacji, co wynika z aktywności zarówno warstwy E jak i F2, a ponadto ze znacznej częstości wzdłużnej rozciągłości obazaru docelowego w porównaniu z jego odległością od stacji nadawczej. Antena powinna zatem odznaczać się dużą szerokością pionowej charakterystyki promieniowania. Również często, jeżeli obazar docelowy objęto szerokim sektorem kątów azymutalnych, jest wymagana duża rozwartość charakterystyki poziomej. Konsekwencją takich wymagań jest względnie mały zysk stosowanej anteny.

Rozważając kwestię wyboru typów anten, zaleca się anteny ścienne o małej liczbie dipoli oraz anteny logarytmiczno-periodyczne, zwane potocznie antenami logarytmicznymi.

Anteny ścienne są oznaczane w następujący sposób:

H m/n/h    lub    HR m/n/h

gdzie: H - symbol polaryzacji poziomej /anteny ścienne apolaryzowane pionowo zdarzają się b. rzadko/,

R - symbol reflektora /brak tego symbolu oznacza, że antena promieniuje w dwóch przeciwległych kierunkach/,

m - liczba dipoli w jednym poziomie,

n - liczba poziomów,

h - wysokość dolnego poziomu anteny nad ziemię w częściach długości fali.

W antenach ściennych dla małych zasięgów zazwyczaj m jest równe 1 lub 2, a n też wynosi 1-2. Wysokości h przyjmuje się od 0,25 do 0,6. Kąty elewacji zawierają się od  $15^{\circ}$

do  $50^\circ$ . Zysk jest rzędu 9 do 16 dB. Wyjątkowo dla obszarów o małym sektorze kątów azymutalnych m bywa równe 4, a zyski wówczas wynoszą od 13 do 19 dB.

Anteny logarytmiczne mają kąty elewacji  $17^\circ - 50^\circ$ , zaś zysk od 8 do 14 dB. Rozwartość głównego listka poziomej charakterystyki promieniowania wynosi od  $80^\circ$  do  $130^\circ$  dla osłabienia mocy 6 dB.

Rzadko spotyka się, ale właśnie w Polsce zostały zbudowane w latach pięćdziesiątych anteny wzdłużne /end-fire/, składające się z uszeregowanych równolegle w jednej płaszczyźnie dipoli poziomych. Mają one bardzo korzystne charakterystyki promieniowania dla odległości 1000 - 2000 km.

### 8.3. Anteny kierunkowe dla średnich i dużych zasięgów

W zasięgu do 4000 km może być jeszcze czynna warstwa E, przy czym najczęściej wykorzystywany jest mod 2E. Dominujące są jednak mody F, zaś na odległościach powyżej 4000 km warstwa E z powodu strat przy dużej liczbie odbić od ziemi jest praktycznie bez znaczenia. Anteny dla średnich i wielkich odległości projektuje się z nastawieniem na propagację za pośrednictwem warstwy F2. Zakres kątów elewacji jest dość wąski. Dla średnich odległości, od 2000 do 5000 km, kąty elewacji zawarte są w granicach  $6^\circ - 15^\circ$ , natomiast powyżej 5000 km na ogół nie przewyższają  $12^\circ$ . Jak już było powiedziane w pkt. 3.2.2, kąty poniżej  $5^\circ$  nie są korzystne. Rozległość azymutalna obszaru na dużych odległościach jest zazwyczaj niewielka. Natomiast duże odległości wymagają stosowania wielkich mocy promieniowanych, co narzuca konieczność projektowania anten o dużych zyskach. Anteny dla dużych zasięgów mają więc z reguły silnie wyostrome charakterystyki promieniowania w obu płaszczyznach.

Dla średnich i dużych zasięgów zaleca się stosowanie wielodipolowych anten ścianowych. Wprowadzie w służbie radio-

fonii krótkofalowej wykorzystuje się na całym świecie jeszcze do tej pory anteny rombowe, ale dalsza ich rozbudowa nie jest zalecana ze względu na duże listki boczne, które w znacznym stopniu przyczyniają się do wzrostu zekłóceń interferencyjnych. Anteny logarytmiczne, pomimo ich kolosalnej zalety w postaci szerokopasmowości obejmującej z nadwyżką cały zakres fal dekametrowych, nie nadają się dla dalekich zasięgów z powodu zbyt małych zysków i zbędnej do tego celu dużej rozwartości głównej wiązki promieniowania.

Anteny typu HR  $m/n/h$  przeznaczone do pokrycia odległych obszarów mają zazwyczaj  $m = 4$ , zaś  $n=3$  lub  $4$ . Wysokość  $h$  bywa od  $0,4$  do  $1,5$ , a zakres kątów elewacji od  $5^\circ$  do  $15^\circ$ , natomiast zysk od  $16$  do  $22$  dB. Rozwartość głównego listka charakterystyki poziomej wynosi od  $35^\circ$  do  $70^\circ$ .

Wszystkie wyżej podane wartości zysku anten odniesiono do anteny izotropowej, a więc są o  $2,2$  dB większe od zysku względem dipola półfalowego w wolnej przestrzeni. Prowadzone swego czasu w ramach programów studiów CCIR badania wykazały, że w praktyce, wskutek niestabilności jonosfery, rzeczywiste wartości zysku dalekosiężnych anten krótkofalowych są o  $2 - 3$  dB mniejsze od teoretycznych.

#### 8.4. Podstawowe materiały do projektowania charakterystyk anten krótkofalowych

Cenny materiał podstawowy stanowi Atlas charakterystyk antenowych CCIR [26]. Dalsze rozszerzenie zbioru charakterystyk zawiera Sprawozdanie CCIR dla Drugiej Sesji Konferencji HFBC [27]. Oprócz uproszczonych dla potrzeb planowania charakterystyk promieniowania standardowych anten ścianowych z reflektorem z dipoli dostrojonych do określonej długości fali, są tu opisane anteny wielopasmowe z reflektorem aperiodycznym i anteny ze skręcaną poziomą charakterystyką promieniowania. Anteny ścianowe z reflektorem strojonym mogą obejmować co najwyżej 2 zakresy radiofoniczne. Na-

tomiast anteny z reflektorem aperiodycznym mogą pracować nawet w 5 zakresach, chociaż ich własności nie są tak dobre, jak anten strojonych.

Poziome charakterystyki promieniowania anten ścianowych można skręcać elektrycznie w granicach  $\pm 30^\circ$ . Jeżeli jednak liczba dipoli w jednym poziomie nie jest większa od 2, to kąt skręcania charakterystyki ograniczony jest do  $\pm 15^\circ$ .

## 9. NIEZAWODNOŚĆ RADIOFONII KRÓTKOFALOWEJ

### 9.1. Definicje

W załączniku 1 do Sprawozdania 892 CCIR [28] podano definicje poszczególnych rodzajów niezawodności przekazywania emisji radiofonicznej w zakresie fal dekametrowych. Konferencja HFBC, opierając się w znacznej mierze na tym Sprawozdaniu, posługiwała się następującymi pojęciami:

- podstawowa niezawodność relacji BCR<sup>x/</sup>: prawdopodobieństwo osiągnięcia określonej jakości odbioru w danym punkcie, na jednej częstotliwości, przy braku zakłóceń interferencyjnych;
- podstawowa niezawodność odbioru BRR<sup>xx/</sup>: prawdopodobieństwo osiągnięcia określonej jakości odbioru w danym punkcie, na wszystkich wykorzystanych częstotliwościach, przy braku zakłóceń interferencyjnych;
- podstawowa niezawodność służby BBR<sup>xxx/</sup>: prawdopodobieństwo osiągnięcia określonej jakości odbioru w danym obszarze, na wszystkich wykorzystanych częstotliwościach, przy braku zakłóceń interferencyjnych;

---

x/ BCR - Basic Circuit Reliability /ang./

xx/ BRR - Basic Reception Reliability /ang./

xxx/ BBR - Basic Broadcasting Reliability /ang./

Uwaga: Powyższe skróty terminów w jęz. angielskim zostały na Konferencji HFBC przyjęte we wszystkich językach roboczych.

- ogólna niezawodność relacji  $OCR^x/$ : prawdopodobieństwo osiągnięcia określonej jakości odbioru w danym punkcie, na jednej częstotliwości, w obecności zakłóceń interferencyjnych;
- ogólna niezawodność odbioru  $ORR^{xx}/$ : prawdopodobieństwo osiągnięcia określonej jakości odbioru w danym punkcie, na wszystkich wykorzystanych częstotliwościach, w obecności zakłóceń interferencyjnych;
- ogólna niezawodność służby  $OBR^{xxx}/$ : prawdopodobieństwo osiągnięcia określonej jakości odbioru w danym obszarze, na wszystkich wykorzystanych częstotliwościach, w obecności zakłóceń interferencyjnych.

## 9.2. Metody obliczania niezawodności

### 9.2.1. Obliczanie BCR

Podstawową niezawodność relacji BCR oblicza się w następujący sposób:

$$BCR = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\gamma} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad /36/$$

przy czym

$$\text{- jeżeli } \bar{E} \geq E_{\min}, \text{ to } \gamma = 1,282 \frac{\bar{E} - E_{\min}}{D_L(E)} \quad /37/$$

$$\text{- jeżeli } \bar{E} < E_{\min}, \text{ to } \gamma = 1,282 \frac{\bar{E} - E_{\min}}{D_U(E)} \quad /38/$$

x/ OCR - Overall Circuit Reliability /ang./

xx/ ORR - Overall Reception Reliability /ang./

xxx/ OBR - Overall Broadcasting Reliability /ang./

Uwaga: Powyższe skróty terminów w jęz. angielskim zostały na Konferencji HFBC przyjęte we wszystkich językach roboczych.

gdzie:  $\bar{E}$  - mediana natężenia pola sygnału użytecznego, w  $\text{dB}(\frac{\mu\text{V}}{\text{m}})$  obliczona jak w pkt. 3;

$E_{\min}$  - minimalne użyteczne natężenie pola, w  $\text{dB}(\frac{\mu\text{V}}{\text{m}})$  obliczone jak w pkt. 5;

$D_L(E)$  i  $D_U(E)$  - dolny i górny decyl natężenia pola sygnału użytecznego, w dB.

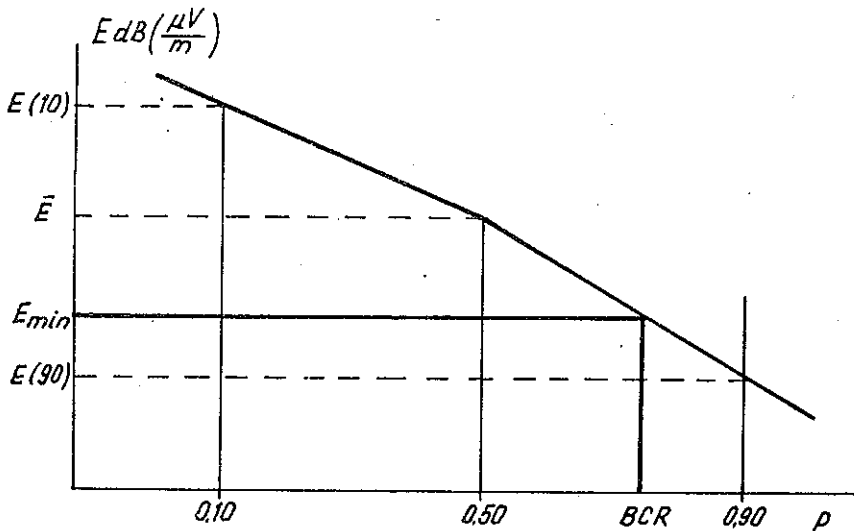
Decyle natężenia pola sygnału użytecznego oblicza się, jak następuje

$$D_L(E) = \sqrt{D_{LW}^2 + D_{LS}^2} \quad [\text{dB}] \quad /39/$$

$$D_U(E) = \sqrt{D_{UW}^2 + D_{US}^2} \quad [\text{dB}] \quad /40/$$

przy czym /wg pkt. 4.2.1/:  $D_{LS} = -8$  dB,  $D_{US} = 5$  dB, zaś  $D_{LW}$  i  $D_{UW}$  określa się z tabl. 4 zamieszczonej w pkt. 4.2.2.

Wyżej opisaną procedurę obliczeniową zilustrowano na rys. 9.



Rys. 9. Ilustracja graficzna metody obliczania podstawowej niezawodności relacji

### 9.2.2. Obliczanie BRR

Jeżeli przewiduje się nadawanie programu na dwóch częstotliwościach /w dwóch różnych zakresach/, to należy obliczyć  $BCR_1$  i  $BCR_2$  dla każdej z tych częstotliwości, a następnie obliczyć BRR przy jednoczesnym nadawaniu na obu częstotliwościach w następujący sposób:

$$BRR(2) = 1 - (1 - BCR_1)(1 - BCR_2) \quad /41/$$

Rozwijając wzór /39/ dla n częstotliwości, otrzymujemy ogólne wyrażenie na podstawową niezawodność odbioru:

$$BRR(n) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - BCR_i) \quad /42/$$

Wiele radiofonii, chcąc zwiększyć efektywność odbioru swoich audycji, nadaje programy na dwóch lub więcej częstotliwościach w tym samym zakresie. W takim przypadku niezawodność odbioru zasadniczo nie polepsza się, ponieważ fale o niewiele różniących się częstotliwościach podlegają zanikom prawie synchronicznie. Takie postępowanie może być uzasadnione tylko wtedy, gdy przez użycie więcej niż jednej częstotliwości wzrasta szansa uniknięcia zakłóceń interferencyjnych, tym niemniej kwalifikuje się jako rabunkowa gospodarka widmem i przy racjonalnym planowaniu rozdziału częstotliwości nie powinno mieć miejsca.

### 9.2.3. Obliczanie BBR

Docelowy obszar odbioru emisji krótkofalowej obejmuje pewną liczbę punktów testowych. Do obliczeń BBR można wykorzystać opis punktów testowych przygotowany dla potrzeb Konferencji HFBC przez IFRB [29] bądź można to zrobić we własnym zakresie, rozmieszczając punkty testowe mniej więcej równomiernie na obszarze odbioru, albo też gęstość ich do-

stosować do rozmieszczenia ludności ze szczególnym uwzględnieniem większych miast i ważniejszych ośrodków życia gospodarczego oraz kulturalnego. Obliczenia BCR względnie BRR przeprowadza się dla każdego punktu testowego. Arbitralnie ustala się procent punktów testowych /zazwyczaj 80% lub 90%, w których przekroczona jest pewna minimalna wartość ERR. Ta wartość jest właśnie poszukiwaną wartością podstawowej niezawodności służby radiofonicznej BBR.

