

1 9 6 8

Nr 32

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

WARSZAWA — MIEDZESZYN

PROBLEMY

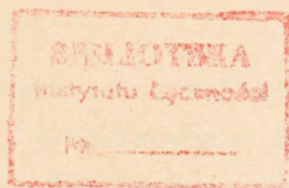
Instytut Łączności
Warszawa

ŁĄCZNOŚCI



MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI



ROK 8

WARSZAWA 1968

NR 32

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Kolegium Redakcyjne

Przewodniczący - prof. Zenon Szpigler
Z-ca Przewodniczącego - mgr inż. Władysław Cetner

Członkowie:

mgr inż. Władysław Adaszewski, inż. Edmund Janowski,
prof. Stefan Jasiński, dr Stanisław Włoszczowski,
mgr inż. Adam Moniuszko, mgr inż. Józef Możejko,
mgr Zofia Życińska

Sekretarz Redakcji - Irena Kulko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 500. Druk ukończono
w lutym 1969 r.

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

SPIS TREŚCI

	Str.
W. Lisicki - Stan obecny i tendencje wykorzystania widma fal radiowych przez służby radiokomunikacyjne	1

W bieżącym roku "Przegląd Telekomunikacyjny" obchodzi jubileusz związany z wydaniem 35 roczników czasopisma. Wydawany jest on przez Wydawnictwa Czasopism Technicznych NOT jako organ Sekcji Elektroniki i Telekomunikacji Stowarzyszenia Elektryków Polskich.

"Przegląd Telekomunikacyjny" znany jest dobrze wszystkim inżynierom, technikom i nawet studentom, zajmującym się telekomunikacją w najogólniejszym znaczeniu tego słowa. Artykuły z dziedziny teletransmisji, telekomutacji, telewizji, radiofonii, a także z dziedziny urządzeń elektronicznych i miernictwa telekomunikacyjnego, umieszczane w tym czasopiśmie, umożliwiają szerokiej rzeszy techników zaznajomienie się z najnowszymi osiągnięciami zarówno polskiej myśli technicznej, jak i postępu w tych dziedzinach techniki na całym świecie. Zagadnienia powyższe poruszane są przy tym wielostronnie zarówno od strony teoretycznej, jak i praktycznego projektowania, produkcji, eksploatacji i konserwacji.

Za zasługi dla polskiego piśmiennictwa technicznego "Przegląd Telekomunikacyjny" odznaczony został Złotą Odznaką Honorową SEP.

W dniu pięknego Jubileuszu, gratulując wielkiego i pożytecznego dorobku, życzymy "Przeglądowi Telekomunikacyjnemu" dalszej owocnej działalności informacyjnej i popularyzatorskiej ku pożytkowi szerokich rzesz polskich łącznościowców.

R e d a k c j a

Wacław Lisicki

STAN OBECNY I TENDENCJE WYKORZYSTANIA WIDMA
FAL RADIOWYCH PRZEZ SŁUŻBY RADIOKOMUNIKACYJNE

1. WSTĘP

Według definicji zamieszczonej w Regulaminie Radiokomunikacyjnym [1] fale radiowe są to fale elektromagnetyczne o częstotliwościach mniejszych od 3000 GHz, rozchodzące się w przestrzeni bez pomocy sztucznego przewodnika. Widmo fal radiowych od góry sąsiaduje z widmem promieni podczerwonych. Od dołu żadna granica nie jest formalnie określona. Jak wiadomo, najmniejsze częstotliwości stosowane jako fale nośne wchodzą już w zakres widma akustycznego. Eksploatowana część widma fal radiowych jest znacznie węższa. Rozdział częstotliwości pomiędzy służby radiokomunikacyjne został dokonany w zakresie od 10 kHz do 40 GHz. Częstotliwości większe od 40 GHz na ogół są jeszcze przedmiotem badań. Warto jednak zwrócić uwagę, że łączność bezprzewodowa wykracza już poza górną granicę widma fal radiowych. Wystarczy tu wspomnieć o dawno już podejmowanych próbach łączności przy wykorzystaniu promieni podczerwonych oraz o doświadczeniach przeprowadzanych z laserami. Omawiane na tym miejscu zagadnienia ograniczone są w zasadzie do eksploatowanej części widma fal radiowych.

Wykorzystanie fal radiowych przez służby radiokomunikacyjne powinno rozpatrywać się przede wszystkim z punktu widzenia gospodarczego. Widmo fal radiowych jest swego rodzaju dobrem naturalnym, stojącym do dyspozycji człowieka, podobnie jak zasoby mineralne, gleby, lasy i inne bogactwa naturalne. Można przeprowadzić pewną analogię między wykorzystywaniem fal radiowych a np. uprawą roli. Początkowo, gdy liczba czynnych radiostacji na świecie była jeszcze niewielka, gospodarka falowa nie narażała poważniejszych trudności. Aczkolwiek wykorzystywana część widma była w tym wczesnym okresie rozwoju służb radiokomunikacyjnych znacznie mniejsza niż obecnie, to jednak zakłócenia interferencyjne nie przedstawiały zasadniczego problemu. Ówczesna gospodarka falowa przypominała więc ekstensywną gospodarkę rolną z dawnych czasów, lub z bardzo zacofanych krajów. Dominującą cechą tej gospodarki była mała wydajność, której nie zwiększało się na skutek braku bodźca, jaki stanowią trudności zaspokajania występujących potrzeb. Podobnie jak gospodarka rolna z biegiem lat musiała w krajach cywilizowanych przekształcić się z ekstensywnej w intensywną, tak i gospodarka falowa, w miarę wzrostu zapotrzebowania na częstotliwości, musiała wkroczyć na drogę przeobrażeń. Co prawda, z biegiem czasu rozszerzył się i nadal rozszerza zakres eksploatowanej części widma fal radiowych. Jednakże, specyficzne własności krańcowych zakresów częstotliwości predestynują je na ogół do użytkowania przez niektóre tylko służby, wobec czego rozszerzenie eksploatowanego zakresu widma fal radiowych mało

wpływa na poprawę sytuacji w jego części dawniej już eksploatowanej.

Rozważana analogia między gospodarką rolną a gospodarką falową, aczkolwiek bliska, nie jest jednak zupełna. W gospodarce falowej występują znacznie silniejsze współzależności pomiędzy użytkownikami widma fal radiowych, niż ma to miejsce w gospodarce rolnej pomiędzy użytkownikami światowego arealu rolnego. Stąd też problematyka rozdziału fal radiowych zarysowuje się szczególnie mocno w skali międzynarodowej. Widmo fal radiowych jest wspólnym dobrem ogólnoludzkim i racjonalna jego eksploatacja wymaga zacieśnionej współpracy między wszystkimi krajami.

Ogromny i szybko postępujący rozwój łączności radiowej pociągnął za sobą poważne trudności w gospodarce falowej wielu krajów. Zaczęto poszukiwać środków prowadzących do zwiększenia wydajności widma fal radiowych. Gospodarka falowa przestała być dziedziną wyłącznie administracyjną i trzeba było ją oprzeć na podstawach naukowo-technicznych. W związku z tym wzrosło utylitarne znaczenie takich dziedzin, jak propagacja fal radiowych i teoria informacji. Rozwinięto metody kontroli emisji i zwalczanie zakłóceń. Pojawiły się matematyczne metody systematycznego planowania i optymalizacji sieci radiostacji. W oparciu o nowe zdobycze nauki i techniki dokonano już znacznych postępów w uporządkowaniu wykorzystania fal radiowych w skali światowej, regionalnej i wewnątrz poszczególnych krajów. Ogólny stan rzeczy daleki jest jednak od doskonałości.

Trudności techniczne spowodowane szybkim rozwojem łączności radiowej nie są jedynymi trudnościami objawiającymi się w pracach administracji i organizacji międzynarodowych. Na gospodarkę falową w skali międzynarodowej rzutują bardzo mocno aktualne stosunki polityczne i gospodarcze panujące w świecie. Wpływ ich często okazuje się nawet silniejszy od racjonalnych względów technicznych, co w konsekwencji prowadzi do spotęgowania znacznych i bez tego trudności.

Bardzo silne wzajemne powiązania występują między sposobem wykorzystania widma fal radiowych a przemysłem. Z jednej strony, własności fal decydują o przeznaczeniu tego czy innego zakresu dla danej służby radiokomunikacyjnej. Z drugiej strony, na zasadzie swoistego sprzężenia zwrotnego, możliwości produkcyjne przemysłu nieraz wywierają wpływ na stanowisko administracji, a w konsekwencji i na decyzje konferencji międzynarodowych w sprawach wykorzystania zakresów częstotliwości. Nie trzeba dodawać, że w tym aspekcie objawiają się poważne skutki ekonomiczne takich decyzji.

Jeżeli jeszcze wspomnieć o doniosłej roli gospodarczej radiokomunikacji, oświatowej, kulturalnej i propagandowej roli radiofonii i telewizji, o zapewnieniu bezpieczeństwa żeglugi morskiej i powietrznej, to uwidacznia się w całej okazałości znaczenie problemu optymalnego wykorzystania widma fal radiowych. Jak widać, problem jest złożony i wielostronny.

Pozostawiając czynnikom do tego powołanym wszelkie pozatechniczne aspekty gospodarki falowej, ograniczymy

się na tym miejscu do przedstawienia głównie technicznej strony zagadnienia wykorzystania widma fal radiowych. Nieodzowne wydają się przy tym zarówno krótki rys historyczny, jak i próba spojrzenia w przyszłość. Przed przystąpieniem do właściwego tematu przedstawimy pewne wyjaśnienia na temat stosowanej obecnie nomenklatury zakresów częstotliwości i służb radiokomunikacyjnych.

2. NOMENKLATURA ZAKRESÓW FAL RADIOWYCH I SŁUŻB RADIOKOMUNIKACYJNYCH

2.1. Podział widma fal radiowych na zakresy

Kryteria podziału fal radiowych na zakresy mogą wynikać z ich własności fizycznych lub też mogą opierać się na podstawach matematycznych. Zarówno jeden jak i drugi podział ma swoje wady i zalety.

Tradycyjny podział widma fal radiowych, aczkolwiek posługuje się nomenklaturą określającą w sposób ogólnikowy długość fali, oparty jest na własnościach fizycznych fal radiowych. Kryteria fizyczne wydają się bardziej uzasadnione, ale wadą ich jest pewna dowolność ustalania granic zakresów, spowodowana płynną zmianą własności fizycznych fal w funkcji częstotliwości. Wreszcie, nomenklatura datująca się z wczesnego okresu rozwoju radiokomunikacji nie odpowiada obecnej sytuacji. Stąd wynikają rozbieżności w interpretacji takich terminów, jak np. fale ultrakrótkie czy mikrofałe. W konsekwencji tych nieścisłości można spotkać u różnych autorów rozmaite

wersje tradycyjnego podziału fal radiowych. Jedna z tych wersji przedstawiona jest przykładowo w tabl. 1.

T a b l i c a 1

Przykład tradycyjnego podziału widma fal radiowych

Nazwa zakresu fal	Długość fali	Częstotliwość
Długie	30 - 3 km	10 - 100 kHz
Średnie	3000 - 200 m	100 - 1500 kHz
Pośrednie	200 - 75 m	1,5 - 4 MHz
Krótkie	75 - 10 m	4 - 30 MHz
Ultrakrótkie	10 - 0,3 m	30 - 1000 MHz
Mikrofale	poniżej 30 cm	powyżej 1000 MHz

Powyższe wady usuwa logarytmiczno-dekadowy podział widma /tabl. 2/, obowiązujący obecnie według Regulaminu Radiokomunikacyjnego. Największą zaletą tego podziału jest ścisła jednoznaczność wynikająca z przyjęcia kryteriów matematycznych. Drugą zaletę stanowi dostosowanie podziału do perspektywy rozwoju służb radiokomunikacyjnych. Warto zwrócić uwagę, że pierwsze trzy dekadę częstotliwości są w tabelicy pominięte, jako praktycznie nieużyteczne w charakterze częstotliwości nośnych. Dla porządku objęto jednak numeracją również i te zakresy.

Ujemną stroną podziału logarytmiczno-dekadowego jest nieliczenie się z własnościami fizycznymi fal, co nadaje podziałowi cechę sztuczności.

T a b l i c a 2

Logarytmiczno-dekadowy podział widma fal radiowych

Nr zakresu	Nazwa zakresu fal	Długość fal	Częstotliwość
4	Myriametrowe	100-10 km	3-30 kHz
5	Kilometrowe	10-1 km	30-300 kHz
6	Hektometrowe	1000-100 m	300-3000 kHz
7	Dekametrowe	100-10 m	3-30 MHz
8	Metrowe	10-1 m	30-300 MHz
9	Decymetrowe	100-10 cm	300-3000 MHz
10	Centymetrowe	10-1 cm	3-30 GHz
11	Milimetrowe	10-1 mm	3-300 GHz
12	Decymilimetrowe	1-0,1 mm	300-3000 GHz

U w a g a : możemy niekiedy spotkać się z jednostką p.n. "Teraherc", 1 THz = 1000 GHz.

Formalnie, należy obecnie posługiwać się regulaminowo zaleconym, logarytmiczno-dekadowym podziałem widma. Jednakże nomenklatura tradycyjna nie została bynajmniej wyparta z użycia, a w niektórych przypadkach jest nawet dogodniejsza od regulaminowej.

2.2. Służby radiokomunikacyjne

Całokształt zadań obejmujących nawiązywanie łączności, nadawanie, przenoszenie i odbiór wiadomości w okreś-

lonych warunkach nazywamy służbą radiokomunikacyjną. Należy pamiętać, że w myśl definicji przyjętej w Regulaminie Radiokomunikacyjnym, pojęcie radiokomunikacji jest znacznie szersze, niż to na ogół rozumie się pod terminem używanym w języku potocznym. W sensie definicji regulaminowej radiokomunikacją jest nie tylko dwustronna łączność radiotelegraficzna czy radiotelefoniczna, ale także radiofonia, telewizja, radionawigacja, radiolokacji itp. Radiokomunikacja obejmuje zatem wszelkiego rodzaju emisję radiową mające na celu przekazywanie informacji.

W obecnym stanie rozwoju łączności radiowej służby radiokomunikacyjne należy podzielić na dwie podstawowe grupy. Jedna z nich obejmuje służby ziemskie, czyli te wszystkie służby radiokomunikacyjne, w których punkty nadawcze i odbiorcze znajdują się bądź na powierzchni lądu, bądź na morzu, bądź w niższych warstwach atmosfery ziemskiej. Do tej samej grupy zaliczamy przypadki, gdy radiostacje pracują pod powierzchnią ziemi /np. w kopalniach/ lub pod powierzchnią wody /np. na podwodnych jednostkach pływających/. Druga grupa obejmuje te wszystkie służby, w których przynajmniej jedna strona łącza radiokomunikacyjnego znajduje się w przestrzeni kosmicznej. Należy zauważyć, że pojęcie przestrzeni kosmicznej nie jest dość dokładnie zdefiniowane. Satelity krążące na wysokości kilkuset kilometrów nad Ziemią znajdują się de facto w rozrzedzonych warstwach atmosfery ziemskiej. Poza tym mają one jednak wszelkie cechy obiektów kosmicznych i dlatego łączność stacji naziemnej ze sztucznym sa-

telitą kwalifikujemy do grupy radiokomunikacyjnych służb kosmicznych.

Grupa służb ziemskich obejmuje obecnie kilkanaście służb radiokomunikacyjnych, które pokrótce poniżej omówimy.

S ł u ż b a s t a ł a jest to służba radiokomunikacyjna pomiędzy określonymi punktami stałymi. Obejmuje: radioteleografię, radiotelefonię i radiofototeleografię, wszystko zarówno na bliskie jak i na dalekie odległości. Mówiąc o radiokomunikacji stałej, zazwyczaj mamy na myśli łączność od punktu do punktu, realizowaną głównie na falach długich i krótkich. Należy pamiętać, że do służby stałej zalicza się również łączność między punktami stałymi realizowaną w zakresie fal ultrakrótkich i mikrofal, a więc m.in. i linie radiowe.

S ł u ż b a s t a ł a l o t n i c z a jest to służba stała przeznaczona do nadawań wiadomości dla nawigacji lotniczej w celu przygotowania i zabezpieczenia lotu.

S ł u ż b a r a d i o d y f u z y j n a, zwana niekiedy służbą **r o z s i e w c z ą**, charakteryzuje się jednostronnym przekazywaniem wiadomości ze stacji nadawczej do szerokiego ogółu odbiorców. Służba ta obejmuje radiofonję i telewizję.

S ł u ż b a r u c h o m a w ogólnym sensie jest to służba radiokomunikacyjna między punktami ruchomymi lub między punktami stałymi i ruchomymi. Termin wymaga jeszcze sprecyzowania, o jaką służbę ruchomą rozchodzi się w danym przypadku. Rozróżnia się następujące rodzaje służb ruchomych:

- służba ruchoma morską,
- służba ruchoma lotniczą,
- służba ruchoma lądową.

Same nazwy dostatecznie tłumaczą zakres działania każdej z tych służb. Można jeszcze spotkać się z terminem: "służba ruchu portowego", którą Regulamin wyodrębnił dla oznaczenia służby morskiej w obrębie portu.

Definicji nie wymagają również: s ł u ż b a r a d i o l o k a c y j n a i s ł u ż b a r a d i o n a w i g a c y j n a , która podobnie jak służba ruchoma dzieli się na lądową, morską i lotniczą.

S ł u ż b a b e z p i e c z e ń s t w a jest to służba radiokomunikacyjna wykonywana stale lub czasowo dla zapewnienia ochrony życia i mienia ludzkiego. Przykładem tej służby może być korespondencja radiowa prowadzona w związku z akcją ratowniczą.

S ł u ż b a c z ę s t o t l i w o ść c ą w z o r c o w y c h jest to służba zapewniająca w celach naukowych i technicznych nadawanie określonych częstotliwości z dużą dokładnością, przeznaczonych do ogólnego użytku. Zbliżona do tej ostatniej jest s ł u ż b a s y g n a ł ó w c z a s u , której zadaniem jest nadawanie sygnałów czasu z dużą dokładnością dla powszechnego wykorzystania.

Wreszcie istnieje s ł u ż b a r a d i o a m a t o r s k a . Jest to samoświadczona służba łączności i badań technicznych, prowadzona przez amatorów w celach doświadczalnych i sportowych.

W grupie służb kosmicznych, obok dawnej już istniejącej służby radioastronomicznej, rozróżniamy jeszcze kilka służb nowo powstałych.

Służba satelitarna komunikacyjna jest to służba pomiędzy stacjami naziemnymi przy wykorzystaniu satelitów aktywnych lub pasywnych dla wymiany informacji służby stałej lub ruchomej^{1/}.

Służba satelitarna radiodyfuzyjna jest to służba, w której sygnały transmitowane lub retransmitowane przez stacje kosmiczne przeznaczone są do bezpośredniego odbioru przez szeroki ogół. W praktyce służba ta jeszcze nie istnieje.

Służba satelitarna radionawigacyjna jest to służba wykorzystująca stacje kosmiczne na sztucznych satelitach dla celów radionawigacji.

Służba satelitarna meteorologiczna jest to służba, w której wyniki obserwacji meteorologicznych dokonywanych za pomocą aparatury zainstalowanej na sztucznych satelitach są przekazywane do stacji naziemnych przez stacje umieszczone na tych satelitach.