#### 9.2.4. Obliczanie OCR

W danym punkcie testowym oblicza się mediany sygnału użytecznego  $\bar{E}_U$  i sygnałów zakłócających  $\bar{E}_{z1}, \bar{E}_{z2}, \dots, \bar{E}_{zi}, \dots, \bar{E}_{zn}$ . Uwzględnia się wszystkie stacje współkanałowe i inne w zakresie  $\pm 10$  kHz. Wskazane jest przeprowadzenie wstępnej preselekcji stacji zakłócających. Mediany natężenia pola stacji innych, niż współkanałowe, oblicza się dla zastępczej mocy promieniowanej:

$$P'_{pr} = P_{pr} + A_{wzgl} \quad [\text{dB(kW)}] \quad /43/$$

gdzie:  $A_{wzgl}$  - względna wartość współczynnika ochronnego, w dB.

Wypadkowe natężenie pola zakłóceń interferencyjnych:

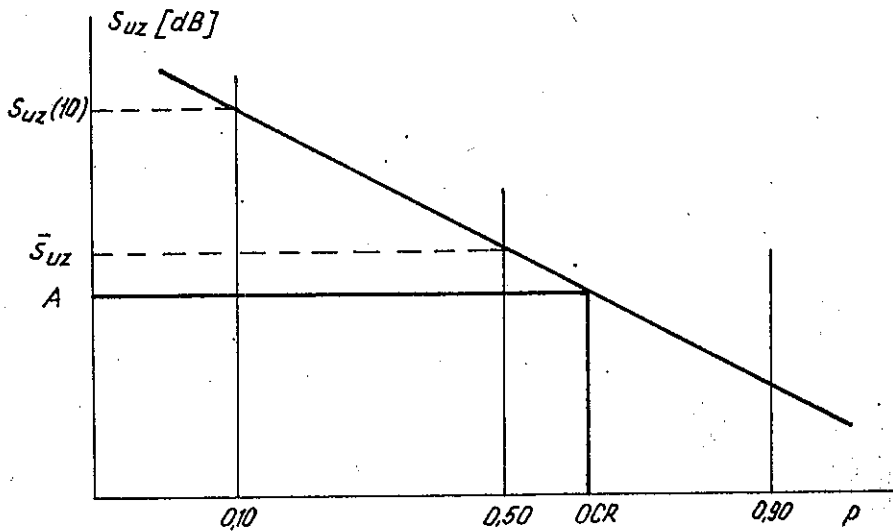
$$\bar{E}_z = 20 \log \sqrt{\bar{E}_{z1}^2 + \bar{E}_{z2}^2 + \dots + \bar{E}_{zi}^2 + \dots + \bar{E}_{zn}^2} \quad \left[ \text{dB} \left( \frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right) \right] \quad /44/$$

przy czym wartości natężenia pola są wyrażone w  $\frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$ . Gdy nie ma miarodajnych informacji co do stacji zakłócających, można  $E_z$  określić szacunkowo na podstawie analizy sytuacji interferencyjnej.

Mediana stosunku sygnału użytecznego do wypadkowego zakłócającego:

$$\bar{S}_{uz} = \bar{E}_U - \bar{E}_z \quad [\text{dB}] \quad /45/$$





Rys. 10. Ilustracja graficzna metody obliczania ogólnej niezawodności relacji

Oblicza się parametr  $ICR^{x/}$ , uwzględniając tylko zakłócenia interferencyjne, a pomijając wszelkiego rodzaju szumy:

$$ICR = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\gamma} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad /46/$$

przy czym:

- jeżeli  $\bar{S}_{uz} \geq A_w$  /współczynnik ochronny współnakanalowy/, to:

$$\gamma = 1,282 \frac{\bar{S}_{uz} - A_w}{D_{1a}} \quad /47/$$

jeżeli  $\bar{S}_{uz} < A_w$ , to:

$$\gamma = 1,282 \frac{\bar{S}_{uz} - A_w}{D_{ua}} \quad /48/$$

<sup>x/</sup> ICR - Interference Circuit Reliability /interferencyjna niezawodność relacji/. Pojęcie pomocnicze wprowadzone przez Konferencję HFBC do obliczania OCR.

gdzie:  $D_{1a}$  i  $D_{ua}$  - dolne i górne odchylenie decylowe  $S_{uz}$  dB.  
 Przyjmuje się dla szerokości geomagnetycz-  
 nych poniżej  $60^\circ$   $D_{1a} = D_{ua} = 10$  dB, a dla  
 szerokości powyżej  $60^\circ$   $D_{1a} = D_{ua} = 14$  dB.

W końcowej fazie oblicza się BCR /patrz pkt. 9.2.1/ i jako wartość OCR przyjmuje się mniejszą z dwóch wartości, BCR lub ICR. Opisaną procedurę pokazano na rys. 10.

#### 9.2.5. Obliczanie ORR

Jeżeli nadawanie programu odbywa się na jednej częstotliwości, to ORR jest równa OCR. Natomiast przy nadawaniu na dwóch częstotliwościach należy obliczyć dla każdej z nich ogólną niezawodność relacji,  $OCR_1$  i  $OCR_2$ , a następnie ogólną niezawodność odbioru w następujący sposób:

$$ORR(2) = 1 - (1 - OCR_1)(1 - OCR_2) \quad /49/$$

Rozwijając wzór /49/ dla dowolnej liczby  $n$  częstotliwości, otrzymuje się ogólne wyrażenie na ogólną niezawodność odbioru:

$$ORR(n) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - OCR_i) \quad /50/$$

Powinno się przestrzegać zasady, żeby każda częstotliwość była wzięta z innego zakresu.

#### 9.2.6. Obliczanie OBR

Sposób obliczania ogólnej niezawodności służby radiofonicznej w zasadzie nie różni się od sposobu obliczania podstawowej niezawodności służby /patrz pkt. 9.2.3/. Dla każdego punktu testowego na docelowym obszarze odbioru oblicza się ORR, względnie tylko OCR, jeżeli program jest nadawany na jednej częstotliwości. Należy uszeregować obliczone wartości  $ORR_i$  w porządku malejącym, ustalić wymaganą procentową

liczbę punktów, w których mają być spełnione warunki zadowalającego odbioru, zazwyczaj 80% lub 90%, i znaleźć wartość ORR /lub OCR/, która jest przekraczana w tym procencie punktów testowych.

Znaleziona wartość ORR /lub OCR/ jest poszukiwaną wartością ogólnej niezawodności służby radiofonicznej OBR.

W projektowaniu pokrycia obszaru odbioru dąży się do zapewnienia możliwie dużego natężenia pola sygnału użytecznego, co osiąga się przez odpowiedni dobór zakresu częstotliwości i parametrów relacji. Ale trzeba pamiętać, że w warunkach rzeczywistych nie wystarcza dobór zakresu, gdyż najbardziej miarodajnym kryterium oceny pokrycia jest OBR, a więc istotny jest też wybór częstotliwości roboczej.

## 10. PROCEDURA PROJEKTOWANIA POKRYCIA OBSZARÓW ODBIORU

### 10.1. Drogi postępowania

Projektant może obrać jedną z dwóch dróg postępowania prowadzącego do tego samego celu, tj. do ustalenia takich wartości mocy wyjściowej nadajnika oraz zysku, kąta elewacji i szerokości poziomej i pionowej charakterystyki anteny, które zapewniają dostateczną niezawodność służby wymaganej jakości odbioru na obszarze docelowym.

Pierwsza droga rozpoczyna się od obliczenia w każdym punkcie testowym natężenia pola sygnału użytecznego przy założeniu mocy nadajnika 1 kW i izotropowej anteny nadawczej. Następnie określa się minimalne użyteczne natężenie pola  $E_{min}$ , względnie chronione natężenie pola uwzględniające wpływ zakłóceń interferencyjnych w sposób szacunkowy, a następnie dobiera się wartości mocy promieniowanej tak, aby odpowiednio podwyższone natężenie pola dało oczekiwaną niezawodność służby. Ten tryb postępowania jest wprawdzie logiczny, ale raczej teoretyczny i wymaga w końcowej fazie różnych korekt.

Druga droga, bardziej praktyczna, polega na początkowym założeniu spodziewanych wartości parametrów relacji i przeprowadzeniu obliczeń sprawdzających. Wprawdzie i w tym przypadku nie uniknie się korekt, ale z reguły jest wiadomo, na jakie nadajniki i anteny można liczyć i kierując się doświadczeniem i intuicją inżynierską, projektant ma szansę dość trafnie dobrać parametry relacji już przy pierwszym podejściu.

Oczywiście, niezależnie od wybranej drogi postępowania, obliczenia muszą być prowadzone dla odpowiednio wybranych miesięcy w całym cyklu aktywności słonecznej.

Mając na uwadze praktyczną wyższość drugiej drogi postępowania, przedstawimy w następnym punkcie bardziej szczegółowe wytyczne procedury projektowania, mogące stanowić podstawy opracowania formalnego algorytmu.

## 10.2. Faza wstępna

### 10.2.1. Sformułowanie zadania

Procedura projektowania ma na celu określenie dla danego docelowego obszaru odbioru, w pełnym cyklu aktywności słonecznej, zakresu częstotliwości roboczych, mocy wyjściowej nadajnika, typów i charakterystyk anten nadawczych, przy założeniu spełnienia postawionych wymagań co do jakości odbioru i niezawodności służby.

### 10.2.2. Założenia

W założeniach należy podać:

#### 1. Czy obliczenia mają być prowadzone:

- bez uwzględnienia zakłóceń interferencyjnych;
- dla wartości chronionego natężenia pola uwzględniającej wpływ zakłóceń interferencyjnych w sposób ogólny;
- dla rzeczywistej sytuacji interferencyjnej.

## 2. Wymagania jakościowe:

- stopień jakości odbioru, wg skali ocen CCIR;
- niezawodność służby;
- procentowe pokrycie obszaru docelowego odbiorem o jakości wymaganej i z wymaganą niezawodnością.

## 3. Ograniczenia w projektowaniu:

- maksymalna możliwa moc nadajnika, względnie typoszereg mocy;
- maksymalny możliwy zysk anteny;
- maksymalna dopuszczalna liczba częstotliwości dla jednego nadawania.

## 10.2.3. Dane wejściowe

Do zbioru danych wejściowych powinny wchodzić:

- 1/ nazwa ośrodka nadawczego;
- 2/ szerokość geograficzna ośrodka nadawczego;
- 3/ długość geograficzna ośrodka nadawczego;
- 4/ punkty testowe w obszarze docelowym /współrzędne geograf./;
- 5/ godziny nadawania UTC;
- 6/ miesiące, dla których będą prowadzone obliczenia;
- 7/ wartości  $R_{12}$ , dla których będą prowadzone obliczenia;
- 8/ chronione natężenie pola /ewentualnie/;
- 9/ system emisji /DSB lub SSB/;
- 10/ system emisji zakłócających /DSB, SSB lub jedna i druga/;
- 11/ obniżenie wartości współczynników ochronnych odpowiednio do przyjętej w założeniach jakości odbioru /ewentualnie/;
- 12/ wymagana niezawodność BBR i ewentualnie OBR;
- 13/ moc doprowadzona do anteny nadawczej;

- 14/ azymut anteny nadawczej;
- 15/ pozioma charakterystyka anteny nadawczej;
- 16/ pionowa charakterystyka anteny nadawczej;
- 17/ zysk anteny nadawczej;
- 18/ dane z punktów 15, 16 i 17 mogą być zastąpione przez numer anteny ze zbioru charakterystyk antenowych, jeżeli taki zbiór jest uprzednio wprowadzony do stałych danych wejściowych.

Jeżeli obliczenia mają być prowadzone dla rzeczywistej sytuacji interferencyjnej, to do zbioru danych wejściowych należy jeszcze wprowadzić dane z nr nr 1, 2, 3, 5, 10 /w odniesieniu do każdej stacji zakłócającej/, 13, 14, 15, 16 i 17 /lub 18 zamiast 15, 16 i 17/. Również dla stacji zakłócających trzeba wprowadzić ich częstotliwości robocze.

### 10.3. Faza zasadnicza

#### 10.3.1. Projektowanie bez uwzględnienia zakłóceń interferencyjnych

Dla wybranego punktu testowego, danej wartości  $R_{12}$ , danego miesiąca i danej godziny:

- oblicza się MUF podstawową dla warstwy E /jeżeli długość trasy nie przewyższa 4000 km/ i dla warstwy F2 /patrz pkt. 2.3.1 i 2.3.2/;
- sprawdza się, czy warstwa F2 nie jest ekranowana przez warstwę E /patrz pkt. 2.3.3/;
- jeżeli długość trasy nie przekracza 4000 km, a warstwa F2 nie jest ekranowana, to jako MUF podstawową dla trasy wybiera się większą z dwóch wartości  $E(D)MUF$  i  $F2(D)MUF$ ;
- jeżeli zjawisko ekranowania zachodzi, to przyjmuje się dla trasy o długości  $D$  wartość  $E(D)MUF$ ;

- jeżeli długość trasy  $D > 4000$  km, to MUF dla trasy jest równa  $F2(D)MUF$  /patrz pkt. 2.3.2/;
- jeżeli warstwa F2 jest aktywna, to określa się MUF eksploatacyjną, korzystając z tabl. 1 w pkt. 2.4.2.

Powtarzając powyższe obliczenia dla podanych w danych wejściowych wartości  $R_{12}$ , miesięcy i godzin oraz dla wszystkich wchodzących w obzary docelowy punktów testowych, możemy określić górną granicę możliwego do wykorzystania zakresu częstotliwości roboczych.

Następnie, również dla każdej z zadanych wartości  $R_{12}$ , dla każdego miesiąca i poszczególnych godzin nadawania oraz dla każdego punktu testowego i jeszcze dla każdego możliwego modu propagacyjnego, oblicza się medianę natężenia pola sygnału użytecznego:

- dla tras o długości  $D < 7000$  km wg pkt. 3.2.1;
- dla tras o długości  $D > 9000$  km wg pkt. 3.2.2;
- dla tras o długości  $7000 \leq D \leq 9000$  km wg pkt. 3.2.3.

Aby ograniczyć liczbę obliczeń, wykonuje się je w zależności od długości trasy tylko dla następujących modów:

- $D \leq 2000$  km: 1E, 1F2, 2F2;
- $2000 < D \leq 4000$  km: 2E, 1F2, 1E + 1F2;
- $D > 4000$  km: 2F2, 3F2, 4F2.

Jako wypadkową wartość natężenia pola przyjmuje się pierwiastek z sumy kwadratów natężeń pola od poszczególnych modów:

$$E = 20 \log \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_3^2} \quad \left[ \text{dB} \left( \frac{\mu\text{V}}{\text{m}} \right) \right] \quad /51/$$

gdzie:  $E_1, E_2, E_3$  - mediany natężenia pola, w  $\frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$ .

W następnej kolejności oblicza się minimalne użyteczne natężenie pola dla warunków określonych w danych wejściowych /patrz pkt. 5/. W dalszym ciągu dla założonych wartości.

$R_{12}$  miesięcy, godzin, dla wybranego punktu testowego i jednej częstotliwości oblicza się podstawową niezawodność relacji BCR /patrz pkt. 9.2.1./. Jeżeli niezawodność relacji wypada mniejsza od wymaganej, to wybiera się drugą, a gdy BCR jest jeszcze za mała, to i trzecią częstotliwość, z reguły każdą w innym zakresie. Oblicza się wtedy podstawową niezawodność odbioru BRR, dążąc do uzyskania wartości co najmniej równej wymaganej /patrz pkt. 9.2.2./.

Wszystkie obliczenia powtarza się dla każdego punktu testowego, korygując odpowiednio azymut dla każdego kolejnego punktu. Mając obliczone wartości BRR dla wszystkich punktów testowych /jeżeli wystarcza jedna częstotliwość, to  $BRR=BCR$ / znajdujemy niezawodność służby BBR /patrz pkt. 9.2.3/ dla zadanego w założeniach procentowego pokrycia obszaru odbioru. Zazwyczaj żąda się pokrycia 90-procentowego lub 80-procentowego.

Porównanie otrzymanej wartości BBR z wartością założoną daje ocenę skuteczności nadawców przy założonych wstępnie parametrach relacji. Jeżeli ta ocena wypada pozytywnie, to pozostaje wybór odpowiedniego nadajnika i odpowiednich anten o danych zbliżonych do wstępnie założonych. Jeżeli ocena jest negatywna, to projektant dokonuje odpowiednich korekt i obliczenia sprawdzające przeprowadza się ponownie.

#### 10.3.2. Postępowanie przy projektowaniu z uwzględnieniem rzeczywistej sytuacji interferencyjnej

Jeżeli, jak było już powiedziane, uwzględnienie w sposób ogólny zakłóceń interferencyjnych polega tylko na przyjęciu chronionego natężenia pola odpowiednio przewyższającego  $E_{min}$ , to cała procedura jest analogiczna do opisanej w pkt. 10.3.2. z tą właśnie jedyną zmianą.

Jeżeli jednak ma być uwzględnione działanie rzeczywistych stacji zakłócających, to zagadnienie znacznie się komplikuje, nie tyle zresztą jakościowo, ile pod względem dużego na ogół wzrostu pracochłonności.



W każdym punkcie testowym obszaru docelowego oblicza się natężenie pola sygnału użytecznego i wszystkich sygnałów zakłócających. Należy przy tym uwzględniać nie tylko stacje nadające celowo na ten sam obszar odbioru, dla którego jest przeznaczony sygnał użyteczny, ale również stacje nadające na obszary pobliskie, a niekiedy nawet stacje nadające programy w kierunkach różniących się o ok.  $180^\circ$  od kierunku obszaru docelowego sygnału użytecznego, ponieważ przy bardzo dużych mocach promieniowanych jest możliwe dojście sygnału zakłócającego po ortodromie dokołaziemskiej. Należy brać pod uwagę stacje zakłócające pracujące na częstotliwościach w granicach  $\pm 10$  kHz względem częstotliwości sygnału użytecznego.

Po dokonaniu wyboru stacji zakłócających i obliczeniu natężenia pola poszczególnych sygnałów oblicza się wypadkowe natężenie pola oraz OCR we wszystkich punktach testowych w sposób opisany w pkt. 9.2.4. Następnie trzeba przeanalizować celowość wykorzystania dodatkowych częstotliwości dla nadawania jednego i tego samego programu. Jeżeli okaże się to uzasadnione, to oblicza się we wszystkich punktach testowych ORR /patrz pkt. 9.2.5/. Wreszcie, jako ostateczne kryterium oceny technicznej skuteczności nadawań określa się OBR w sposób podany w pkt. 9.2.6.

Wszystkie obliczenia prowadzi się dla zadanych godzin, miesięcy i wartości  $R_{12}$ . Na podstawie analizy wyników obliczeń OBR ustala się zakresy częstotliwości i dokonuje się wyboru szczegółowych częstotliwości roboczych. Ustala się również moce nadajników, zyski i inne parametry anten albo przyjmując wstępnie założone ich wartości, albo wprowadzając odpowiednie korekcje.

Biorąc pod uwagę, że wszystkie obliczenia normalnie są wykonywane za pomocą komputera, nie jest wskazane ograniczanie ich do wyznaczonych przez użytkownika godzin. Obliczenia powinny być wykonywane w wymiarze całodobowym, a wnioski z nich wykorzystywane przy ustalaniu godzin nadawania, które nie powinny być wyznaczane wyłącznie pod kątem widzenia potrzeb programowych.

## WYKAZ LITERATURY

1. UIT: Conférence administrative mondiale des radiocommunications pour la planification des bandes d'ondes décimétriques attribuées au service de radiodiffusion. Première session, Genève 1984. Rapport établi à l'intention de la seconde session de la Conférence. UIT, Genève 1984.
2. UIT: Final Acts of the World Administrative Radio Conference for the Planning of the HF Bands Allocated to the Broadcasting Service /HFBC-87/, Geneva 1987.
3. Borowski S., Lisicki W.: Wybór optymalnych częstotliwości roboczych. Problemy łączności, nr 121, It., Warszawa 1974.
4. Lisicki W.: Metody obliczania tras krótkofalowej łączności jonosferycznej. Problemy łączności, nr 121, It., Warszawa 1974.
5. Dusiński A.: Mapy numeryczne charakterystyk jonosferycznych. Problemy łączności, nr 121, It., Warszawa 1974.
6. CCIR: Definitions of maximum transmission frequencies. Recommendation 373-5, XVIth Plenary Assembly of CCIR, Dubrovnik 1986.
7. IFRB: Technical Standards B-1. IFRB, 1957.
8. CCIR: CCIR atlas of ionospheric characteristics. Report 340, XIth Plenary Assembly of CCIR, Oslo 1966.
9. CCIR: CCIR atlas of ionospheric characteristics. Recommendation 434-4, XVIth Plenary Assembly of CCIR, Dubrovnik 1986.
10. CCIR: Choice of indices for long-term ionospheric predictions. Recommendation 371-5, XVIth Plenary Assembly of CCIR, Dubrovnik 1986.

11. CCIR: Long-term ionospheric propagation predictions. Report 255-6, XVth Plenary Assembly of CCIR, Dubrovnik 1986.
12. R.P. de Pologne: Observations de la réception de l'émetteur WWV /USA/ sur des fréquences supérieures à la MUF normalisée. Doc. VI/71 Période 1960 - 1963.
13. Kazancew A.N.: Razwitiie metoda rasczota napriazhenosti elektriczeskowo pola korotkich wołn. Trudy IRE AN SSSR, No 2, 134, 1956.
14. National Bureau of Standards /USA/: Ionospheric radio propagation. NBS Circ. 462, Washington 1948.
15. Lucas D.L., Haydon G.W.: Predicting statistical performance indexes for high frequency ionospheric telecommunication systems. ESSA Tech. Report ERL 1-IISA 1, Boulder 1966.
16. Barghausen A.F.: Predicting long-term operational parameters of high-frequency sky-wave telecommunication systems. ESSA Tech. Report ERL 110- ITS 78, Boulder 1969.
17. CCIR: CCIR interim method for estimating sky-wave field strength and transmission loss at frequencies between the approximate limits of 2 and 30 MHz. Report 252-2, XII Plenary Assembly of CCIR, New Delhi 1970.
18. CCIR: Second CCIR computer based interim method for estimating sky-wave field strength and transmission loss at frequencies between 2 and 30 MHz. Supplement to Report 252-2, XVth Plenary Assembly of CCIR, Geneva 1982.
19. CCIR: Simple HF propagation prediction method for MUF and field strength. Report 894-1, XVth Plenary Assembly of CCIR, Dubrovnik 1986.
20. Kowalewska E.M., Kerblaj T.S.: Rasczot rasstojania skaczka, maks<sup>+</sup>alnoj primienimoj czastoty, ugłow pri-choda radiowołny, s ucetom gorizontальной nieodnorodnosti jonosfery. Izd. "Nauka", Moskwa 1971.

21. Hajduk M.: Kompleksowe obliczanie relacji - program KOMPARD na EMC R-32. Instytut Łączności. Praca nr 12.06.F.01.03, Warszawa 1979.
22. CCIR: Numerical constants and interpolation procedure for the WARC-HFBC propagation prediction method. Recommendation 621, XVIth Plenary Assembly of CCIR, Dubrovnik 1986.
23. CCIR: Ionospheric propagation and noise characteristics pertinent to terrestrial radiocommunication system design and service planning. Report 266-6, XVIth Plenary Assembly of CCIR, Dubrovnik 1986.
24. CCIR: Characteristics and application of atmospheric radio noise data. Report 322-3, XVIth Plenary Assembly of CCIR, Dubrovnik 1986.
25. CCIR: Man-made radio noise. Report 258-4, XVIth Plenary Assembly of CCIR, Dubrovnik 1986.
26. CCIR: Antenna Diagrams. Arrays of horizontal dipoles. Horizontal rhombics. Geneva 1984.
27. CCIR: Rapport pour la seconde session de la CAMR pour la planification des bandes d'ondes décimétriques attribuées au service de radiodiffusion. Genève 1986.
28. CCIR: Computation of reliability for HF radio systems. Report 892, XVIth Plenary Assembly of CCIR, Dubrovnik 1986.
29. IFRB: Report to the second session of the WARC for the planning of the HF bands allocated to the broadcasting service. HFBC planning system. Geneva 1986.

ZAGADNIENIE ROZDZIAŁU CZĘSTOTLIWOŚCI  
DLA RADIOFONII KRÓTKOFALOWEJ

1. WPROWADZENIE

Światowa Administracyjna Konferencja Radiokomunikacyjna /WARC - 79/ w 1979 roku poddała rewizji Regulamin Radiokomunikacyjny oraz podjęła decyzje zwołania Konferencji ds. Planowania Radiofonii w zakresach fal dekametrowych /krótkich/, zawartych pomiędzy 5950 kHz i 26100 kHz, w dwu sesjach, zwanych dalej Konferencjami HFBC/1/ i HFBC/2/<sup>x/</sup>. Konferencja WARC - 79 postanowiła również rozszerzyć niektóre zakresy fal dekametrowych w celu wykorzystania ich dla radiofonii krótkofalowej, częściowo po 1 lipca 1989 r. i częściowo po 1 lipca 1994 r. Decyzje te zostały podjęte ze względu na istniejącą bardzo trudną sytuację w zakresach fal krótkich, która - uwzględniając równe prawa wszystkich krajów do wykorzystywania tych zakresów fal - nie pozwalała na zaspokojenie wciąż rosnących potrzeb w skali światowej, znacznie przekraczających możliwości kanałowe zakresów krótkofalowych, oraz na zapewnienie odpowiedniej jakości służby radiofonicznej.

Należy zaznaczyć, że zainteresowanie wykorzystaniem wyżej wymienionych zakresów fal - szczególnie krajów rozwijających się - jest ogromne, ponieważ umożliwiają one emitowanie programów radiofonicznych na bardzo duże odległości, jak również pozwalają na pokrycie programami radiofonicznymi dużych terytoriów w skali regionu, kraju, a nawet globu ziemskiego.

---

<sup>x/</sup> HFBC - High Frequency Broadcasting - Radiofonia Krótkofalowa.

Obecnie kanały częstotliwościowe dla radiofonii krótkofalowej stosuje się opierając się na procedurze opisanej w Artykule 17 Regulaminu Radiokomunikacyjnego /w skrócie RR/.

Zgodnie z tą procedurą administracje przesyłają do IFRB<sup>x/</sup> w ustalonych odstępach czasu /cztery sezony/ informacje dotyczące parametrów ich stacji radiofonicznych, które będą emitowały programy radiofoniczne w zakresie fal dekametrowych w danym sezonie /współrzędne geograficzne, kanały częstotliwościowe, moce, godziny nadawania itp./. IFRB przeprowadza analizę notyfikacji w celu wykrycia ewentualnych niekompatybilności. Wszystkie dane otrzymane przez IFRB oraz wyniki analizy służą do opracowania, tak zwanego Tymczasowego Rozkładu Godzinowego dla danego sezonu w danym roku. Każdy Tymczasowy Rozkład Godzinowy z uwagami IFRB jest przesyłany zainteresowanym administracjom dwa miesiące przed początkiem sezonu. Niekompatybilności stwierdzone przez IFRB powinny być przedmiotem negocjacji i rozwiązane pomiędzy zainteresowanymi administracjami. Jednakże spotkania negocjacyjne - jako nieobligatoryjne - odbywają się w ograniczonym zakresie, np. w ramach OWL<sup>xx/</sup>, i wobec tego problemy niekompatybilności, z reguły pozostają nierozwiązane. Wynikiem tego jest bardzo zła jakość odbioru programów w obszarach docelowych, szczególnie w niższych zakresach fal krótkich.

Wykorzystywane przez poszczególne kraje kanały częstotliwościowe nie są wpisywane do Międzynarodowego Rejestru Częstotliwości. Dlatego też większość krajów świata, przede wszystkim te, które mają umiarkowane potrzeby /liczbę wymaganych godzinowo-częstotliwości/, opowiedziały się za jedynie rozsądnym rozwiązaniem, jakim jest planowanie wykorzystania częstotliwości zakresów fal dekametrowych w skali globu ziemskiego.

---

x/ IFRB - International Frequency Registration Board -  
Międzynarodowa Izba Rejestracji Częstotliwości.

xx/ OWL - Organizacja Współpracy Łączności /obejmująca kraje socjalistyczne/.

Pierwsza sesja Konferencji - HFBC/1/, która odbyła się w 1984 r., opracowała kryteria techniczne oraz przyjęła zasady i metodę planowania radiofonii w zakresach krótkofalowych.

Zadaniem drugiej sesji - HFBC/2/, która odbyła się w 1987 r., miało być ostateczne przyjęcie kryteriów i podstaw technicznych oraz ewentualnie udoskonalonej metody planowania. Przewidywano opracowanie planu /przynajmniej dla jednego z najbliższych sezonów/ opartego na zgłoszeniach zapotrzebowań godzinowo-częstotliwościowych wszystkich krajów. Założono wykorzystanie opracowanego przez IFRB informatycznego systemu planowania w zakresach fal dekametrowych /System Planowania HFBC/.