^{1/}Przekazywanie programów telewizyjnych za pośrednictwem sztucznych satelitów również zalicza się do służby satelitarnej komunikacyjnej, a nie do służby satelitarnej radiodyfuzyjnej. Zachodzi tu analogia z przekazywaniem programów telewizyjnych przez linie radiowe, które, jako łączą pracujące od punktu do punktu, też zaliczają się do służby stałej.

S ł u ż b a b a d a ń k o s m i c z n y c h
 jest to służba, w której obiekt kosmiczny wykorzystuje się dla celów badań przestrzeni kosmicznej. Tego rodzaju służbę pełnią na przykład sondy kosmiczne wysyłane w pobliże Marsa i Wenus.

3. ZARYS HISTORII WYKORZYSTANIA WIDMA FAL RADIOWYCH

3.1. Wykorzystanie widma w początkowym okresie rozwoju radiokomunikacji

Historyczne doświadczenia H.R. Hertza, który po raz pierwszy w roku 1886 wytworzył za pomocą oscylatora elektrycznego fale elektromagnetyczne, miały miejsce w zakresie fal metrowych. Doświadczenia te, aczkolwiek wraz z wcześniejszą teorią J.C. Maxwella stanowią podwaliny rozwoju radiokomunikacji, nie wyszły jednak poza teren laboratorium. Trudności generacji wzmacniania i odbioru fal o większych częstotliwościach, zwłaszcza w latach poprzedzających wynalezienie lampy elektronowej, oraz możliwości uzyskania dużych zasięgów łączności w zakresie małych częstotliwości spowodowały, że w praktyce rozwój radiokomunikacji rozpoczął się w zakresie fal myriametrowych i kilometrowych.

W okresie poprzedzającym I wojnę światową radiokomunikacja ograniczała się prawie wyłącznie do radiotelegrafii na falach długich. Zastosowanie znalazły fale radiowe przede wszystkim w służbie morskiej, a następnie w łączności dalekosiężnej między punktami stałymi. Uru-

chomienie pierwszej stacji służby radiotelegraficznej nastąpiło w roku 1907 między stacjami w Clifden w Irlandii i Glace Bay w Nowej Funlandii. Jeszcze wcześniej pojawiła się potrzeba dokonywania uzgodnień międzynarodowych w sprawach dotyczących łączności radiowej. Jako ciekawostkę historyczną można wspomnieć, że pierwsza międzynarodowa konferencja radiokomunikacyjna została zwołana w roku 1903 w Berlinie w konsekwencji nieporozumienia, jakie wynikło na skutek odmowy przyjęcia przez angielską stacją nadbrzeżną telegramu do ówczesnego prezydenta USA Teodora Roosevelta od księcia pruskiego Henryka z pokładu statku wyposażonego w radiostację. Wprawdzie, sprawa ta należała do kategorii zagadnień prawno-regulaminowych, ale zapoczątkowała w dziedzinie radiokomunikacji uzgodnienia międzynarodowe, w których na czoło problematyki wysunęły się w następnych latach zagadnienia falowe.

Pierwsze trzy konferencje radiokomunikacyjne, jakie odbyły się przed I wojną światową /oprócz wyżej wspomnianej, w 1906 r. również w Berlinie i w 1912 r. w Londynie/ zajmowały się wyłącznie zagadnieniami radiokomunikacji morskiej. Problematykę innych służb radiokomunikacyjnych rozważano po raz pierwszy dopiero na Międzynarodowej Konferencji Radiowej, zwołanej po zakończeniu I wojny światowej, w roku 1919. Postanowienia tej konferencji nie weszły zresztą nigdy w życie.

Radiotelefonacja w tym wczesnym okresie rozwoju radiokomunikacji była jeszcze bardzo ograniczona, głównie na skutek zbyt szerokiego pasma zajmowanego w stosunku do

częstotliwości nośnych wykorzystywanych w tej epoce. Tym niemniej pierwsze próby łączności radiotelefonicznej były już przeprowadzane w latach 1906-1908.

Również radiofonia w latach poprzedzających wybuch I wojny Światowej pozostawała w stadium doświadczalnym. Wprawdzie już w pierwszych latach naszego wieku przeprowadzono doświadczalną transmisję występów E. Caruso z Metropolitan Opera w Nowym Jorku, ale dopiero w 1914 roku uruchomiono w Lacken /Belgia/ regularne, jeden raz w tygodniu, nadawania programu muzycznego. Były to jednak zaledwie zaczątki służby radiodfuzyjnej, której rozwój został na skutek wybuchu wojny jeszcze o kilka lat opóźniony.

3.2. Ogólna sytuacja w widmie fal radiowych w okresie międzywojennym

Rozwój służb radiokomunikacyjnych w dwudziestoleciu międzywojennym charakteryzował się całkowitym opanowaniem zakresów fal hektometrowych i dekametrowych. Ponadto od lat trzydziestych datują się początki zagospodarowania fal metrowych.

Krótsze fale kilometrowe i znaczna część zakresu fal hektometrowych stały się domeną radiofonii pracującej przede wszystkim na użytek krajowy. Nadawania regularnych programów rozpoczęły się w Europie i w USA od 1922 r. Już w 1925 r. pracowało na całym świecie ok. 600 stacji nadawczych, zaś w roku 1935 liczba ta wzrosła do 1300. Nadawania dla zagranicy zostały uruchomione w zakresie

krótkofalowym i dość znacznie rozwinęły się w latach trzydziestych.

Rewelacyjnym na owe czasy osiągnięciem radiokomunikacji było odkrycie wielkich możliwości dalekosiężnej łączności w zasięgu światowym, jakie daje jonosfera. Przede wszystkim, wykorzystanie zakresu fal dekametrowych, uważanych poprzednio za mało użyteczne z uwagi na silne tłumienie fali przyziemnej, pozwoliło rozładować trudną sytuację, jaka zaczęła się zarysowywać w zakresach długofalowych. Ponadto, dzięki możliwości stosowania mniejszych mocy i anten kierunkowych nastąpiło znaczne uelastycznienie radiokomunikacji. Niezależnie od zwielokrotnienia zakresu widma wykorzystywanego dla potrzeb radiokomunikacji otworzyły się szerokie możliwości dla radiotelefonii i nowych systemów radiokomunikacyjnych. Na kolejnej konferencji administracyjnej w Waszyngtonie, w 1927 r. ustalono m.in. dotąd obowiązujące zakresy częstotliwości dla służby ruchomej morskiej: 4, 8, 12, 16 i 22 MHz. Ostatnia przed II wojną światową konferencja administracyjna, która odbyła się w 1938 r. w Kairze, określiła m.in. krótkofalowe zakresy częstotliwości dla lotnictwa cywilnego.

Na konferencję Kairską należy zwrócić szczególną uwagę, ponieważ opracowany przez nią Regulamin Radiokomunikacyjny formalnie zachował aktualność w Polsce jeszcze przez wiele lat po wojnie, gdy z przyczyn głównie natury politycznej Administracja PRL nie uznawała w pełni nowego stanu rzeczy w wykorzystaniu widma fal radiowych, ustalonego po pierwszej powojennej konferencji administra-

cyjnej w Atlantic City. Regulamin kairski obejmował już zakres widma do 200 MHz, przeznaczając fale metrowe częściowo dla telewizji, a częściowo dla służb ruchomych, które jednak w znacznej mierze bazowały wówczas na zakresie fal hektometrowych, głównie w obszarze tzw. fal pośrednich.

3.3. Rozwój sytuacji falowej po II wojnie światowej

W latach II wojny światowej nastąpił poważny przełom w wykorzystaniu widma fal radiowych. Potrzeby wojskowe były, jak to zwykle bywa, bodźcem do burzliwego rozwoju niektórych służb, jak na przykład radionawigacji, a nawet do powstania nowych, przedtem nieznanych, jak radiolokacja. Ogromne znaczenie podczas wojny miała zarówno radiokomunikacja, jak i radiofonia krótkofalowa, będąca głównym źródłem informacji dla krajów okupowanych. Oczywiście, stan wykorzystania widma w okresie wojennym odbiegał znacznie od normalnego na skutek czasowego ograniczenia działalności cywilnej na wielu odcinkach życia i totalnego podporządkowania służb radiokomunikacyjnych celom wojennym.

W okresie powojennym zaczęto dyskontować dla celów pokojowych postęp techniczny osiągnięty podczas wojny. Kraje zniszczone przez działania wojenne i rabunkową gospodarkę okupantów odbudowywały w pierwszych latach swoje służby radiokomunikacyjne, a następnie weszły na drogę ich rozbudowy. W krajach zaawansowanych technicznie

szerokim frontem ruszyły badania naukowe. Rozwój służb radiokomunikacyjnych w skali światowej osiągnął tempo i rozmiary nieporównywalne z okresem przedwojennym. Jest oczywiste, że całokształt nowej sytuacji znalazł swoje odbicie w wykorzystaniu widma fal radiowych. Należy tu wyróżnić dwie charakterystyczne cechy nowej sytuacji.

Po pierwsze, punkt ciężkości rozwoju nowoczesnych służb radiokomunikacyjnych przesunął się zdecydowanie na zakresy fal metrowych, decymetrowych i centymetrowych. Rozszerzenie użytecznej części widma znalazło swój wyraz w nowym Regulaminie Radiokomunikacyjnym, opracowanym na Administracyjnej Konferencji Radiokomunikacyjnej w Atlantic City w roku 1947. Konferencja ta miała za zadanie uregulowanie całokształtu międzynarodowych zagadnień techniczno-administracyjnych w nowej sytuacji powojennej. Wchodząca w skład Regulaminu Radiokomunikacyjnego Tabela Rozdziału Częstotliwości objęła w Atlantic City zakres od 10 kHz do 10 GHz.