Jednakże kilkanaście wersji planów próbnych - opracowanych przez IFRB w okresie międzysesyjnym - okazało się nie do przyjęcia przez przeważającą większość krajów. Stwierdzono, że informatyczny system planowania wymaga udoskonalenia z wykorzystaniem ulepszonych procedur planowania.

Zasady rozdziału częstotliwości oraz zaproponowany przez Konferencję HFBC/2/ System Planowania HFBC są głównym tematem niniejszego artykułu. Należy przy tym podkreślić, że system ten w okresie najbliższych kilku lat ma być dalej udoskonalany.

Warto zaznaczyć, że w okresach poprzedzających obie sesje Konferencji HFBC w Instytucie Łączności, przy współudziale Departamentu Służby Radiokomunikacyjnej Ministerstwa Łączności, były prowadzone intensywne prace nastawione głównie na oczekiwane podczas Konferencji opracowanie przynajmniej jednego planu sezonowego.

Oprócz prac przygotowawczych obejmujących podstawy techniczne i metody planowania radiofonii krótkofalowej z wykorzystaniem komputerowej techniki obliczeniowej [1, 2,3] zostały opracowane stanowiska administracji łączności PRL na obie sesje Konferencji oraz na podstawie zgłoszonych potrzeb Komitetu ds. Radia i Telewizji zapotrzebowania godzinowo-częstotliwościowe na nadawanie w zakresach fal krótkich na

okres sierpień 1985 - lipiec 1988. Zapotrzebowania przesłano do IFRB w pierwszej połowie 1986 r., a ich zmodyfikowaną wersję - przed rozpoczęciem drugiej sesji. Przy opracowywaniu zapotrzebowań opierano się na własnych dokładnych obliczeniach sprawdzających dla najgorszego z punktu widzenia propagacji sezonu D-5 /grudzień, wskaźnik aktywności słonecznej równy 5/.

## 2. OGÓLNE ZASADY ROZDZIAŁU CZĘSTOTLIWOŚCI DLA RADIOFONII KRÓTKOFALOWEJ W SKALI ŚWIATOWEJ

W celu planowego rozdziału częstotliwości dla radiofonii krótkofalowej w skali światowej zostały przyjęte pewne zasady natury ogólnej i technicznej.

Główną zasadą natury ogólnej jest zasada równości praw wszystkich krajów, dużych i małych, do wykorzystywania zakresów fal dekametrowych z uwzględnieniem istniejących w niektórych krajach trudności technicznych i ekonomicznych. Zasada powyższa jest ogólnie sprawiedliwa i słuszna. Jednakże trudności techniczne i ekonomiczne, dotyczące niektórych krajów, powinny być brane pod uwagę wyjątkowo, ponieważ są to czynniki wprowadzające poważne ograniczenia przy rozdziale częstotliwości. W tym przypadku odnosi się to do tych stacji krótkofalowych, które nie mają możliwości przestrajania na inne częstotliwości z powodu posiadania przestarzałych urządzeń nadawczych, a kraje eksploatujące je nie mają środków finansowych na ich modernizację.

Na podstawie powyższej zasady wszystkie zapotrzebowania częstotliwościowe zgłoszone przez poszczególne kraje powinny być wzięte pod uwagę i traktowane jednakowo w sposób umożliwiający każdemu krajowi zapewnienie zadowalającej jakości służby, z uwzględnieniem różnic pomiędzy zapotrzebowaniami na emisje krajowe i zagraniczne.

Nie wydaje się jednak słuszne traktowanie wszystkich za-



potrzebowań jednakowo. Wiele krajów - zwłaszcza "potęgi" w dziedzinie radiofonii krótkofalowej - zgłasza nadmierną liczbę godzino-częstotliwości. Ponieważ liczba częstotliwości stojąca do dyspozycji nie pozwala na zaspokojenie wszystkich potrzeb, szczególnie w niższych zakresach, liczba uwzględnianych częstotliwości powinna być ograniczona tak, aby wszystkie kraje miały zapewnioną zadowalającą jakość służby dla pewnej minimalnej liczby godzino-częstotliwości.

Podstawowa zasada natury technicznej dotyczy obciążenia stosowalności procedury konsultacji, zawartej w zmodyfikowanym Artykule 17 RR i procedury udoskonalonego Systemu Planowania HFBC.

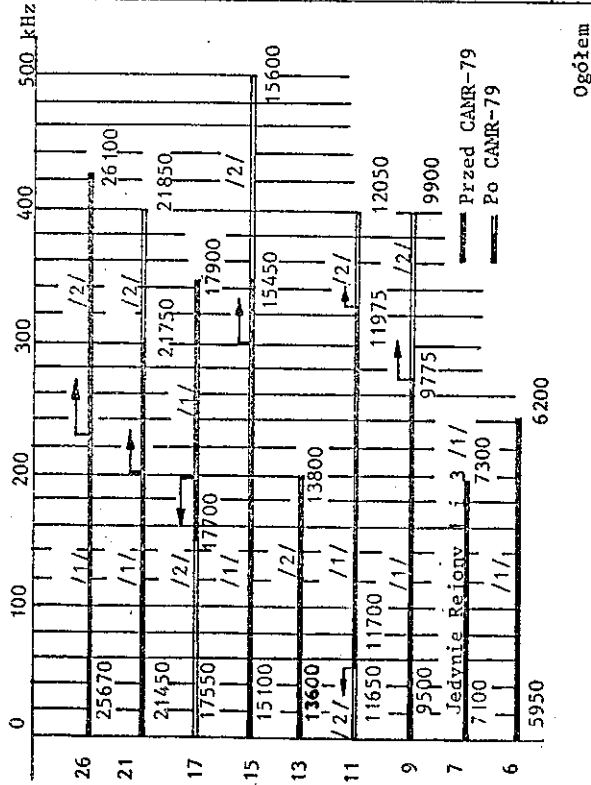
Rys. 1 przedstawia grafik stosowalności poszczególnych procedur dla zakresów fal dekametrowych przydzielonych wyłącznie służbie radiodifuzyjnej, a mianowicie:

zakres 26 MHz : 25 670 - 26 100 kHz,  
zakres 21 MHz : 21 450 - 21 850 kHz,  
zakres 17 MHz : 17 550 - 17 900 kHz,  
zakres 15 MHz : 15 100 - 15 600 kHz,  
zakres 13 MHz : 13 600 - 13 800 kHz,  
zakres 11 MHz : 11 650 - 12 050 kHz,  
zakres 9 MHz : 9 500 - 9 900 kHz,  
zakres 7 MHz : 7 100 - 7 300 kHz,  
zakres 6 MHz : 5 950 - 6 200 kHz.

Jako rozwiązanie kompromisowe przyjęto stosowanie procedury według obecnego Artykułu 17 RR do czasu ustalenia przez następną sesję Konferencji HFBC /1992 r./ terminu wprowadzenia procedury według udoskonalonego Artykułu 17 RR i procedury udoskonalonego Systemu Planowania HFBC.

Stosowanie różnych procedur do poszczególnych części zakresów prowadzi nie tylko do nieracjonalnego wykorzystania widma częstotliwości i wydłużenia okresu planowania, lecz

Szerokość pasma do dyspozycji ogółem [kHz]	/1/ Stosowanie procedury konsultacji /Artykuł 17/ [kHz]	/2/ Stosowanie udoskonalonego Systemu Planowania HFBC [kHz]
430	230	200
400	200	200
350	150	200
500	300	200
200		200
400	275	125
400	275	125
200	200	
250	250	
Ogółem 3130	1880	1250



Rys. 1. Grafik stosowania procedury konsultacji i udoskonalonego Systemu Planowania HFBC

również umożliwi uzyskanie zadowalającej jakości służby w obszarach docelowych. Szczególnie dotyczy to niższych zakresów częstotliwości, które ze względów propagacyjnych są bardziej "zatłoczone". Jednakże wydaje się mało prawdopodobne przeforsowanie na przyszłej Konferencji HFBC stosowania jednolitego systemu planowania dla całych zakresów fal dekametrowych. "Potęgi" radiofoniczne dysponujące nowoczesnymi urządzeniami nadawczymi bardzo dużej mocy, pozwalającymi na dowolną zmianę częstotliwości, kątów azymutalnych i elewacji, raczej nie dopuszczają do sprawiedliwego w skali świata planowania częstotliwości w tych zakresach fal.

Przy stosowaniu poszczególnych procedur planowania zasada zachowania ciągłości wykorzystywania częstotliwości lub zakresu częstotliwości powinna być uwzględniana w stopniu możliwie największym, przy czym z punktu widzenia technicznego nie powinna stanowić przeszkody w równym i optymalnym traktowaniu wszystkich zapotrzebowań.

Rozróżnia się 5 typów ciągłości: wewnątrzsezonowe typu 1 i typu 2 oraz międzysezonowe typu 3, 4 i 5.

Ciągłość typu 1 jest to ciągłość użytkowania tej samej częstotliwości w danej godzinie lub w następujących po sobie godzinach dla jednego zapotrzebowania.

Ciągłość typu 2 jest to ciągłość użytkowania tej samej częstotliwości w tym samym sezonie dla różnych zapotrzebowań lub przy przejściu z jednego bloku czasowego do drugiego.

Ciągłość typu 3 jest to ciągłość użytkowania tej samej częstotliwości dla tego samego zapotrzebowania podczas dwóch kolejnych sezonów.

Ciągłość typu 4 jest to ciągłość użytkowania tej samej częstotliwości dla tego samego zapotrzebowania podczas dwóch kolejnych sezonów równonocnych.

Ciągłość typu 5 jest to ciągłość użytkowania tej samej częstotliwości dla tego samego zapotrzebowania w tym samym sezonie w okresie dwóch kolejnych lat.

Ustalono słusznie, że zasada zachowania ciągłości typu 1 będzie stosowana automatycznie.

Natomiast stosowanie zasady ciągłości typu 2 na żądanie jakiegoś kraju w związku z trudnościami natury urządzeniowej nie wydaje się słuszne. Zasada ta - podobnie jak pozostałe typy ciągłości - powinna być stosowana w miarę możliwości.

Proces planowania będzie obejmował cztery sezony, które z punktu widzenia propagacji będą reprezentowane przez podane w nawiasach miesiące:

sezon D - listopad - luty /styczeń/.

sezon M - marzec - kwiecień /kwiecień/.

sezon J - maj - sierpień /lipiec/.

sezon S - wrzesień - październik /październik/.

przy czym poszczególne sezony zaczynają się w pierwszą niedzielę odnośnego sezonu o godzinie 01 UTC<sup>x/</sup>.

Ponieważ planowanie w skali globu ziemskiego jest czasochłonne i bardzo kosztowne, wydaje się, że - ze względów praktycznych - plany powinny być opracowywane na dwa kolejne sezony każdego roku /D i J/ i wchodzić w życie wraz ze zmianą czasu z letniego na zimowy i przeciwnie. Dwukrotną zmianę rozkładu nadawania w zakresie fal krótkich przeprowadza obecnie wiele krajów. Wprowadzenie więc zasady planowania na dwa sezony nie powinno wywołać sprzeciwu większości zainteresowanych krajów.

Okresowy proces planowania będzie się opierał na zapotrzebowaniach zgłoszonych na określony sezon oraz na systemie emisji dwuwstęgowej. W miejsce systemu emisji dwuwstęgowej będzie można wprowadzać system emisji jednowstęgowej pod warunkiem niepowodowania wzrostu zakłóceń emisjom dwuwstęgowym.

Liczba wykorzystywanych częstotliwości zapewniających zadowalający odbiór w obszarze docelowym powinna być jak naj-

---

<sup>x/</sup> UTC - Universal Time Coordinated - Uniwersalny Czas Skoordynowany.

mniejsza; o ile możliwe - jednemu zapotrzebowaniu powinna odpowiadać jedna częstotliwość.

Jeżeli urządzenia techniczne nie gwarantują odpowiedniego minimalnego pola użytecznego w jakimś punkcie odbioru w obszarze docelowym, od zainteresowanego kraju będzie zależało, czy będzie korzystał z możliwości emisji programów, które będą miały zmniejszoną ochronę przed zakłóceniami. Ze względu na konieczność ochrony środowiska elektromagnetycznego korzystanie z tej możliwości powinno być ograniczone do minimum i dotyczyć tylko szczególnych przypadków.

Metoda planowania powinna na zasadzie równości zaspokoić pewne minimum zgłoszonych zapotrzebowań częstotliwościowych o odpowiednio wysokim poziomie całkowitej niezawodności służby.

Poza wyżej wymienionymi zasadami przyjętymi przez Konferencję HFBC, System Planowania powinien być tak udoskonalony, żeby częstotliwości poszczególnych zakresów były równomiernie "zakłócone" przydziałami.

### 3. SYSTEM PLANOWANIA HFBC

#### 3.1. Opis ogólny

Informatyczny System Planowania HFBC obejmuje całokształt procedur technicznych opracowywania planów sezonowych rozdziału częstotliwości w zakresach fal dekametrowych. Obecny System Planowania HFBC, który zgodnie z ustaleniami Konferencji HFBC/2/ będzie w okresie najbliższych trzech lat dalej udoskonalony, jest podzielony na cztery etapy.

W Etapie I tworzy się wszystkie podstawowe zbiory danych, wykorzystując informacje zawarte w zgłoszonych zapotrzebowaniach częstotliwościowych oraz dane dotyczące stref odbioru, punktów testowych, minimalnych wartości użytecznego natężenia pola, charakterystyk anten i obliczeń propagacyjnych, opartych na przyjętych międzynarodowo podstawach technicznych i metodach.

W Etapie II określa się najwłaściwsze zakresy częstotliwości dla każdego zapotrzebowania i zapotrzebowania wymagające dwóch lub trzech zakresów częstotliwości oraz oblicza się dla wszystkich zapotrzebowań  $MUF^{x/}$ , natężenia pola w każdym punkcie testowym docelowego obszaru odbioru i podstawową niezawodność służby radiofonicznej.

W Etapie III na podstawie informacji uzyskanych z poprzednich etapów przydziela się poszczególnym zapotrzebowaniom najbardziej właściwe zakresy częstotliwości; tworzy się macierze stosunków sygnału użytecznego do sygnału zakłócającego; opracowuje się macierze kompatybilności i oblicza ogólną niezawodność służby radiofonicznej.

W Etapie IV opracowuje się końcową formę planu sezonowego lub ewentualnie kilku takich planów.

W informatycznym Systemie Planowania HFBC stosuje się kryteria i podstawy techniczne oraz metody obliczeń przyjęte przez Konferencję HFBC. Zostały one szczegółowo opisane w pracy [2]. Przy opisywaniu więc poszczególnych etapów Systemu zostaną omówione tylko te elementy procedury planowania i wielkości charakterystyczne, których nie zawiera wyżej wymieniona praca.

### 3.2. Etap I

#### 3.2.1. Zakres Etapu I.

W Etapie I tworzy się następujące zbiory danych:

- zbiór zapotrzebowań na dany sezon,
- zbiór stref odbioru i punktów testowych,
- zbiór charakterystyk promieniowania anten,
- zbiór wartości minimalnego użytecznego natężenia pola.

<sup>x/</sup> Określenie podano w art. W. Lisickiego pt.: "Metodyka projektowania obszaru odbioru emisji radiofonii krótkofalowej".

W końcowej fazie tego etapu dla każdego zapotrzebowania znajduje się następujące dane:

- lokalizację stacji,
- godziny pracy,
- wymagany obszar odbioru,
- punkty testowe w wymaganym obszarze odbioru,
- minimalne użyteczne natężenie pola w każdym z tych punktów testowych,
- dyspozycyjność urządzenia nadawczego i związane z nim ograniczenia /zakres częstotliwości, typ anteny, azymut, poziom mocy/,
- częstotliwość "nieprzestrzalną" urządzenia nadawczego /częstotliwość, której nie można zmienić ze względów konstrukcyjnych/,
- częstotliwość preferowaną lub preferowany zakres częstotliwości,
- możliwość stosowania jednocześnie więcej niż jednej częstotliwości,
- numery seryjne związanych ze sobą zapotrzebowań.

### 3.2.2. Zbiór zapotrzebowań

Przez zapotrzebowanie rozumie się zgłoszone przez administrację wymaganie zapewnienia odpowiedniej jakości odbioru emisji danej stacji nadawczej na określonym obszarze i w określonych porach.

Zapotrzebowania zgłasza się na specjalnie opracowanych przez IFRB formularzach. Podaje się w nich wszystkie informacje niezbędne do opracowania planu na dany sezon czy sezony takie jak: nazwa stacji, współrzędne geograficzne stacji, obszar odbioru, godziny pracy, charakterystyki anten, moc nadajnika, klasa emisji, częstotliwość preferowana, możliwości techniczne urządzeń nadawczych itp. Formularze

zapotrzebowań oraz wszelkie zmiany powinny być wysyłane do IFRB w ściśle określonych terminach.

Na podstawie otrzymanych formularzy IFRB opracowuje zbiór wszystkich zgłoszonych zapotrzebowań, a z niego określa zbiór zapotrzebowań na dany sezon, korygując go w porozumieniu z zainteresowanymi administracjami w przypadku braku lub błędnych danych. Zbiór zapotrzebowań jest wykorzystywany w różnych etapach Systemu Planowania HFBC.

### 3.2.3. Zbiór stref odbioru i punktów testowych

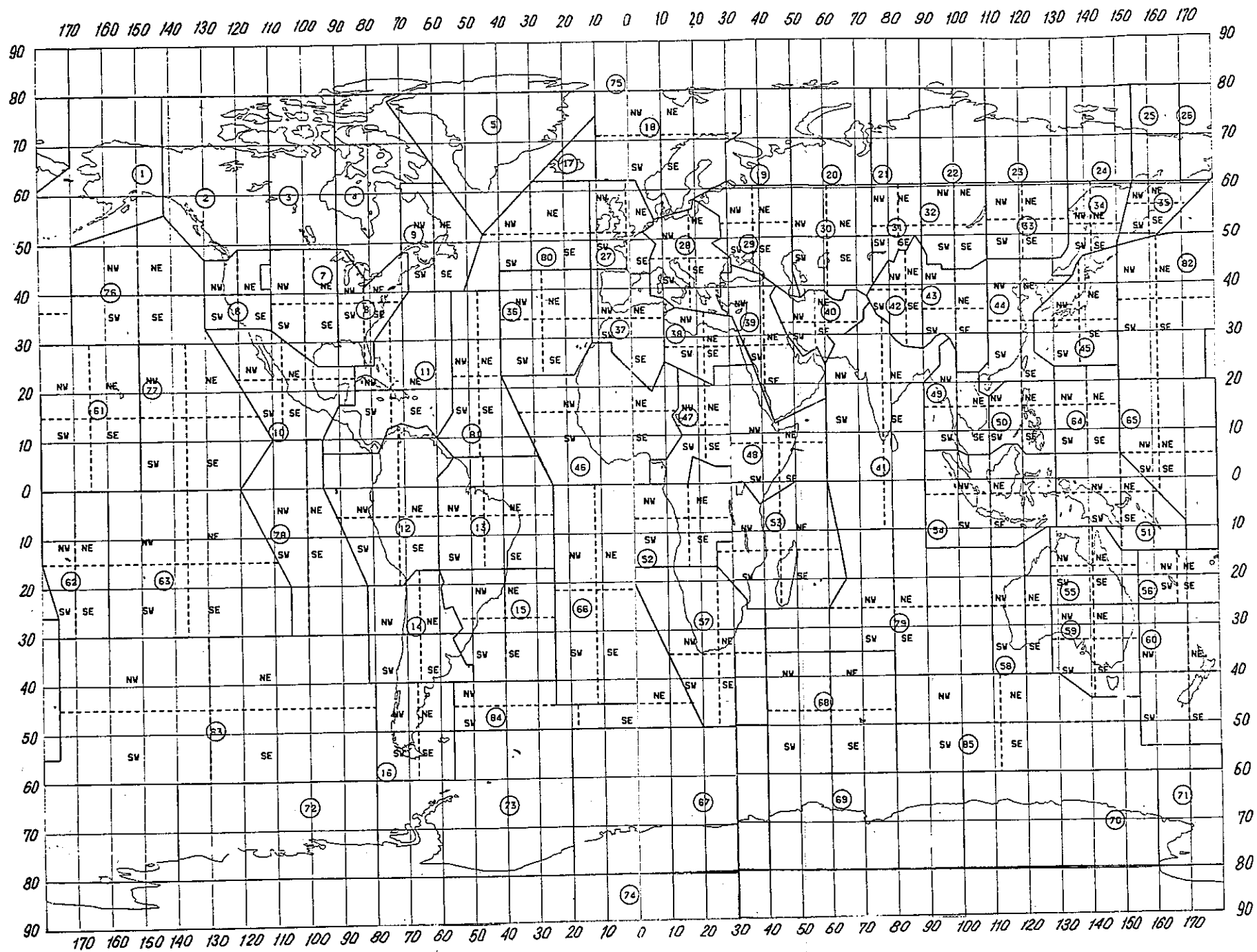
Wymagane obszary odbioru /obszary obsługiwane/ określa się za pomocą tzw. stref CIRAF<sup>x/</sup>, kwadrantów /ćwiartek/ stref CIRAF lub części kwadrantów opisanych przez zawarte w nich punkty testowe.

W celu jednoznacznego określania docelowych obszarów obsługiwanych przez emisje radiofoniczne, w 1949 r. na Konferencji w Mexico City, przyjęto podział wszystkich lądów i oceanów na 75 stref CIRAF. Na Konferencji HFBC/1/ uzupełniono ten podział przez dodanie jeszcze 10 stref w obszarach morskich. Postanowiono również rozróżniać ćwiartki stref CIRAF - kwadranty NE, SE, SW i NW. Mapę stref CIRAF przedstawiono na rys. 2. Jako obszar odbioru można przyjąć jedną lub więcej stref CIRAF, jeden lub więcej kwadrantów jednej strefy, całe strefy i dodane do nich kwadranty innych stref względnie części kwadrantów reprezentowane przez znajdujące się w tej części punkty testowe /punkty obliczeniowe/.

Ogółem zbiór składa się z 85 stref CIRAF i 911 punktów testowych. Wykaz stref CIRAF znajduje się w załączniku 2 do rozdziału 3 w części 2 "Sprawozdania" opracowanego na Konferencję HFBC/2/ [6], zaś wykaz punktów testowych jest podany w załączniku 3 do rozdziału 3 w części 3 tego "Sprawozdania".

x/ CIRAF - skrót. Conferencia Internacional de Radiodifusion por Altas Frecuencias.





Rys. 2. Mapa stref CIRAF

W przypadku zgłoszenia przez jakąkolwiek administrację innego punktu reprezentującego obszar odbioru punkt ten zostanie włączony do zbioru.

Podobnie jak zbiór zapotrzebowań, zbiór stref CIRAF i punktów testowych wykorzystuje się w różnych etapach Systemu Planowania HFBC.

### 3.2.4. Zbiór charakterystyk promieniowania anten

Zgodnie z ustaleniami Konferencji HFBC/2/ w zgłaszanych zapotrzebowaniach częstotliwościowych należy podawać typy anten, według Norm Technicznych IFRB, najbardziej zbliżone do użytkowanych w rzeczywistości i unikać stosowania anten o dużej liczbie listków bocznych, np. anten rombów.

Obecnie System Planowania HFBC zawiera zbiór charakterystyk promieniowania 25 typów anten, w tym 24 typy anten kierunkowych i jeden typ/anteny dookólnej /punkt 3.5.1. "Sprawozdania" na Konferencję HFBC/2//. Zbiór ten będzie uaktualniany na podstawie publikowanych przez CCIR zbiorów charakterystyk anten oraz informacji przekazanych przez administracje. Informacje zawarte w tym zbiorze razem z danymi dotyczącymi różnych modów propagacji są wykorzystywane do określenia wartości natężenia pola w dowolnym punkcie testowym.

### 3.2.5. Zbiór wartości minimalnego użytecznego natężenia pola $E_{min}$

Zbiór ten zawiera wartości minimalnego użytecznego natężenia pola obliczone dla każdego punktu testowego, czterech sezonów, sześciu czterogodzinnych bloków czasowych i dla wszystkich zakresów częstotliwości przeznaczonych dla radiofonii krótkofalowej. Zbiór wartości minimalnego użytecznego natężenia pola będzie uaktualniany w przypadku dodania nowego punktu testowego. Zbiór ten jest wykorzystywany w trakcie Etapu II, w szczególności do obliczania niezawodności podstawowych. Tablica 1 przedstawia przykład jednego z możli-

Tablica 1  
 Wartości  $E_{\min}$  w punkcie testowym o współrzędnych geograficznych 90 W 50N

Blok czasowy	Częstotliwość w [MHz]									
	6,075	7,200	9,700	11,850	13,700	15,350	17,725	21,625	25,885	
0000-0400	48,95	46,76	41,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50
0400-0800	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50
0800-1200	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50
1200-1600	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50
1600-2000	40,13	40,28	40,03	38,89	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50
2000-2400	45,55	44,15	40,64	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50	37,50

wych podzbiorów tego zbioru dla danego sezonu oraz przyjętych przez IFRB częstotliwości reprezentujących poszczególne zakresy fal krótkich.

### 3.3. Etap II

#### 3.3.1. Zakres Etapu II

W Etapie II znajduje się poniższe dane.

a/ W każdym punkcie testowym

Dla każdego zapotrzebowania i każdego punktu testowego jego wymaganego obszaru odbioru, dla każdej godziny i każdego poziomu mocy, oraz dla każdego zakresu częstotliwości, którego wykorzystanie nie jest ograniczone możliwościami urządzenia nadawczego, i związanego z nim typu anteny określa się:

- wartości natężenia pola  $E_w$  i MUF dla emisji użytecznej;
- wartości natężenia pola  $E_w$  i MUF dla innych zapotrzebowań uważanych za mogące powodować zakłócenia;
- wartość podstawowej niezawodności relacji /BCR/ w każdym punkcie testowym;
- punkty testowe, które będą miały proporcjonalnie zmniejszoną ochronę /PRP/ przed zakłóceniami;
- punkty testowe, które nie będą miały żadnej ochrony.

b/ Dla każdego zapotrzebowania

- optymalny zakres częstotliwości;
- właściwe zakresy częstotliwości /w porządku malejącym/ oraz właściwy poziom mocy;
- wartość podstawowej niezawodności służby /BBR/ dla każdego z tych zakresów częstotliwości;
- w razie potrzeby drugi i trzeci zakres częstotliwości i związane z nimi wartości BBR.

### 3.3.2. Ochrona proporcjonalnie zmniejszona /PRP/

Ochrona proporcjonalnie zmniejszona /PRP/ jest to marża /M/, o którą może być zmniejszony współczynnik ochronny w punkcie testowym, jeżeli:

- podstawowa niezawodność odbioru /BBR/ jest mniejsza od 80%.
- tylko jeden zakres został określony przez System Planowania.
- w rozważanym punkcie testowym natężenie pola  $E_w$  jest mniejsze od  $E_{min}$  i większe lub równe  $E_{min} - 10$  dB. Dla tych warunków marżę /M/ określa się jako  $E_{min} - E_w$ .

Współczynnik ochronny proporcjonalnie zmniejszony stosuje się do oceny stosunku sygnału użytecznego do sygnału zakłócającego S/I w rozważanym punkcie testowym. Dla wszystkich pozostałych punktów testowych w wymaganym obszarze odbioru całkowitą ochronę, określoną za pomocą odpowiednich współczynników ochronnych, uzyskuje się, gdy  $E_w \geq E_{min}$ ; w punktach testowych, w których  $E_w < E_{min} - 10$  dB, nie ma żadnej ochrony.

W przypadkach, w których PRP nie ma zastosowania, całkowitą ochronę określoną za pomocą odpowiednich współczynników ochronnych otrzymuje się, gdy  $E_w \geq E_{min}$ ; tej ochrony nie ma, jeżeli  $E_w < E_{min}$ .

### 3.3.3. Optymalny zakres częstotliwości

Optymalny zakres częstotliwości znajduje się przez obliczenie średniej wartości  $E_w - E_{min}$  w wymaganym obszarze odbioru dla wszystkich wchodzących w grę użytecznych zakresów częstotliwości i przez wyszukanie zakresu, dla którego różnica ta jest największa. Jeżeli jakieś zapotrzebowanie ma tylko jeden użyteczny zakres częstotliwości, to jest on uważany jako optymalny. Jeżeli w jakimś zapotrzebowaniu podano, że eksploatowane urządzenie nadawcze pozwala na pracę tylko w danym zakresie częstotliwości, to jest on również uważany za optymalny.

### 3.3.4. Właściwy zakres częstotliwości

Właściwy zakres częstotliwości określa się na podstawie obliczonych wartości podstawowej niezawodności służby /BBR/ w wymaganym obszarze odbioru przy najmniejszej wymaganej mocy pozwalającej uzyskać zadowalającą jakość służby. Zakres częstotliwości jest właściwy, jeżeli umożliwia osiągnięcie wartości  $BBR \geq 80\%$ .