Po drugie, ogromny wzrost liczby radiostacji pełniących różnego rodzaju służby wytworzył w niektórych częściach widma stan dużego zagęszczenia emisji. Aby w miarę możliwości zapobiec zakłóceniom interferencyjnym, powołano do życia specjalny organ pod nazwą: Międzynarodowa Izba Rejestracji Częstotliwości, znany powszechnie pod skrótową nazwą IFRB^{1/}. Podstawowym zadaniem IFRB jest rejestracja zgłaszanych przydziałów częstotliwości i sprawdzanie w drodze obliczeniowej możliwości powsta-

^{1/}International Frequency Registration Board.

wania zakłóceń interferencyjnych. Do zadań IFRB powrócimy jeszcze w jednym z dalszych rozdziałów. Nie wchodząc na razie w szczegóły zagadnienia, stwierdzimy tylko, że w latach powojennych musiało nastąpić przejście do wyższej formy gospodarki falowej, tj. do gospodarki planowej. Co prawda, z różnych względów plany częstotliwościowe nie objęły wszystkich służb radiokomunikacyjnych i wszystkich zakresów częstotliwości. Również tam, gdzie usiłowano w sposób planowy zagospodarować jakąś część widma, nie zawsze udawało się osiągnąć powodzenie. Tym niemniej zasadniczy przełom został dokonany; do uzgodnień rozdziału częstotliwości zaczęto stosować metody naukowe i w następnych latach sytuacja w niektórych zakresach częstotliwości i w niektórych służbach została uregulowana w oparciu o podstawy naukowo-techniczne.

W roku 1948 uporządkowano, w oparciu o prymitywne co prawda jeszcze podstawy techniczne, rozdział kanałów w Radiodfuzyjnym Obszarze Europejskim dla radiofonii długo- i średniofalowej. Niestety, plan ten, znany pod nazwą Planu Kopenhaskiego, nie był zbyt długo respektowany, a przez niektóre administracje w ogóle od początku nie został uznany. Również w Kopenhadze i w tym samym roku uregulowano częstotliwościowe sprawy morskie w zakresie fal średnich. W roku 1957 Konferencja w Hadze ustaliła tabelę częstotliwości dla międzynarodowej radiotelefonicznej morskiej służby ruchomej w zakresie 156 - - 174 MHz. Pomyślne rezultaty osiągnęły dwie konferencje regionalne, które odbyły się w Sztokholmie w latach 1958 i 1961 w sprawach rozdziału kanałów telewizyjnych w Ra-

diodyfuzyjnym Obszarze Europejskim. Pierwsza z tych konferencji zajmowała się jedynie zakresem fal metrowych i ustalone wówczas plany były oparte na dość słabych jeszcze podstawach technicznych. Do konferencji z roku 1961, której tematem był głównie IV/V zakres telewizyjny, jeszcze powrócimy przy omawianiu aktualnego stanu wykorzystania widma.

Na duże trudności napotkały próby uregulowania skomplikowanej sytuacji w radiofonii krótkofalowej. Atmosfera polityczna powstała na świecie w końcowych latach czterdziestych była przyczyną wybujałego wzrostu nadawań programów dla zagranicy w wielu krajach. Na tym tle objawiła się znacznie większa, niżby to usprawiedliwiały względy techniczne, zajętość częstotliwości i wyścig mocy. Nie przyniosły pozytywnego rozwiązania ani światowa konferencja w Mexico City, jaka odbyła się w 1949 r., ani przygotowywane przez kilka lat z wielkim nakładem pracy przez IFRB plany częstotliwościowe na różne sezony i fazy cyklu aktywności słonecznej. Pewien modus vivendi przyjęła dopiero następna Administracyjna Konferencja Radiokomunikacyjna - Genewa 1959.

Pomiędzy zwykłymi konferencjami administracyjnymi w Atlantic City - 1947 i w Genewie - 1959 odbyła się również w Genewie, w 1951 r. Nadzwyczajna Administracyjna Konferencja Radiokomunikacyjna. Przedmiotem jej obrad były plany częstotliwościowe dla niektórych służb radiokomunikacyjnych, głównie dla radiokomunikacji stałej, morskiej i lotniczej w zakresach poniżej 30 MHz. Wyniki tej konferencji nie zostały zaakceptowane przez kraje

obożu socjalistycznego, wobec czego sytuacja falowa na wielu odcinkach widma nadal pozostała bez zmiany.

Główną podstawą dzisiejszego stanu rzeczy jest Tabela Rozdziału Częstotliwości zawarta w Regulaminie Radiokomunikacyjnym, opracowanym na Administracyjnej Konferencji Radiokomunikacyjnej w Genewie, w 1959 r., wraz z modyfikacjami wniesionymi przez Nadzwyczajną Administracyjną Konferencję Radiokomunikacyjną, która miała miejsce również w Genewie, w roku 1963 [2]. Zanim przejdziemy do analizy aktualnego stanu wykorzystania widma fal radiowych, warto uświadomić sobie, że lata kształtowania się obecnej sytuacji falowej zbiegły się z początkiem ery kosmicznej. Ten wielki przełom w postępie ludzkości znalazł swój wyraz również w łączności radiowej, która z natury rzeczy ma dla opanowywania przestrzeni kosmicznej znaczenie zasadnicze. Wyżej wspomniana konferencja w 1963 r. była poświęcona właśnie zagadnieniom wykorzystania fal radiowych dla łączności z obiektami kosmicznymi. Fascynujące osiągnięcia w poznawaniu tajemnic kosmosu tak dalece wiążą się z problematyką falową łączności kosmicznej, iż można zaryzykować twierdzenie, że początek ery kosmicznej był zarazem początkiem nowego okresu w użytkowaniu widma fal radiowych.

W okresie powojennym możemy zatem wyróżnić dwa etapy wykorzystania widma fal radiowych. Etap pierwszy charakteryzował się mniej lub więcej udanymi dążeniami do uregulowania sytuacji falowej w skali światowej. W etapie drugim pojawiła się nowa grupa służb radiokomunikacyjnych, związana z łącznością kosmiczną, dla której nale-

żało znaleźć odpowiednie zakresy częstotliwości. Wiadomo dobrze, że sytuacja falowa w służbach ziemskich daleka jest od doskonałości i że wobec tego problematyka kosmiczna nie jest bynajmniej wyłączną na obecnym etapie. Stąd wniosek, że występujące już od dawna trudności w gospodarce falowej jeszcze się spotęgowały i tym bardziej oczekują rozwiązań opartych na dociekaniach naukowych. Należy podkreślić, że ostatnie kilkanaście lat nacechowane jest właśnie naukowym podejściem do problematyki rozdziału częstotliwości.

4. PRAWNO-ORGANIZACYJNE PODSTAWY WYKORZYSTANIA WIDMA FAL RADIOWYCH

4.1. Regulamin Radiokomunikacyjny jako główna podstawa wykorzystania częstotliwości

Eksploatację widma fal radiowych w skali światowej regulują, zwoływane w odstępach kilku do kilkunastu lat przez Międzynarodową Unię Telekomunikacyjną /UIT^{1/}/, administracyjne konferencje radiokomunikacyjne. W okresie powojennym odbyły się dwie zwyczajne konferencje administracyjne: w Atlantic City - 1947 r. i w Genewie - 1959 r. Na każdej z tych konferencji została dokonana rewizja całości tekstu obowiązującego do tej pory Regulaminu Radiokomunikacyjnego. W celu uregulowania sytuacji w określonych służbach radiokomunikacyjnych zwoły-

^{1/}Union International des Télécommunications.

wane są ponadto, w miarę potrzeby, nadzwyczajne administracyjne konferencje radiokomunikacyjne.

Obecnie obowiązujący Regulamin Radiokomunikacyjny został opracowany przez Administracyjną Konferencję Radiokomunikacyjną w Genewie, w roku 1959. Regulamin został następnie w pewnym stopniu zmodyfikowany i uzupełniony przez trzy kolejne Nadzwyczajne Administracyjne Konferencje Radiokomunikacyjne, które odbyły się również w Genewie, w latach 1963, 1965 i 1967. Tematem ich były odpowiednio zagadnienia służb kosmicznych [2], służby ruchomej lotniczej [3] i służby ruchomej morskiej 4 .

Regulamin Radiokomunikacyjny ustala w 45 artykułach zasady i sposób postępowania w najważniejszych sprawach dotyczących służb radiokomunikacyjnych, mających aspekt międzynarodowy. Integralną częścią Regulaminu jest zawarta w Artykule 5 Tabela Rozdziału Częstotliwości, która stanowi główną podstawę wykorzystania widma fal radiowych przez służby radiokomunikacyjne. Tabeli towarzyszy szereg przepisów regulujących szczegóły techniczne, eksploatacyjne i prawne dotyczące użytkowania częstotliwości.

Do zasadniczych 45 artykułów właściwego Regulaminu dochodzi 26 załączników. Niektóre z nich mają podstawowe znaczenie dla rozdziału częstotliwości. Ponadto jest jeszcze Dodatkowy Regulamin Radiokomunikacyjny, którego treść dla zagadnień falowych jest nieistotna, oraz uchwały i zalecenia przyjęte przez Administracyjną Konferencję Radiokomunikacyjną w Genewie - 1959 r.

Genewski Regulamin Radiokomunikacyjny został przyję-

ty z całym szeregiem zastrzeżeń, wniesionych przez znaczną liczbę administracji. W dużej mierze zastrzeżenia te dotyczą spraw wykorzystania częstotliwości lub spraw pośrednio związanych z tym zagadnieniem. Administracja PRL, wraz z grupą kilku krajów socjalistycznych, zgłosiła zastrzeżenia na temat nadmiernego przeznaczenia zakresów częstotliwości dla służby radiolokacyjnej, zwiększenia uprawnień IFRB oraz procedury sporządzania okresowych planów nadawania dla radiofonii krótkofalowej.