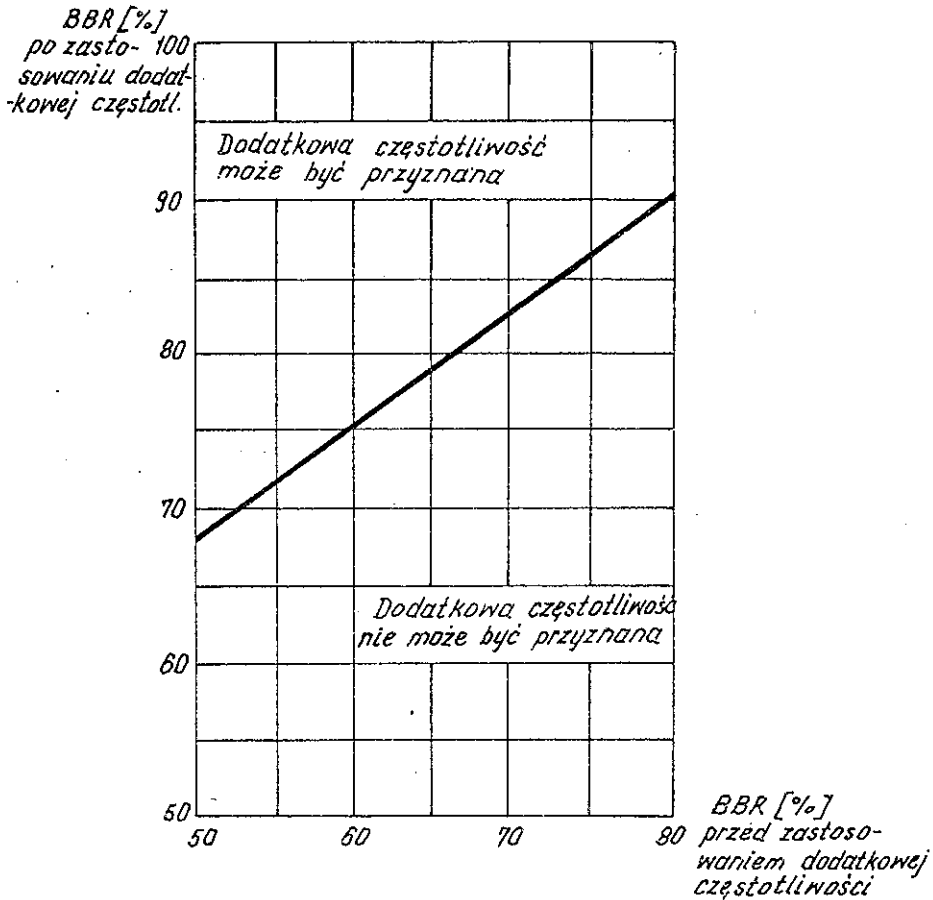
### 3.3.5. Niezbędna maksymalna liczba częstotliwości

W miarę możliwości na dane zapotrzebowanie powinna przypadać tylko jedna częstotliwość. Jednakże w pewnych szczególnych przypadkach może być uzasadniona konieczność stosowania więcej niż jednej częstotliwości na zapotrzebowanie, a mianowicie w przypadku:

- niektórych tras takich, jak: trasy bardzo długie, trasy przebiegające obzary zorzy polarnej i trasy, wzdłuż których MUF zmienia się gwałtownie;
- rejonów zbyt rozległych, aby można było zapewnić wymagane warunki odbioru na jednej częstotliwości;
- gdy w celu uzyskania zadowalającego stosunku sygnału użytecznego do szumu są stosowane anteny o dużej kierunkowości, w wyniku czego zmniejsza się rozległość obszaru pokrytego przez rozważaną stację.

Dodatkowe częstotliwości powinny być wykorzystywane wyjątkowo. Dlatego zaleca się stosowanie nadajników synchronizowanych, aby uniknąć tej konieczności.

Liczbę częstotliwości konieczną do otrzymania wymaganej wartości BBR określa się za pomocą niżej opisanej metody. Jeżeli wartość BBR obliczona dla jednej częstotliwości jest mniejsza od wartości przyjętej, bada się możliwość poprawienia BBR przez wykorzystanie dodatkowych częstotliwości z innych zakresów i sprawdza, czy uzyskana w ten sposób poprawa uzasadnia zastosowanie dodatkowych częstotliwości.



Rys. 3. Granice możliwości przyznania dodatkowej częstotliwości

Gdy wartość BBR dla pierwszego zakresu częstotliwości, obliczona na podstawie wszystkich punktów testowych wymaganego obszaru odbioru, zawiera się między 50 i 80%, to sprawdza się, czy sytuacja ulegnie poprawie przy wykorzystaniu dodatkowego zakresu. Najpierw wyszukuje się punkty testowe, które mają podstawową niezawodność relacji BCR mniejszą lub równą BBR i tylko te punkty testowe wykorzystuje

się do określenia drugiego zakresu. Dla każdego zakresu oblicza się minimalną wartość  $BCR / BCR_{min}$  w tych punktach i wybiera zakres częstotliwości, dla którego wartość  $BCR_{min}$  jest największa. Jeżeli otrzymuje się tę samą wartość dla więcej niż jednego zakresu, wybierany jest najwyższy zakres częstotliwości. Następnie wyznacza się BBR odpowiadające dwóm zakresom biorąc wszystkie punkty testowe znajdujące się w wymaganym obszarze odbioru. Jeżeli wartość BBR przekracza granicę określoną z rys. 3, drugi zakres częstotliwości zostaje przyznany.

Tylko wyjątkowo, gdy BBR odpowiadające dwóm zakresom częstotliwości ma wartość mniejszą od 80%, analizuje się możliwość przydzielenia trzeciego zakresu. Sposób postępowania jest następujący. Oblicza się BBR dla każdego z pozostałych zakresów uwzględniając wszystkie punkty testowe zawarte w wymaganym obszarze odbioru. Z tych zakresów jako trzeci zakres wybiera się ten, dla którego BBR ma największą wartość. Jeżeli taką samą wartość uzyskuje się dla więcej niż jednego zakresu, wybierany jest najwyższy zakres częstotliwości. Gdy wartość BBR odpowiadająca trzem dobranym zakresom częstotliwości, przy uwzględnieniu BBR we wszystkich punktach testowych, przekracza granicę określoną z rys. 3, trzeci zakres zostaje przydzielony.

### 3.4. Etap III

#### 3.4.1. Zakres Etapu III

Etap I i II umożliwia uzyskanie danych wykorzystywanych w każdym planie sezonowym i wykonanie serii obliczeń, mających na celu otrzymanie danych wymaganych w trakcie Etapu III. Wyniki obliczeń nie wykorzystywane podczas Etapu III są magazynowane w pamięci systemu.

W Etapie III dysponuje się następującymi informacjami:

a/ Dla każdej godziny każdego zapotrzebowania:

- danymi podstawowymi zawartymi w zbiorze zapotrzebowań;



- punktami testowymi, które znajdują się w wymaganym obszarze odbioru;
- zakresami właściwymi w porządku z góry określonym z zaznaczonymi zakresami preferowanymi;
- kombinacjami zakresów właściwych, które są wymagane, gdy jest potrzebna więcej niż jedna częstotliwość;
- wartościami BBR, odpowiadającymi zakresom właściwym;
- godzinami początku i końca emisji;
- częstotliwością przydzieloną w poprzednim planie sezonowym, na którą zostało zgłoszone dalsze użytkowanie;
- numerem seryjnym zapotrzebowania równoległego, kolejnego lub synchronicznego - jeżeli takie istnieje;
- blokami emisji w godzinach poprzedzających i następujących; jeżeli jakaś częstotliwość została przydzielona w Etapie III w godzinie poprzedzającej lub w godzinie następującej, to częstotliwość ta jest zaznaczona.

b/ Dla każdego punktu testowego zawartego w wymaganym obszarze odbioru:

- minimalnym użytecznym natężeniem pola w każdym zakresie;
- sygnałem użytecznym w każdym zakresie właściwym;
- sygnałem zakłócającym przekraczającym wartość z góry określoną w każdym zakresie właściwym każdego nadajnika zakłócającego, mającego ten zakres jako zakres właściwy;
- podstawową niezawodnością relacji /BCR/;
- stopniem ochrony /ochroną całkowitą lub zmniejszoną/.

Po przypisaniu każdemu zapotrzebowaniu najbardziej właściwego zakresu /lub zakresów, jeżeli potrzeba ich więcej/, w Etapie III system tworzy macierze sygnału użytecznego do sygnału zakłócającego i macierze niekompatybilności dla

wszystkich zakresów częstotliwości i każdej godziny doby. Następnie ocenia się stopień "zatłoczenia" każdej z /24x9/ macierzy niekompatybilności. Dależy tok postępowania zależy od stopnia "zatłoczenia".

W metodzie planowania do oceny stopnia "zatłoczenia" stosuje się pojęcie MGIR /maksymalna GIR/. GIR /grupa zapotrzebowań niekompatybilnych/ jest zbiorem zapotrzebowań, z których każde jest niekompatybilne ze wszystkimi pozostałymi zapotrzebowaniami zbioru. Z kolei GGIR /największa GIR/ jest to GIR, która zawiera największą liczbę zapotrzebowań niekompatybilnych, zaś MGIR jest zbiorem wszystkich zapotrzebowań zawartych w przynajmniej jednej GGIR.

Stopień "zatłoczenia" ocenia się przez określenie GGIR i porównanie liczby wymaganych przez tę grupę kanałów z liczbą kanałów, którymi się dysponuje w rozważanym zakresie częstotliwości.

Jeżeli w danym godzino-zakresie nie ma żadnego "zatłoczenia", zapotrzebowania, których to dotyczy i którym przydzielona się częstotliwość, są włączane do "zbioru zapotrzebowań zaspokojonych".

Gdy za pomocą GGIR zostało stwierdzone "zatłoczenie" w danym godzino-zakresie, problem ten rozwiązuje się przez zmniejszenie o 3 dB współczynnika ochronnego zapotrzebowań zawartym w MGIR. Jeżeli po zmniejszeniu współczynnika ochronnego "zatłoczenie" nadal istnieje, określa się nową MGIR i procedurę powtarza się aż do momentu, kiedy jego wartość będzie równa 17 dB. Wszystkie zapotrzebowania, które w danym godzino-zakresie znalazły się w kolejnych MGIR po przydzieleniu częstotliwości włącza się do "zbioru zapotrzebowań zaspokojonych".

Jeżeli po obniżeniu współczynnika ochronnego do 17 dB "zatłoczenie" utrzymuje się, to określa się nową MGIR i ciąg zapotrzebowań każdej administracji w rozważanym zakresie częstotliwości, posiadających identyczne obszary odbioru. W celu rozwiązania problemu "zatłoczenia" pewną liczbę tych zapotrzebowań kieruje się do zbioru zapotrzebowań pod-

legających procedurze konsultacji. Aby wyznaczyć zapotrzebowania, które w pierwszej kolejności zostaną przeniesione do tego zbioru, administracje posiadające zapotrzebowania w MGIR są klasyfikowane w porządku malejącej liczby tych zapotrzebowań. Proces powtarza się aż do zlikwidowania "zatłoczenia" lub kiedy liczba rozważanych zapotrzebowań stanie się równa jednemu zapotrzebowaniu na administrację. W przypadku niewystępowania "zatłoczenia" w danym godzinno-zakresie zapotrzebowania, które pozostały, włącza się do "zbioru zapotrzebowań zaspokojonych".

Jeżeli po zastosowaniu wymienionej wyżej procedury "zatłoczenie" wciąż występuje, to wszystkie zapotrzebowania danej administracji, figuruje w MGIR mają różne obszary odbioru. Niektóre z tych zapotrzebowań mają wspólne jednostkowe obszary odbioru /kwadranty, zawierające przynajmniej jeden punkt testowy/. Klasyfikuje się w porządku malejącej liczby pojawiania się jednostkowego obszaru odbioru w zapotrzebowaniach jednej administracji w rozważanym godzinno-zakresie, a następnie przenosi się do zbioru zapotrzebowań, podlegających procedurze konsultacji, zapotrzebowania tych administracji, które posiadają najwięcej zapotrzebowań zawierających ten sam jednostkowy obszar odbioru. Ponownie wyznacza się GGIR, aby określić, czy istnieje "zatłoczenie" i proces powtarza się konieczną liczbę razy, aż do usunięcia "zatłoczenia" lub gdy liczba rozważanych zapotrzebowań będzie równa jednemu zapotrzebowaniu na administrację. Regułę tę stosuje się w podany sposób tak, aby każdy kwadrant zgłoszony przez administrację w rozważanym godzinno-zakresie występował w planie przynajmniej raz. Zapotrzebowania spełniające warunki kieruje się do "zbioru zapotrzebowań zaspokojonych".

Jeżeli mimo to "zatłoczenie" nadal utrzymuje się, tę samą regułę stosuje się uwzględniając zapotrzebowania we wszystkich zakresach w celu wyznaczenia tych, które zawierają jednostkowy obszar odbioru, pojawiający się najczęściej.

Zapotrzebowania, które spełniają warunki włącza się do "zbioru zapotrzebowań zaspokojonych".

Jeżeli "zatłoczenie" nie zostało zlikwidowane, analizuje się każde zapotrzebowanie znajdujące się w MGIR i sprawdza czy pojawia się ono w dwóch lub trzech zakresach częstotliwości ze względu na małą wartość BBR. Gdy w innym zakresie zapotrzebowanie to ma większą wartość, może być przeniesione do zbioru zapotrzebowań podlegających procedurze konsultacji.

W przypadku utrzymywania się "zatłoczenia" zmniejsza się o 3 dB współczynnik ochronny zapotrzebowań zawartych w MGIR. Następnie określa się nową MGIR i znowu obniża się o 3 dB współczynnik ochronny zapotrzebowaniom, które w nowej MGIR nie miały go obniżonego. Procedurę zmniejszania o 3 dB powtarza się aż do eliminacji "zatłoczenia". W ten sposób postępuje się z wszystkimi pozostałymi zapotrzebowaniami, którym zmniejsza się współczynnik ochrony, dotąd aż zostaną włączone do "zbioru zapotrzebowań zaspokojonych". Tak więc wszystkie zapotrzebowania, które w trakcie poprzednich etapów nie zostały przeniesione do zbioru zapotrzebowań podlegających procedurze konsultacji, zostaną umieszczone w "zbiorze zapotrzebowań zaspokojonych". Zbiór ten zawiera wszystkie zapotrzebowania, które zawsze będą figurować w "Planie sezonowym". Będą w nim także zapotrzebowania mające współczynnik ochronny mniejszy od 17 dB; jednakże na życzenie administracji mogą one być na końcu włączone do zbioru zapotrzebowań podlegających procedurze konsultacji.

Po zastosowaniu powyższych etapów, których celem jest rozwiązanie problemu niekompatybilności, wyznacza się częstotliwości zapotrzebowaniom zawartym w "zbiorze zapotrzebowań zaspokojonych", przy czym:

- gdy zapotrzebowania mają jedną częstotliwość nieprzestrzalaną, to im się ją przydziela;
- gdy zapotrzebowania mają kilka częstotliwości nieprzestrzalnych, to przydziela się im częstotliwość o najmniejszym stopniu niekompatybilności;

- jeżeli dwa zapotrzebowania mają tę samą częstotliwość nieprzestrzajalną i po przeprowadzeniu analizy okaże się, że są one niekompatybilne, to taki przypadek odsyła się do zainteresowanej lub zainteresowanych administracji;
- gdy zapotrzebowania mają jedną częstotliwość preferowaną, próbuje się im ją przydzielić.

Przy przydzielaniu poszczególnym zapotrzebowaniom częstotliwości stosuje się w stopniu możliwie największym zasady zachowania ciągłości częstotliwości. Stanowi to zagadnienie bardzo istotne zarówno dla emitujących programy radiofoniczne, jak i dla słuchaczy. Jest bowiem pożądane, aby zmiany częstotliwości były ograniczone do minimum i wynikały jedynie ze zmienności warunków propagacyjnych.

Zasada ciągłości typu 1, tzn. ciągłości wykorzystywania tej samej częstotliwości w przedziale jednej godziny lub godzin po sobie następujących w ramach jednego zapotrzebowania dla przyjętej wartości BBR /80%/, jest stosowana automatycznie. Próbuje się ją zapewnić również przy niższej wartości BBR podanej dla jakiegoś zapotrzebowania przez administrację, która chce kosztem BBR rozszerzyć ciągłość użytkowania częstotliwości. Dla takiego zapotrzebowania jednakże druga i/lub trzecia częstotliwość będzie przydzielona tylko wtedy, gdy stosowanie ciągłości wykorzystywania częstotliwości nie będzie się wiązało z liczbą dodatkowych częstotliwości większą od koniecznej do zapewnienia funkcjonowania służby radiofonicznej w zakresach właściwych. W przypadku gdy wartość BBR będzie mniejsza od 80%, ciągłość wykorzystywania pierwszej częstotliwości lub jedynej częstotliwości użytecznej będzie zapewniana dla podanej przez administrację niższej wartości BBR.

Gdy administracja zaznaczy, że może nadawać na większej liczbie częstotliwości niż jedna, przyjęcie bardzo małej wartości BBR nie pociąga za sobą stosowania trzeciej częstotliwości. Jeżeli w przypadku rozważanego zapotrzebowania możliwe jest stosowanie drugiej i trzeciej częstotliwości,

zgodnie z opisanymi wcześniej procedurami, zasada ciągłości wykorzystywania częstotliwości będzie zastosowana do drugiej i ewentualnie trzeciej częstotliwości tak jak dla pierwszej.

W miarę możliwości będzie stosowana zasada ciągłości typu 2 /z jednego zapotrzebowania na drugie/, o ile będzie zgłoszona taka potrzeba przez jakąś administrację. Wówczas oddzielnie dla każdego rozważanego zapotrzebowania identyfikuje się zakres właściwy. Częstotliwość przydzielona pierwszemu zapotrzebowaniu będzie przydzielona innemu z nim związanemu, jeżeli będzie leżała w swoim właściwym zakresie częstotliwości.

Kolejne typy ciągłości będą stosowane na żądanie administracji w miarę możliwości.

Należy zaznaczyć, że przed przeniesieniem zapotrzebowania do zbioru zapotrzebowań podlegających procedurze konsultacji sprawdza się, czy administracja podała, że wymagana jest ciągłość wykorzystywania częstotliwości. Jeżeli tak, to w takim przypadku zapotrzebowanie w całym przedziale czasu omissji we właściwym zakresie częstotliwości będzie przeniesione do zbioru zapotrzebowań podlegających procedurze konsultacji.

Zapotrzebowania zgłoszone do IFRB po rozpoczęciu procedury planowania będą wpisane do planu, jeżeli nie będą wywierać niekorzystnego wpływu na zapotrzebowania już w nim figurujące. Przy tym uważa się, że zapotrzebowanie już wpisane do planu ze współczynnikiem ochronnym większym od 17 dB ucierpi, jeżeli jego współczynnik ochronny spadnie poniżej 17 dB. Uważa się także, że zapotrzebowanie już wpisane do planu ze współczynnikiem ochronnym mniejszym od 17 dB uległo niekorzystnemu wpływowi, jeżeli współczynnik ten zmniejszył mu się o 1 dB.

#### 3.4.2. Grupa zapotrzebowań niekompatybilnych /GIR/

Problem "zatłoczenia" zakresów częstotliwości analizuje się, rozpatrując grupy zapotrzebowań niekompatybilnych GIR

i określając rząd GGIR dla danej macierzy niekompatybilności. Rząd GGIR wskazuje jaka jest konieczna szerokość pasma częstotliwości do zaspokojenia zapotrzebowań w nim się znajdujących. Jeżeli GGIR zawiera "n" niekompatybilnych zapotrzebowań w tym samym kanale częstotliwościowym, wymagana szerokość pasma wynosi  $n \times 10$  kHz; gdy GGIR składa się jednocześnie z niekompatybilnych zapotrzebowań w tym samym kanale i w kanale sąsiednim, niezbędna szerokość pasma równa się  $\frac{1}{2}n - 1$  x 10 kHz. Ogólnie, wymagana szerokość pasma częstotliwości mieści się pomiędzy  $n \times 10$  kHz i  $\frac{1}{2}n - 1$  x 10 kHz.

Niekompatybilność określa się za pomocą stosunku sygnału użytecznego do sygnału zakłócającego S/I. Dwa zapotrzebowania uważa się za niekompatybilne, jeżeli wartość mediany S/I w 80% punktów testowych wymaganego obciążenia odbioru będzie mniejsza od wartości przyjętej w Systemie Planowania, zapewniającej odpowiednią jakość odbioru.

W celu określenia GIR, a następnie GGIR tworzy się macierz niekompatybilności związaną z odpowiednimi wartościami S/I dla wszystkich par zapotrzebowań. Macierz niekompatybilności składa się z elementów 0, 1 i 2, przy czym:

- 0 - oznacza zapotrzebowania kompatybilne /tę samą częstotliwość można przydzielić obu zapotrzebowaniom/;
- 1 - oznacza zapotrzebowania niekompatybilne w tym samym kanale /zapotrzebowaniom trzeba przydzielić częstotliwości z minimalnym odstępem pomiędzy nimi 10 kHz/;
- 2 - oznacza zapotrzebowania niekompatybilne jednocześnie w tym samym kanale i w kanale sąsiednim /zapotrzebowaniom trzeba przydzielić częstotliwości z minimalnym odstępem pomiędzy nimi większym od 10 kHz/.

Na przykład w przypadku czterech zapotrzebowań macierz niekompatybilności może mieć następującą postać:

Nr zapotrzebowania	1	2	3	4
1		1	0	1
2	1		2	0
3	0	2		1
4	1	0	1	

Poniżej zostanie przedstawiona uproszczona metoda postępowania przy określaniu GGIR dla danego godzinno-zakresu na przykładzie sześciu zapotrzebowań, dla których macierz niekompatybilności ma postać:

	1	2	3	4	5	6
1		1	1	1	1	1
2	1		0	0	1	1
3	1	0		1	1	0
4	1	0	1		0	1
5	1	1	1	0		1
6	1	1	0	1	1	

Najpierw zlicza się liczbę "zer" w każdym wierszu macierzy niekompatybilności odpowiadającym oddzielnemu zapotrzebowaniu. Otrzymuje się:

Nr zapotrzebowania	1	2	3	4	5	6
Liczba "zer"	0	2	2	2	1	1



Następnie skreśla się zapotrzebowanie zawierające największą liczbę "zer". Jeżeli liczba ta jest taka sama dla kilku zapotrzebowań, wybiera się pierwsze z kolei. W rozpatrywanym przypadku będzie nim zapotrzebowanie 2. Zmodyfikowana macierz niekompatybilności będzie miała postać:

	1	3	4	5	6
1		1	1	1	1
3	1		1	1	0
4	1	1		0	1
5	1	1	0		1
6	1	0	1	1	

Po zliczeniu ponownie "zer" w każdym wierszu i skreśleniu zapotrzebowania 3, które jako pierwsze w kolejności posiada największą liczbę "zer", otrzymuje się zredukowaną macierz niekompatybilności postaci:

	1	4	5	6
1		1	1	1
4	1		0	1
5	1	0		1
6	1	1	1	

Znowu zlicza się liczbę "zer" i w konsekwencji skreśla zapotrzebowanie 4. W wyniku otrzymuje się macierz niekompatybilności nie zawierającą żadnego "zera". Zapotrzebowania, które pozostały, tworzą  $GIR = \{1, 5, 6\}$ . Teraz sprawdza się, czy przez dodanie któregoś ze skreślonych zapotrzebowań nie

powstanie większa GIR, a więc w tym przypadku czy zapotrzebowanie 2, 3 lub 4 jest niekompatybilne z zapotrzebowaniami 1, 5 i 6. Jeżeli znajdzie się takie zapotrzebowanie dodaje się je do GIR i bierze następne do sprawdzenia itd., aż nie będzie można znaleźć nowego zapotrzebowania niekompatybilnego do zawartych w poprzedniej GIR.

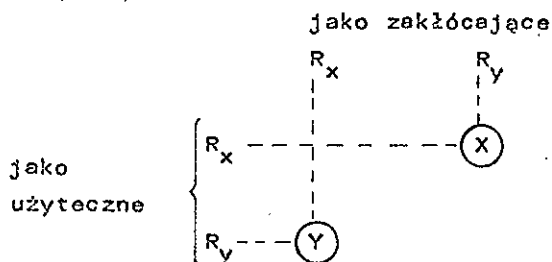
Łatwo stwierdzić, że w przykładzie tylko zapotrzebowanie 2 jest niekompatybilne z zapotrzebowaniami 1, 5 i 6 /wszystkie elementy macierzy niekompatybilności 1 - 2, 5 - 2 i 6 - 2 są równe 1/, więc  $GIR = \{1, 2, 5, 6\}$ . Ponieważ nie ma żadnego nowego zapotrzebowania, które można by dodać do tej GIR, zatem  $GGIR = \{1, 2, 5, 6\}$ . Składając się z czterech zapotrzebowań GGIR jest rzędu  $4/n = 4/$ . Stąd niezbędna szerokość pasma częstotliwości potrzebna do zaspokojenia wszystkich sześciu zapotrzebowań wynosi  $4 \times 10$  kHz.

### 3.4.3. Macierz stosunków sygnału użytecznego do sygnału zakłócającego S/I

W każdym punkcie testowym określa się stosunek sygnału użytecznego do sygnału zakłócającego w następujący sposób. Najpierw oblicza się medianę natężenia pola sygnału użytecznego  $E_w$  w dB  $\mu\text{V}/\text{m}$  i medianę natężenia pola  $E_1$  w dB  $\mu\text{V}/\text{m}$  każdego sygnału zakłócającego  $E_1, E_2, \dots, E_n$ . Następnie wyznacza się wynikowe zakłócające natężenie pola I w ten sposób, że klasyfikuje się w porządku malejącej wartości natężenia pola sygnałów zakłócających  $E_1$  i kolejno oblicza się sumę kwadratów  $E_1$  aż do momentu, gdy różnica pomiędzy wynikowym natężeniem pola i następnym w kolejności będzie wyższa od 6 dB. Ostatnia wartość jest wynikowym zakłócającym natężeniem pola I. Mediana stosunku sygnału użytecznego do sygnału zakłócającego S/I będzie równa  $E_w - I$ .

Dwa zapotrzebowania będą uważane za niekompatybilne, jeżeli wartość mediany S/I będzie mniejsza od przyjętego współczynnika ochronnego A, zapewniającego odpowiednią jakość odbioru w 80% punktów testowych wymaganego obszaru odbioru.

Po obliczeniu  $S/I$  dla każdego wymaganego obszaru odbioru określa się różnicę  $S/I - A$ , która może być dodatnia /zapotrzebowania kompatybilne/ lub ujemna /zapotrzebowania niekompatybilne/ i tworzy macierz  $S/I - A$  ściśle macierz różnicy  $S/I - A$  w sposób następujący. Dla każdej pary zapotrzebowań  $R_x$  i  $R_y$  w danym godzinno-zakresie oblicza się różnicę  $S/I - A$  i konstruuje poniższą macierz:



gdzie:  $X = S_x/I_y - A$

różnica dla zapotrzebowania  $R_x$   
w jego wymaganym obszarze odbioru,

$Y = S_y/I_x - A$

różnica dla zapotrzebowania  $R_y$  w  
jego wymaganym obszarze odbioru

Zapotrzebowania  $R_x$  i  $R_y$  mogą zakłócać się wzajemnie lub jedno może być zakłócanie przez drugie, a odwrotnie zakłócenie nie występuje. Wtedy taki przypadek jest oznaczony specjalnym symbolem.

#### 3.4.4. Przydzielanie częstotliwości

W pierwszej kolejności zapotrzebowaniom przydziela się częstotliwości nieprzestrzajalne i preferowane. W następnym etapie wyznacza się częstotliwości wszystkim pozostałym zapotrzebowaniom.

Istnieje wiele metod przydzielania częstotliwości. Są to metody sekwencyjne. Prosty przykład pozwoli na lepsze zrozumienie ogólnych zasad sekwencyjnego przydzielania częstotliwości. Najpierw określa się stopień trudności przydzie-

lenia częstotliwości. W tym celu wykorzystuje się dla każdego zapotrzebowania sumę elementów macierzy niekompatybilności. Częstotliwości przydziela się w porządku malejących trudności, tzn. przydzielanie zaczyna się od zapotrzebowania o największej sumie elementów macierzy niekompatybilności. Do wyznaczenia częstotliwości stosuje się metodę minimalnego "wetrzęau". Ważne jest, żeby przydzielenie wybranej częstotliwości danemu zapotrzebowaniu najmniej ograniczało możliwości przydziału częstotliwości pozostałym zapotrzebowaniom.