Pomimo wniesionych zastrzeżeń i nieuznawania Regulaminu Radiokomunikacyjnego przez niektóre kraje nie należące do UIT, wykorzystanie widma fal radiowych na przeważającej części obszaru świata odbywa się zgodnie z zawartą w nim Tabelą Rozdziału Częstotliwości.

4.2. Kategorie służb

Zakresy częstotliwości nie zawsze są przeznaczone dla jednej tylko służby. Często, prawo wykorzystywania częstotliwości w danym zakresie mają 2, 3 lub nawet więcej służb, bądź na zasadach równouprawnienia, bądź też na zasadach uprzywilejowania jednych służb w stosunku do drugich. Rozróżnia się służby pierwszej ważności, służby dopuszczone i służby drugorzędnej ważności.

Służby pierwszej ważności i służby dopuszczone mają jednakowe prawa z tym jednak wyjątkiem, że przy przygotowaniu planów częstotliwościowych służba pierwszej waż-

ności ma pierwszeństwo wyboru częstotliwości. W oficjalnej tabeli rozdziału częstotliwości nazwa służby pierwszej ważności jest wydrukowana dużymi literami, zaś nazwę służby dopuszczonej drukuje się literami małymi rozspacjowanymi.

Stacje służby drugorzędnej ważności nie powinny powodować zakłóceń w pracy stacji służb pierwszej ważności lub służb dopuszczonych, nawet w tym przypadku, gdy stacjom tych dwóch ostatnich kategorii częstotliwości zostaną przydzielone później, niż stacji służby drugorzędnej ważności. Ponadto, służbie drugorzędnej ważności przysługuje prawo ochrony przed zakłóceniami ze strony stacji służby pierwszej ważności lub służby dopuszczonej.

Regulamin określa jeszcze jedną kategorię, mianowicie: s ł u ż b ę d o d a t k o w ą . Jest to służba, która nie figuruje w samej Tablicy Rozdziału Częstotliwości, a jedynie wymienia się ją w odpowiednich uwagach w takim sensie, że dany zakres jest dla tej służby przeznaczony na obszarze jednego kraju lub grupy krajów, mniejszym od Rejonu. Służba dodatkowa na określonym w uwadze obszarze korzysta z praw przysługujących służbie pierwszej ważności, o ile nie podlega ograniczeniom, które w takim przypadku podane są w treści uwagi.

4.3. Rejonizacja wykorzystania częstotliwości

Zasięgi zakłóceniami radiostacji są zależne od własności propagacyjnych fal w wykorzystywanym zakresie czę-

stotliwości. W niektórych zakresach, przy stosunkowo nawet niewielkich mocach promieniowanych, zakłócenia interferencyjne mają zasięg światowy. Przykładem mogą być tu fale dekametrowe. Przeznaczenie tych zakresów powinno być zatem jednolite dla całego świata. W innych natomiast zakresach fale rozchodzą się z natury rzeczy na niewielkiej odległości, jak na przykład fale promieniowane przez anteny stacji telewizyjnych. Nie ma więc przeszkód, aby w różnych rejonach świata przeznaczenie takich zakresów częstotliwości było wzajemnie niezależne.

Z wyżej wymienionych powodów wprowadzono dla celów rozdziału częstotliwości podział świata na trzy rejony.

R e j o n 1 obejmuje Europę, Afrykę oraz pñ.-zach. część Azji z azjatycką częścią ZSRR, Mongolską RL, Turcją i krajami arabskimi. W R e j o n i e 2 mieści się Ameryka i część Oceanii. Natomiast do R e j o n u 3 należy południowa Azja, Australia i pozostała część Oceanii.

Ze względu na wysoki poziom lokalnych zakłóceń atmosferycznych wykorzystanie częstotliwości w krajach tropikalnych jest w niektórych zakresach nieco inne, niż w strefie umiarkowanej. W Regulaminie Radiokomunikacyjnym określono z powyższego powodu "S t r e f ę T r o p i k a l n ą", obejmującą cały obszar Rejonu 2 leżący między Zwrótnikami Raka i Koziurożca, zaś w Rejonie 1 i 3 - obszar zawarty między 30° szerokości północnej i 35° szerokości południowej z pewnymi uzupełnieniami na terenie północnej Afryki i Bliskiego Wschodu.

Regulacja sytuacji falowej w służbie radiodifuzyjnej

i w służbie morskiej na terenie Europy wymagała określenia "Europejskiego Obszaru Radiodifuzyjnego" oraz "Europejskiego Obszaru Morskiego". Wymienione obszary obejmują w zasadzie Europę oraz pozaeuropejskie kraje basenu śródziemnomorskiego.

4.4. Koordynacja wykorzystania częstotliwości w ramach zakresów regulaminowych

Zawarta w Regulaminie Tabela Rozdziału Częstotliwości reguluje wykorzystywanie widma fal radiowych przez służby radiokomunikacyjne w sposób ramowy. Dalszym zagadnieniem jest wykorzystanie częstotliwości przez administracje wewnątrz zakresów ustalonych w Tabeli. W wielu zakresach szczegółowe wykorzystanie częstotliwości wymaga uzgodnień międzynarodowych.

Szczegółowa koordynacja wykorzystania częstotliwości w szerszej skali międzynarodowej jest dokonywana przez konferencje światowe lub regionalne. Konferencje takie mają charakter administracyjny i są zwoływane przez UIT. Obecnie weszło w zwyczaj, że konferencje rozdziału częstotliwości są poprzedzane przez zebrania ekspertów, zwoływane w celu przygotowania zasad technicznych dla właściwej konferencji rozdziału częstotliwości.

Nie wszystkie zagadnienia falowe wymagają szerokiej koordynacji wielostronnej. W przypadkach małych zasięgów zakłóceń interferencyjnych i jeśli nie zachodzi konieczne powiązanie przydziałów częstotliwości, to na ogół wystarczają uzgodnienia graniczne między zaintereso-

wanymi krajami. Może być też specyficzna problematyka lokalna interesująca małą grupę administracji.

Z różnych względów nie wszystkie zakresy częstotliwości zostały dotąd objęte planową koordynacją. W niektórych przypadkach taka koordynacja nie jest konieczna, na przykład wtedy, gdy wykorzystanie częstotliwości można traktować jako wyłącznie wewnętrzną sprawę każdego kraju. Niekiedy natomiast nie udało się dokonać planowej koordynacji na skutek trudności osiągnięcia porozumienia między administracjami.

4.5. Zadania i rola IFRB

W pewnym stopniu rolę koordynacyjną w wykorzystywaniu częstotliwości usiłuje pełnić Międzynarodowa Izba Rejestracji Częstotliwości /IFRB/. Zgodnie z postanowieniami obowiązującej obecnie Konferencji, IFRB stanowi międzynarodowy komitet liczący 5 członków i korzystający z pomocy wyspecjalizowanego sekretariatu w liczbie kilkudziesięciu osób, odpowiednio kwalifikowanych.

Zadania IFRB określa Artykuł 8 Regulaminu Radiokomunikacyjnego. Główne czynności obejmują:

a/ rozpatrywanie wniosków o przydział częstotliwości, zgłaszanych przez administracje,

b/ rozpatrywanie i koordynacja sezonowych planów dla radiofonii krótkofalowej,

c/ zestawianie list wykorzystywanych częstotliwości w celu publikacji ich przez Sekretarza Generalnego UIT,

d/ kontrola wykorzystania widma fal radiowych, dokonywana przy pomocy administracji,

e/ badanie, na żądanie administracji, przypadków szkodliwych zakłóceń i opracowywanie odpowiednich zaleceń,

f/ przygotowywanie planów częstotliwościowych dla konferencji radiokomunikacyjnych.

IFRB prowadzi Międzynarodowy Rejestr Częstotliwości, w którym zapisywane są wszystkie zgłoszone przydziały częstotliwości. Szczegółowe przepisy dotyczące zgłaszania i wpisu do Rejestru przydziałów częstotliwości zawarte są w Artykule 9 Regulaminu Radiokomunikacyjnego. W myśl tych przepisów IFRB rozpatruje każde zgłoszenie z punktu widzenia:

a/ zgodności z Konwencją, Tabelą Rozdziału Częstotliwości i innymi postanowieniami Regulaminu Radiokomunikacyjnego,

b/ prawdopodobieństwa powodowania szkodliwych zakłóceń w odbiorze stacji, dla której przydział częstotliwości został już uprzednio wpisany do Rejestru i podlega ochronie międzynarodowej w myśl przepisów Regulaminu.

Przepisy artykułu 9 szczegółowo regulują postępowanie IFRB w różnych możliwych przypadkach. Prawdopodobieństwo zakłóceń jest określone na podstawie obliczeń teoretycznych. Jeżeli w wyniku tych obliczeń orzeczenie IFRB jest negatywne, administracja może bądź wycofać zgłoszony przydział, bądź nalegać na zamieszczenie jego w Między-

narodowym Rejestrze Częstotliwości. W tym ostatnim przypadku przydział nie korzysta z ochrony międzynarodowej.

IFRB przeprowadza badania możliwości powstawania zakłóceń w zakresie częstotliwości powyżej 28 MHz jedynie na życzenie administracji zgłaszającej przydział lub administracji, której służba podlega zakłóceniom.

Należy jeszcze wspomnieć o trzech bardzo istotnych sprawach.

Po pierwsze, Regulamin Radiokomunikacyjny przewiduje możliwość zupełnie dowolnego wykorzystania częstotliwości, poza zakresami przewidzianymi dla danej służby w Tabeli Rozdziału Częstotliwości, pod warunkiem, że nie zostaną przez to spowodowane szkodliwe zakłócenia w służbach wykonywanych przez stacje pracujące zgodnie z postanowieniami Konwencji i Regulaminu.

Po drugie, każda administracja jest w pełni suwerenna w zakresie wykorzystania częstotliwości i związana może być tylko postanowieniami umów, które zawarła z innymi administracjami.