W przykładzie rozpatruje się 7 zapotrzebowań /ponumerowanych od 1 do 7/, dla których ma się do dyspozycji 4 częstotliwości /A, B, C, D/. Macierz niekompatybilności ma postać przedstawioną poniżej:

Nr zapotrzebowania	1	2	3	4	5	6	7
1		1	2	1	0	1	0
2	1		1	1	2	0	1
3	2	1		2	1	0	1
4	1	1	2		0	1	0
5	0	2	1	0		1	0
6	1	0	0	1	1		0
7	0	1	1	0	0	0	
Suma elementów macierzy	5	6	7	5	4	3	2
Porządek przydziałania	3	2	1	4	5	6	7

W pierwszym etapie procedury przydziela się częstotliwość A zapotrzebowaniu 3, co ilustruje zestawienie:

Nr zapotrzebowania	1	2	3	4	5	6	7
Częstotliwość							
A	Z	Z	1	Z	Z		Z
B	Z			Z			
C							
D							

gdzie: 1 - oznacza częstotliwość przydzieloną danemu zapotrzebowaniu;

Z - oznacza częstotliwość odrzuconą dla danego zapotrzebowania, ze względu na niekompatybilność pokazaną w macierzy niekompatybilności.

Tak więc częstotliwości A i B nie mogą być przydzielone zapotrzebowaniom 1 i 4, gdy częstotliwość A jest przydzielona zapotrzebowaniu 3. W macierzy niekompatybilności figuruje 2 dla zapotrzebowań 1 i 3 oraz 4 i 3, co oznacza, że zapotrzebowania są wzajemnie niekompatybilne w tym samym kanale i w kanale sąsiednim. Następnie przydziela się częstotliwość zapotrzebowaniu 2. Częstotliwość A nie może być przydzielona zapotrzebowaniu 2 /został zablokowany przydzieleniem go zapotrzebowaniu 3/, ale częstotliwości B, C lub D mogą być wykorzystane. Przydzielenie częstotliwości B zapotrzebowaniu 2 powoduje odrzucenie trzech nowych /częstotliwości B i D dla zapotrzebowania 5 i częstotliwości B dla zapotrzebowania 7/; przydzielenie częstotliwości C zapotrzebowaniu 2 wprowadza 6 odrzuceń; przydzielenie częstotliwości D temu zapotrzebowaniu prowadzi do 5 odrzuceń. Zatem zapotrzebowaniu 2 powinno się przydzielić częstotliwość B, ponieważ w tym przypadku liczba odrzuceń jest najmniejsza /minimalny "wstrząs"/. Nowe zestawienie przydziałów będzie następujące:

	1	2	3	4	5	6	7
A	Z		1	Z	Z		Z
B	Z	1		Z	Z		Z
C					Z		
D							

W przypadku zapotrzebowania 1, tylko częstotliwości C i D są możliwe do przydzielenia. Przydzielenie jednego lub drugiego prowadzi do dwóch dodatkowych odrzuceń. A więc można przydzielić częstotliwość C zapotrzebowaniu 1, zaś ostatnią stojącą do dyspozycji częstotliwość D - zapotrzebowaniu 4. W konsekwencji otrzymuje się dwa kolejne zestawienia:

	1	2	3	4	5	6	7
A			1	Z	Z		Z
B		1		Z	Z		Z
C	1			Z	Z	Z	
D							

	1	2	3	4	5	6	7
A			1		Z		Z
B		1			Z		Z
C	1				Z	Z	
D				1		Z	

Zapotrzebowaniu 5 można przydzielić tylko częstotliwość D, wobec czego zestawienie ma postać:

	1	2	3	4	5	6	7
A			1				Z
B		1					Z
C	1					Z	
D				1	1	Z	

W przypadku zapotrzebowania 6 można przydzielić albo częstotliwość A albo B /częstotliwości C i D zostały odrzucone/ i nie prowadzi to do żadnych dodatkowych odrzuceń. Przydzielając częstotliwość A zapotrzebowaniu 6 i w końcu częstotliwość C /można by też D/ zapotrzebowaniu 7, otrzymuje się ostateczne zestawienie przydziałów częstotliwości dla rozważanego przykładu:

	1	2	3	4	5	6	7
A			1			1	
B		1					
C	1						1
D				1	1		

### 3.5. Etap IV

W ramach Etapu IV - po przeprowadzeniu niezbędnych konsultacji z zainteresowanymi administracjami - opracowuje się ostateczną formę planu sezonowego.

Po etapach poprzednich otrzymuje się dla każdego godzinno-zakresu:

- a/ listę zapotrzebowań zaspokojonych, które zostaną wpisane do planu sezonowego, zawierającą:
- i/ zapotrzebowania ze współczynnikiem ochronnym równym lub większym od 17 dB;
  - ii/ zapotrzebowania ze współczynnikiem ochronnym mniejszym od 17 dB; część z tych zapotrzebowań będzie konsultowana z zainteresowaną administracją, która w formularzu zgłoszeniowym takie żądanie wysunęła;
- b/ listę zapotrzebowań, które nie mogły być wpisane do planu sezonowego i które będą rozpatrywane zgodnie z procedurą konsultacji.

IFRB przeprowadza konsultacje z administracjami, które tego sobie życzyły i które mają zapotrzebowania opisane w punkcie a/ ii/, żeby się dowiedzieć, czy chcą mieć swoje zapotrzebowania wpisane do planu sezonowego z przedstawionymi parametrami i wynikającymi stąd współczynnikami ochronnymi. Jeżeli administracje nie będą chciały, żeby ich zapotrzebowania zostały włączone do planu sezonowego z uwarunkowaniami IFRB, przenosi je do listy b/.

IFRB ustala administracjom termin przedstawienia nowych zapotrzebowań, następnie rozpatruje je i wprowadza do planów sezonowych, jeżeli nie wywierają niekorzystnego wpływu na zapotrzebowania już wpisane w te plany.

Administracje mogą prosić IFRB o wybranie innych częstotliwości dla swoich zapotrzebowań. IFRB usiłuje to uczynić bez powodowania niekorzystnych skutków zapotrzebowaniom figurującym w planie. Jeżeli po opublikowaniu planu sezonowego IFRB nie otrzyma od administracji żadnych uwag, będzie się uważało, że częstotliwości podane w planie sezonowym są przydzielone ich stacjom.

### 3.6. Ocena jakościowa zapotrzebowania

W celu dokonywania oceny jakościowej zapotrzebowania zamierza się podawać wartości niżej wymienionych parametrów



dla każdej godziny lub czasu emisji /IFRB może opracować dodatkowe parametry/:

- a/ BBR - podstawową niezawodność służby dla 80% wszystkich punktów testowych;
- b/ procent punktów testowych dla każdego zakresu częstotliwości, gdzie natężenie pola jest równe lub większe od  $E_{min}$  lub  $E_{min} - 10$  dB w przypadkach, gdy stosuje się ochronę proporcjonalnie zmniejszoną;
- c/ S/I w dB - medianę stosunku sygnału użytecznego do sygnału zakłócającego dla 80% punktów testowych, gdzie natężenie pola jest równe lub większe od  $E_{min}$  lub  $E_{min} - 10$  dB w przypadkach, gdy stosuje się ochronę proporcjonalnie zmniejszoną; jeżeli okaże się możliwe będzie się podawać punkty testowe, które zostały wykorzystane przy określaniu mediany stosunku S/I;
- d/ TP w % - procent punktów testowych dla każdego godzinno-zakresu, gdzie natężenie pola jest równe lub większe od  $E_{min}$  lub  $E_{min} - 10$  dB w przypadkach, gdy stosuje się ochronę proporcjonalnie zmniejszoną i gdzie mediana stosunku S/I jest równa lub większa od 17 dB.

#### 4. PROCEDURA KONSULTACJI

Poza opisanym w poprzednich punktach Systemem Planowania HFBC, który /jak pokazuje rys.1/ ma być stosowany tylko dla określonych części zakresów częstotliwości przydzielonych wyłącznie radiofonii krótkofalowej, przewiduje się stosowanie tzw. procedury konsultacji, w której przy rozpatrywaniu zapotrzebowań wykorzystuje się niektóre elementy Systemu Planowania HFBC. Procedura ta dotyczy nie tylko zapotrzebowań, które przewidują stosowanie części zakresów oznaczonych na rys. 1 symbolem 1, ale również ma być wykorzystywana do rozpatrzenia zapotrzebowań, które po zastosowaniu procedury Systemu Planowania HFBC nie mogły być włączone do odpowiedniego planu sezonowego.

W wyznaczonym terminie administracje powinny potwierdzić w IFRB swoje zapotrzebowania figurujące w zbiorze zapotrzebowań na emieje w zakresie fal krótkich w danym sezonie i ewentualnie je zmodyfikować, skreślić lub przedstawić nowe. IFRB sprawdza zawarte w formularzach zgłoszeń informacje i uaktualnia zbiór sezonowy. Administracje mogą zgłosić częstotliwości, które mają zamiar wykorzystywać dla wszystkich lub części swoich zapotrzebowań albo prosić IFRB o wybranie dla swoich zapotrzebowań właściwych częstotliwości.

Jeżeli po ustalonym terminie IFRB nie otrzyma od administracji potwierdzenia, będzie się uważać, że zapotrzebowania znajdujące się w zbiorze zapotrzebowań dla rozpatrywanego sezonu są aktualne i przystępuje się do opracowywania rozkładu sezonowego.

Najpierw określa się właściwe zakresy częstotliwości dla każdego zapotrzebowania i oblicza się natężenie pola w każdym punkcie testowym, a następnie podstawową niezawodność służby BBR w każdym z tych zakresów. Uwzględnia się też konieczność zachowania ciągłości użytkowania częstotliwości w sposób podany w Systemie Planowania HFBC /punkt 3.4.1./. Teraz dołącza się do zbioru zapotrzebowania, które po rozpatrzeniu zgodnie z procedurą Systemu Planowania HFBC nie mogły być wpisane do planu sezonowego. Wyniki uzyskane dla wymienionych zapotrzebowań przesyła się do zainteresowanych administracji z zaznaczeniem liczby częstotliwości koniecznej do uzyskania wymaganej wartości BBR z zapytaniami:

- czy mają zamiar wykorzystywać wszystkie czy część częstotliwości już figurujących w zbiorze sezonowym?
- czy mają zamiar wykorzystywać jedną lub więcej innych częstotliwości niż te zawarte w zbiorze sezonowym?
- jaką /jakie/ częstotliwość /częstotliwości/ zamierzają wykorzystywać dla zapotrzebowań znajdujących się w zbiorze sezonowym bez przydziału?
- czy proszą o wybranie częstotliwości najbardziej właściwych?

Po otrzymaniu wyników obliczeń administracje w terminie ustalonym na przesłanie odpowiedzi na wyżej wymienione pytania mogą zgłosić na odpowiednich formularzach dodatkowe zapotrzebowania podając lub nie - wybrane częstotliwości. Te dodatkowe zapotrzebowania zostaną włączone do zbioru sezonowego.

Po upływie wyznaczonego terminu powtarza się obliczenia wyżej wymienionych wielkości i wyznacza każdemu zapotrzebowaniu niezbędną liczbę właściwych częstotliwości. Jeżeli administracja podała dla jakiegoś zapotrzebowania liczbę częstotliwości przewyższającą liczbę wynikającą z obliczeń IFRB, w porozumieniu z zainteresowaną administracją przyjmuje dla tego zapotrzebowania liczbę częstotliwości wynikającą z obliczeń.

Teraz dobiera się częstotliwości tym zapotrzebowaniom, które nie mają częstotliwości wybranych przez administracje ani już dobranych, uwzględniając konieczność zachowania ciągłości wykorzystywania częstotliwości. Potem wykonuje się obliczenia w celu określenia ewentualnych niekompatybilności dla wszystkich zapotrzebowań i dokonuje oceny jakościowej każdego zapotrzebowania.

W końcu przygotowuje się rozkład sezonowy w formie publikacji z podaniem dla każdego zapotrzebowania przydzielonej /przydzielonych/ lub wybranej /wybranych/ częstotliwości i podstawowych parametrów, umożliwiających łatwą identyfikację. Rozkład ten przesyła się zainteresowanym administracjom dwa miesiące przed początkiem sezonu razem ze szczegółowymi wynikami obliczeń i oceną jakościową ich zapotrzebowań, zaznaczając dla każdego z nich zapotrzebowania, z którymi są niekompatybilne oraz - jeżeli to będzie możliwe - zalecenia w celu ich eliminacji. Zalecenia te będą przygotowywane - na podstawie wyników kontroli emisji i wszystkich innych danych, którymi się będzie dysponować.

Na żądanie administracji IFRB przekaże natychmiast także wszystkie inne niezbędne i uzasadnione przez administrację informacje.

Niekompatybilności powinny być rozwiązywane pomiędzy zainteresowanymi administracjami w miarę możliwości przed rozpoczęciem się danego sezonu, biorąc pod uwagę zasady podane w udoskonalonym Artykule 17 Regulaminu Radiokomunikacyjnego.

W przypadku stwierdzenia użytkowania przez jakąś administrację częstotliwości niezgodnie z przydziałem figurującym w rozkładzie sezonowym, IFRB będzie się zwracać do tej administracji w celu uzyskania potwierdzenia.

Na zakończenie warto podkreślić znaczenie wprowadzenia jednolitego planowania dla całych zakresów fal krótkich przydzielonych wyłącznie służbie radiofonicznej. Wprowadzenie bowiem jednolitego planowania jest pożądane zarówno ze względu na kłopotliwe i wymagające bardzo dużo czasu stosowanie dwu odrębnych procedur przydzielania częstotliwości dla różnych zakresów lub ich części, jak i z punktu widzenia efektywnego wykorzystywania zakresów częstotliwości, czego ustalone obecnie procedury nie zapewniają.

#### WYKAZ LITERATURY

1. Borowski S., Lisicki W.: Wybór optymalnych częstotliwości roboczych. Problemy łączności, nr 121, It., Warszawa, 1974.
2. Lisicki W.: Metody obliczeniowe tras krótkofalowej łączności jonosferycznej. Problemy łączności, nr 121, It., Warszawa, 1974.
3. Hajduk M.: Kompleksowe obliczanie relacji - program KOMPARD na EMC R-32. Praca nr 12.06.F.01.03., It 1979.
4. Prace przygotowawcze do II Sesji Światowej Administracyjnej Konferencji Radiofonii Krótkofalowej. Etap B i C. Praca nr 3/11-49, It 1985.
5. Uzupełniające prace przygotowawcze związane ze Światową Radiofoniczną Konferencją Radiofonii Krótkofalowej. Prace nr 2.2.01.A.01 i 2.2.01.A.03., It 1986, 1987.

6. IFRB: Report to the second session of the WARC for the planning of the HF bands allocated to the broadcasting service. HFBC planning system. Geneva 1986.
7. UIT: Conférence administrative mondiale des radiocommunications pour la planification des bandes d'ondes décimétriques attribuées au service de radiodiffusion. Première session. Genève 1984.
8. UIT: Actes finaux de la Conférence administrative mondiale des radiocommunications pour la planification des bandes d'ondes décimétriques attribuées au service de radiodiffusion /HFBC-87/. Genève 1987.



ISSN 0209-1046