W szczególności należy pamiętać o właściwej interpretacji roli IFRB, która nie może ograniczać żadnej administracji w jej suwerennych prawach do wykorzystywania widma fal radiowych według własnego uznania.

Po trzecie, Regulamin Radiokomunikacyjny ustala wykorzystanie widma fal radiowych w sposób ramowy. Każda administracja, lub grupa administracji we wzajemnym porozumieniu, może ustalić bardziej szczegółowo wykorzystanie poszczególnych zakresów częstotliwości, z tym że te ustalenia nie powinny pozostawać w rozbieżności z

przepisami Regulaminu, o ile nie zostały na ten temat zgłoszone zastrzeżenia.

5. TECHNICZNE PODSTAWY ROZDZIAŁU WIDMA FAL RADIOWYCH POMIĘDZY SŁUŻBY RADIOKOMUNIKACYJNE

5.1. Właściwości fal radiowych decydujące o ich wykorzystaniu

O wyborze zakresu częstotliwości dla określonej służby radiokomunikacyjnej i określonych warunków łączności decydują przede wszystkim własności propagacyjne fal radiowych. Częstotliwość wpływa jednak nie tylko na propagację fal, ale w dużej mierze określa również podstawowe cechy systemów i urządzeń.

Pomiędzy wpływem własności propagacyjnych na wybór zakresu częstotliwości a pośrednim wpływem częstotliwości, rzutującym na przykład na wymiary urządzeń, zachodzi zasadnicza różnica. W pierwszym przypadku inżynier jedynie wykorzystuje istniejące obiektywnie prawa przyrody, na które zasadniczo nie ma wpływu, jeśli pominać tego rodzaju próby, jak znany eksperyment z rozsiewaniem igiełek miedzianych w wyższych warstwach atmosfery w celu stworzenia sztucznej warstwy odbijającej fale radiowe. W drugim przypadku, natomiast, system łączności, jak też i urządzenia są dziełem człowieka, który kształtuje je dowolnie w ramach istniejących możliwości.

Trzeba jednak pamiętać, że, zarówno w jednym, jak i

w drugim aspekcie, postęp wiedzy i techniki w zasadniczy sposób wywiera swoje piętno na wykorzystaniu widma fal radiowych. Rozwój badań naukowych i wynikające stąd pogłębienie wiedzy o propagacji fal radiowych w różnych zakresach częstotliwości głównie zadecydowało o daleko idącym rozszerzeniu eksploatowanej części widma częstotliwości. Z drugiej strony cały szereg nowych zastosowań umożliwił kolosalny postęp i wynalazczość na polu systemów i konstrukcji urządzeń. Wystarczy tu wspomnieć choćby tranzystoryzację i miniaturyzację aparatury.

Niektóre służby i systemy łączności są z natury rzeczy predestynowane do pracy w tych czy innych częściach widma. Na przykład telewizja, z powodu bogatej informacji wymagającej szerokości pasma rzędu kilku megaherców, nie może pracować na falach dłuższych, niż fale metrowe. Podobnie, dla linii radiowych najodpowiedniejsze są mikro fale ze względu zarówno na szerokość przesyłanego pasma, jak i na osiągalną w tych zakresach częstotliwości koncentrację promieniowania.

Następne własności fal radiowych mają charakter wybitnie negatywny z punktu widzenia gospodarki falowej. Przebieg fali nośnej zazwyczaj nieco odbiega od czystej sinusoidy, na skutek czego tworzą się promieniowania na częstotliwościach harmonicznych. Obwody urządzeń nadawczych mają też skłonność do generacji promieniowań pasożytniczych. Promieniowania harmoniczne i pasożytnicze muszą być utrzymywane na odpowiednio niskim poziomie, gdyż w przeciwnym przypadku znacznie zmniejszają efektywność wykorzystania widma fal radiowych.

Generator wzbudzający nigdy nie generuje drgań o idealnie stałej częstotliwości. Są różne środki techniczne pozwalające uzyskać wysoką stałość, jednak zawsze musi istnieć pewna tolerancja częstotliwości. Od wielkości tej tolerancji zależy również w pewnym stopniu szerokość kanału częstotliwościowego, a przekroczenie dozwolonego uchybu może być przyczyną zakłóceń interferencyjnych.

5.2. Zakłócenia odbioru

Dość istotnym czynnikiem wpływającym na podział widma pomiędzy służby radiokomunikacyjne są zakłócenia odbioru. Można wyróżnić dwie podstawowe grupy zakłóceń. Jedną grupę stanowią zakłócenia pochodzenia naturalnego. Do drugiej grupy zaliczamy zakłócenia powstające bądź w samym członie odbiorczym toru radiokomunikacyjnego, bądź przychodzące z zewnętrznych źródeł będących dziełem człowieka.

W grupie zakłóceń pochodzenia naturalnego na czoło wysuwają się szумы atmosferyczne. Źródłem ich są, jak wiadomo, wyładowania atmosferyczne. Dla naszych rozważań nie są istotne burze lokalne, które wprawdzie powodują silne efekty zakłócające, ale jako zjawisko przejściowe nie wywierają wpływu na wykorzystanie częstotliwości. Ważne są natomiast wyładowania zachodzące w odległych rejonach świata, które dla dużych obszarów podlegają już prawom statystyki, wobec czego można mówić o określonym poziomie wytwarzanych przez nie zakłóceń. Efekt odległych, ale występujących w dużej liczbie wy-

ładowań elektrycznych w atmosferze objawia się w odbiorniku w postaci szumów mniej więcej ciągłych. Ponieważ główne obszary burzowe znajdują się w strefie tropikalnej, poziom szumów atmosferycznych zależy od strefy geograficznej. Szumy atmosferyczne podlegają takim samym prawom propagacji, jak sygnały radiowe. W związku z tym występuje silna zależność poziomu szumów atmosferycznych od pory doby i pory roku oraz od częstotliwości. Szumy atmosferyczne odgrywają istotną rolę w zakresach częstotliwości poniżej 30 MHz.

Innym rodzajem zakłóceń naturalnych są szumy galaktyczne. Źródła ich znajdują się w naszej Galaktyce. Oczywiście, tego rodzaju źródła występują i w innych obszarach kosmosu, ale poziom wytwarzanych przez nie szumów jest do pominięcia. Źródła galaktyczne są rozmieszczone w przestrzeni nierównomiernie, wobec czego poziom szumów galaktycznych jest zmienny w czasie na skutek obrotu Ziemi. Szumy galaktyczne w strefie umiarkowanej mają znaczenie na częstotliwościach powyżej 15-20 MHz. Na częstotliwościach mniejszych są ekranowane przez jonosferę, a ponadto są majoryzowane przez szumy atmosferyczne. Jedynie w obszarach polarnych, gdzie jest na ogół niski poziom szumów atmosferycznych i małe częstotliwości krytyczne, szumy galaktyczne dają znać o sobie już na częstotliwościach rzędu kilku MHz.

Jeśli chodzi o zakłócenia pochodzące ze źródeł sztucznych, to ich negatywną rolę trzeba brać pod uwagę przede wszystkim przy szczegółowej koordynacji wykorzystania częstotliwości, do czego jeszcze powrócimy przy o-

mawianiu tego zagadnienia. Dla podziału widma fal radiowych pomiędzy służby radiokomunikacyjne są istotne promieniowania na częstotliwościach harmonicznych, o czym już była mowa powyżej. Bardzo ważny jest też dobór częstotliwości pośrednich w odbiornikach zarówno ze względu na zakłócenia od emisji innych służb wchodzących wprost na obwody pośredniej częstotliwości, jak i ze względu na promieniowanie heterodyny, które w pewnych przypadkach może szkodliwie odbijać się na pracy innych służb.

5.3. Główne czynniki techniczne wpływające na podział widma częstotliwości

Obecny układ regulaminowej Tabeli Rozdziału Częstotliwości jest wynikiem oddziaływania trzech podstawowych wpływów. Jednym z nich jest niewątpliwie ciągłość rozwoju łączności radiowej, w której pierwszą rolę grają fakty dokonane w przeszłości, do czego jeszcze dochodzi element tradycji. Drugim wpływem są umotywowania techniczne, będące podstawą świadomego wyboru określonych zakresów częstotliwości dla określonych służb. Wreszcie trzeci wpływ dotyczy ilościowego stosunku części widma przydzielonych dla poszczególnych służb, co zależy od ich znaczenia i ogólnego zapotrzebowania.

Przedstawiony w rozdz. 3 rys historyczny stopniowego zagospodarowania widma fal radiowych tłumaczy wpływy rozwojowe i tradycyjne. Uwydatnia się to, na przykład, w radiokomunikacji morskiej, dla której Tabela przewiduje wciąż wykorzystywanie fal kilometrowych, w praktyce

prawie zupełnie obecnie zaniechane. To samo można powiedzieć o radiokomunikacji lotniczej w zakresie dłuższych fal hektometrowych, wraz z martwą właściwie częstotliwością 333 MHz, która miała odgrywać podobną rolę, jak częstotliwość 500 kHz w służbie morskiej. Na ogół jednak takich obciążeń historycznych obecna Tabela nie zawiera dużo. Podstawowa rola w układzie Tabeli przypada czynnikom technicznym. Spróbujmy to wykazać na przykładach.

Radiokomunikacja stała, poza szczególnymi odpowiednio umotywowanymi przypadkami, ma swoje uzasadnienie ekonomiczne w łączności dalekosiężnej. Stąd wynika potrzeba znalezienia takich zakresów częstotliwości, które pozwalają uzyskać zasięgi światowe. Wymaganiom tym odpowiadają fale długie i fale krótkie. W konsekwencji, dla służby stałej przyznano zakresy częstotliwości na falach myriametrowych i kilometrowych oraz na falach dekametrowych. Sezonowa i dobowa zmienność warunków jonosferycznych powoduje konieczność elastycznego dostosowania się do niej. Stąd wynika potrzeba dysponowania szerokim zakresem częstotliwości. Ponieważ wymagania dalekiego zasięgu występują również w kilku innych służbach, zakres więc fal dekametrowych został podzielony w taki sposób, że każda z tych służb dysponuje kilkoma zakresami częstotliwości na całej szerokości zakresu fal dekametrowych. Widzimy zatem, w jaki sposób własności propagacyjne fal radiowych mogą wpływać na podział widma.

Zakres częstotliwości między 1,6 a 4 MHz jest w dużej mierze wykorzystywany przez służbę morską bliskie-

go zasięgu. Motywuje się to tym, że fale tego zakresu, nieprzydatne już dla radiofonii średniofalowej ze względu na małe zasięgi, a także mało przydatne do łączności dalekosiężnej poprzez jonosferę ze względu na silną absorpcję, doskonale nadają się dla służby morskiej. Po pierwsze, zasięgi na morzu są w tym zakresie znacznie większe, niż na lądzie. Po drugie, anteny pokładowe mogą być krótsze, niż w średniofalowym zakresie X i łatwo jest je instalować na małych jednostkach. Wreszcie częstotliwości nośne są tu już na tyle duże, że względne szerokości pasm rozmównych wypadają małe i nie ma trudności z radiotelefonią. Na małych zaś jednostkach pływających, gdzie zazwyczaj szyper sam jest operatorem, stosowanie telegrafii byłoby wysoce niepraktyczne. Ten ostatni przykład wskazuje na jednoczesne występowanie motywacji propagacyjnej i urządzeniowej.

Innym przykładem może być przeznaczenie kilku zakresów częstotliwości między 2 a 6 MHz dla radiofonii w strefie tropikalnej. W strefie tej zasięgi radiofonii średniofalowej są znacznie ograniczone wysokim poziomem szumów atmosferycznych. W wyżej wymienionym zakresie częstotliwości następuje obniżenie poziomu szumów atmosferycznych, a jednocześnie zakres ten stale mieści się poniżej częstotliwości krytycznej. Stąd, przy zastosowaniu specjalnych anten zenitalnych, wynika możliwość pokrycia emisją programu dość dużego obszaru. Tu znów, jak widzimy, uzasadnienie wyboru zakresu częstotliwości dla danej służby wynika z rozkładu szumów atmosferycznych i warunków propagacji w strefie tropikalnej.

Podobnych przykładów można by mnożyć dużo. W każdym razie, należy to usilnie podkreślić, że Tabela Rozdziału Częstotliwości ma głębokie umotywowanie techniczne i wszelkie niedość przemyślane próby jej modyfikacji mogą mieć wysoce ujemne konsekwencje.

6. ANALIZA AKTUALNEJ SYTUACJI W WIDMIE FAL RADIOWYCH

6.1. Fale myriametrowe i kilometrowe

Genevska Tabela Rozkładu Częstotliwości rozpoczyna się od 10 kHz. Częstotliwości poniżej tej granicy nie mają określonego przeznaczenia. Licząc się jednak z możliwością wykorzystywania ich dla różnych celów specjalnych, zamieszczono w Regulaminie uwagę, stosownie do której nadawania w zakresie poniżej 10 kHz nie mogą powodować szkodliwych zakłóceń w służbach wykorzystujących zakresy powyżej 10 kHz. Częstotliwości rzędu kilku kHz służą m.in. do badań górnych warstw jonosfery i egzosfery za pomocą propagacji fal tzw. sposobem świstowym. Zasadniczo, źródłem świstów są wyładowania atmosferyczne, ale przeprowadzane są również próby ze świstami generowanymi sztucznie.

Zakres fal myriametrowych jest rozdysponowany głównie pomiędzy służbę stałą, radionawigację i służbę morską ruchomą. Ponadto, zakres 10 - 14 kHz, przeznaczony w zasadzie dla radionawigacji, może być też wykorzystany dla radiolokacji jako służby drugorzędnej ważności. Częstotliwość 20 kHz z pasmem ochronnym \pm 50 Hz jest wy-

korzystywana do nadawań wzorcowych i żadne inne emisje w tym pasmie nie są dopuszczone.

W zakresie fal kilometrowych, obok wyżej wymienionych służb, w Rejonie 1 pojawia się jeszcze służba radiodiffuzyjna, a w niektórych krajach tego Rejonu jeszcze służba ruchoma lotnicza i lądowa, jako służby dodatkowe. Częstotliwości wzorcowe i sygnały czasu mogą być nadawane nie tylko na 20 kHz, ale również przez stacje pracujące w zakresie między 14 a 70 kHz, które korzystają wówczas z ochrony przed zakłóceniami. W europejskich krajach socjalistycznych przewidziano dla tych celów częstotliwości 25 i 50 kHz.

Podstawową cechą pozytywną fal długich jest ich doskonała stabilność propagacyjna. Aczkolwiek fale myriametrowe i kilometrowe rozchodzą się na duże odległości sposobem falowodowym między powierzchnią Ziemi a dolnymi warstwami jonosfery, to jednak zaburzenia jonosferyczne zachodzące głównie w obszarze F nie wpływają na propagację fal długich. Dzięki temu stanowią one bardzo pewną rezerwę dla służby stałej w przypadku zaburzeń jonosferycznych. Zadania fal długich nie ograniczają się jednakże bynajmniej do roli rezerwowej. Stacje długofalowe pełnią nadal normalną służbę stałą, a nawet w ostatnich dziesiątkach lat powstały nowe stacje o zasięgu światowym.

Stabilność fal długich predestynuje je również do nadawań częstotliwości wzorcowych; dokuczliwy w zakresie fal dekametrowych efekt Dopplera jest w zakresach długofalowych do pominięcia.

Służba ruchoma morską w zakresie fal długich jest obecnie w zaniku. Poważną niedogodność stanowią duże wymiary anten, co powoduje, że dostatecznie sprawne pokładowe anteny długofalowe można instalować tylko na wielkich jednostkach pływających. Postęp techniki krótkofalowej przesunął stopniowo dalekosiężną łączność między stacjami nadbrzeżnymi a statkami na zakres fal dekametrowych. Warto jednak wiedzieć, że częstotliwość 143 kHz ma status międzynarodowej częstotliwości wywoławczej.

Radiofonia, tzw. długofalowa, wykorzystuje zakres częstotliwości 160-285 kHz jedynie w Europejskim Obszarze Radiofonicznym. Zakres 160-255 kHz jest przeznaczony wyłącznie dla służby radiodifuzyjnej, zaś zakres 255-285 kHz może być użytkowany wspólnie ze służbą ruchomą morską i z radionawigacją lotniczą. W ramach tej ostatniej służby częstotliwości są w zasadzie wykorzystywane przez radiolatarnie lotnicze, ale w praktyce są one nieużyteczne na skutek zakłóceń ze strony stacji radiofonicznych.

Wreszcie, trzeba jeszcze wspomnieć o radionawigacyjnym systemie "Decca" wykorzystującym częstotliwości między 100 a 150 kHz.

6.2. Fale hektometrowe

Z punktu widzenia własności propagacyjnych zakres fal hektometrowych /300-3000 kHz/ długość wyraźnie daje się rozdzielić na dwie części, do których dobrze pasuje tradycyjna nomenklatura. Zgodnie z nią możemy wy-

różnić zakres fal średnich od 300 do 1500 kHz oraz zakres fal pośrednich od 1500 do 3000 kHz.

Po obu stronach granicy fal kilometrowych i hektometrowych znajduje się zakres częstotliwości 285-315 kHz przeznaczony w skali światowej dla radiolaterni morskich. Regulamin przewiduje, że radiolaternie mogą znajdować się na lądzie stałym na statkach zakotwiczonych na stałe. Dopuszczalne jest też instalowanie radiolatern na statkach pływających na ograniczonym i wyraźnie określonym obszarze. Radiolaternie pracują zazwyczaj emisją A0 i A2, nadając w regularnych odstępach czasu swój znak rozpoznawczy. W Rejonie 2 i 3 radiolaternie morskie korzystają z szerszego zakresu częstotliwości, mianowicie 285-325kHz.

Następny zakres od 315 kHz w Rejonie 1, a od 325 kHz w Rejonie 2 do 415 kHz jest zajęty głównie przez służbę radionawigacyjną lotniczą, a na zasadach drugorzędnej ważności może ten zakres użytkować służba lotnicza ruchoma. Wobec rozwoju radiotelefonii w zakresie fal metrowych, zakres średniopasowy w dużej mierze stracił swoje dawne znaczenie dla służby lotniczej ruchomej. Natomiast radiolaternie lotnicze nadal w tym zakresie odgrywają dość ważną rolę. W związku ze znacznym ich zagęszczeniem we właściwym zakresie zdarzają się nawet przypadki pracy na częstotliwościach pozazakresowych, głównie w zakresie służby morskiej, między 415 a 500 kHz.

Częstotliwość 410 kHz została przewidziana dla potrzeb radionawigacji morskiej, jako częstotliwość stosowana do radionamierzenia. Wprawdzie, w zakresie 405-

-415 kHz występują jeszcze inne służby pierwszej ważności; jednak częstotliwości 410 kHz przysługuje specjalna ochrona przed zakłóceniami ze strony tych służb.

Zakresy 415-490 kHz i 520 kHz są przeznaczone dla służby ruchomej morskiej. Jest to tradycyjne, od wczesnego już okresu rozwoju radiokomunikacji używane tzw. pasmo x. Zakres ten jest przewidziany wyłącznie dla telegrafii. Stosuje się tu zarówno emisję A1, jak i A2. Pasma x jest używane zasadniczo przez większe jednostki pływające.

Zakres 490-510 kHz musi pozostawać wolny od jakichkolwiek przydziałów, ponieważ jest on zakresem ochronnym dla częstotliwości 500 kHz. Od wielu dziesiątków lat już używana częstotliwość bezpieczeństwa i wywoławcza dla radiotelegrafii ma specjalne znaczenie. Częstotliwość 500 kHz powinna być stosowana przez stacje okrętowe, samolotowe i stacje środków ratunkowych, wykorzystujące zakresy między 405 a 535 kHz, przy zwracaniu się o pomoc do służb morskich /sygnał SOS/. Jest też używana do przekazywania wiadomości w niebezpieczeństwie oraz do nadawań sygnałów ostrzegawczych TTT, sygnałów ponaglenia XXX i komunikatów naglących. Ponadto, częstotliwość 500 kHz może być używana tylko do wywołania i odpowiedzi na wywołanie. Artykuł 32 Regulaminu zawiera przepisy regulujące w sposób drobiazgowy wykorzystywanie częstotliwości bezpieczeństwa.

Pozostała część zakresu fal średnich jest przeznaczona dla radiofonii. W skali światowej radiofonia wykorzystuje zakres 535-1605 kHz na zasadach wyłączności. W Eu-

ropie radiofonia zaczyna się od 525 kHz, również jako służba użytkująca ten zakres niepodzielnie. W pozostałych dwóch rejonach radiofonia jest tylko dopuszczona do wykorzystywania zakresu 525-535 kHz.

Rozdział kanałów dla radiofonii długofalowej i średniofalowej w Europie był dokonany w 1948 roku na Europejskiej Regionalnej Konferencji Radiofonicznej w Kopenhadze [5]. Jednak, jak dobrze wiadomo, plan ten z różnych względów nie był w następnych latach należycie respektowany, w wyniku czego pracuje obecnie w wielu krajach znaczna liczba stacji pozaplanowych, a ponadto w większości przypadków uległy zwiększeniu mocy nadajników i nastąpiły zmiany lokalizacji przydziałów fal. W rezultacie zasięgi użyteczne stacji zmalały, czego nie może skompensować nawet znaczny wzrost mocy nadajników. To z kolei jest przyczyną budowy nowych radiostacji, w konsekwencji czego sytuacja interferencyjna ulega stalemu pogorszeniu. Od kilku lat w niektórych krajach przejawiają się tendencje do zwołania nowej konferencji rozdziału kanałów dla radiofonii długofalowej i średniofalowej.

W 1966 roku specjalnie zwołana w tym celu do Genewy konferencja krajów afrykańskich, z udziałem zainteresowanych administracji europejskich, dokonała po raz pierwszy rozdziału kanałów radiofonicznych w zakresie fal średnich na obszarze Afryki [6].

Fale pośrednie w zakresie od 1605 kHz do 3000 kHz są, wg Tabeli Rozdziału Częstotliwości, przeznaczone głównie dla służb ruchomych.

Na pierwsze miejsce wysuwa się tu służba ruchoma morską, obejmująca tzw. pasmo y /telegrafia/ i pasmo t /telefonii/. Największe znaczenie ma tu radiotelefonii, ponieważ zakres fal pośrednich jest bardzo dogodny dla małych jednostek rybackich, nie dysponujących operatorem-telegrafistą. Regulamin Radiokomunikacyjny podaje w Art. 7 sposób wykorzystania poszczególnych zakresów w Rejonie 1. Podział ten przewiduje odrębne zakresy dla radiotelegrafii, dla stacji nadbrzeżnych, pokładowych i dla łączności między jednostkami pływającymi. Szczególna rola przypada częstotliwości 2182 kHz, którą Regulamin określa, jako międzynarodową częstotliwość w niebezpieczeństwie dla radiotelefonii. Szczegółowe przepisy dotyczące częstotliwości 2182 kHz, traktujące ją podobnie jak częstotliwość 500 kHz, zawarte są w Art. 35 Regulaminu.

Wykorzystanie fal pośrednich dla służby ruchomej lądowej obecnie zanika w konsekwencji opanowania przez tę służbę dogodniejszych zakresów fal metrowych i decymetrowych.

Kilka zakresów zostało przeznaczonych dla służby stałej. Są one wykorzystywane w radiokomunikacji od punktu do punktu na niezbyt duże odległości, w okresach znacznego obniżenia się częstotliwości krytycznej, a zatem głównie w nocy, w zimie, w okresach słabej aktywności słonecznej.

Dla służby lotniczej przeznaczono tylko jeden zakres znajdujący się na granicy fal hektometrowych i dekametrowych /2850-3025 kHz/. W Strefie Tropikalnej na falach

pośrednich pracują stacje radiofoniczne.

Częstotliwość 2500 kHz, z pasmem ochronnym \pm 2 kHz jest przeznaczona do nadawań wzorcowych.

Z fal hektometrowych korzysta także radionawigacyjny system "Loran", którego praca dozwolona jest czasowo na częstotliwości 1950 kHz /zakres zajmowany 1925-1975 kHz/. W rejonie 2 system Loran ma pierwszeństwo przed innymi służbami.

6.3. Fale dekametrowe

Podstawową cechą fal dekametrowych jest ich zdolność do rozchodzenia się na duże odległości za pośrednictwem jonosfery. Zmienność stanu jonosfery w zależności od pory doby, pory roku i aktywności Słońca narzuca potrzebę dysponowania grupą częstotliwości, rozmieszczonych w znacznej części zakresu fal dekametrowych tak, aby łączność na trasie dalekosiężnej mogła być utrzymywana w każdych warunkach jonosferycznych. Wymaganie to zaciążyło w sposób zasadniczy na systemie podziału fal dekametrowych.

W Tabeli Rozdziału Częstotliwości fale dekametrowe zostały podzielone na dużą liczbę stosunkowo wąskich zakresów, które przyznano poszczególnym służbom w takim układzie, że kilka z tych służb dysponuje co najmniej kilkoma /niektóre służby znacznie większą liczbą/ zakresami rozmieszczonymi w całej dekadzie.

Radiokomunikacja stała otrzymała tu najwięcej, bo aż 34 zakresy, z tym, że 17 zakresów jest przeznaczonych

dla służby stałej do wyłącznego użytkowania we wszystkich trzech rejonach. W tych zakresach koncentruje się prawie cały trafik dalekosiężny. Pozostałe zakresy są współużytkowane przez służbę stałą i inne służby.

Radiokomunikacja morska rozporządza 6 zakresami dla dalekosiężnej łączności stacji nadbrzeżnych z jednostkami pływającymi:

4063 - 4438 kHz	12330 - 13200 kHz
6200 - 6525 kHz	16460 - 17360 kHz
8195 - 8815 kHz	22000 - 22720 kHz.

W każdym z tych zakresów przewiduje się możliwość pracy radiotelegraficznej /tylko emisją A2/ i radiotelefonicznej. Dla każdego rodzaju emisji, a także dla stacji nadbrzeżnych i pokładowych są wydzielone osobne zakresy częstotliwości wewnątrz wyżej podanych zakresów. Ponadto, służbie ruchomej morskiej przyznano zakres 25070-25110 kHz; ale tylko dla stacji okrętowych z emisją A1 i F1.

Dla łączności bliskiego zasięgu używa się jeszcze kilku wąziutkich zakresów pomiędzy 3155 kHz a 3800 kHz; jest to górna część pasma t, przynależnego w swej większej części do zakresu fal hektometrowych.

Służba ruchoma lotnicza dysponuje na falach dekametrowych 23 zakresami. Z tego dla służby ruchomej lotniczej kategorii R, czyli dla łączności stacji naziemnych z samolotami na trasach krajowych lub międzynarodowych lotnictwa cywilnego, przewidziano 9 zakresów wyłącznych w skali światowej. Służba kategorii OR, czyli łączność

z samolotami odbywającymi loty poza trasami, o których była mowa powyżej, korzysta również z 9 zakresów wyłącznych. Pozostałe zakresy służba ruchoma lotnicza dzieli z innymi służbami, w tym niektóre ze służbą lotniczą stałą.

Bardzo duże zagęszczenie emisji od wielu lat obserwuje się w zakresach częstotliwości przeznaczonych dla radiofonii. Krótkofalowe zakresy radiofoniczne są wykorzystywane do nadawania programów dla zagranicy, w których znaczna część treści poświęcona jest aktualnej tematyce politycznej. W związku z tym aspektem służby niektóre kraje zajmują więcej częstotliwości i stosują większe moce nadajników, niż może to być uzasadnione względami technicznymi. W konsekwencji powoduje to wzrost zakłóceń interferencyjnych i dalszą nadmierną rozbudowę bazy nadawczej. Dla radiofonii krótkofalowej przeznaczone są wg Tabeli następujące częstotliwości:

5950 - 6200 kHz	15100 - 15450 kHz
7100 - 7300 kHz /Rejon 1 i 3/	17700 - 17900 kHz
9500 - 9775 kHz	21450 - 21750 kHz
11700 - 11975 kHz	25600 - 26100 kHz.

Wszystkie te zakresy, z wyjątkiem zakresu 7 MHz, który w Ameryce jest przeznaczony dla radioamatorów, pozostawiono radiofonii do wyłącznego wykorzystania w skali światowej. Trudną sytuację w zakresach krótkofalowych, po nieudanych próbach uzgodnienia stałych planów nadawania, usiłuje regulować IFRB na podstawie zgłaszanych przez administracje 4 razy w roku sezonowych planów swo-

ich nadawan. Cała procedura objęta jest przepisami zawartymi w Art. 10 Regulaminu.

Oprócz wyżej podanych zakresów, dla radiofonii przewidziano jeszcze mało korzystny zakres 3950-4000 kHz /wspólny ze służbą stałą oraz 5 zakresów między 3200 kHz a 5060 kHz, tylko dla radiofonii w Strefie Tropikalnej.

Z innych służb profesjonalnych użytkujących fale dekametrowe należy jeszcze wymienić służbę częstotliwości wzorcowych na częstotliwościach 5, 10, 15, 20 i 25 MHz, korzystającą z pasm ochronnych \pm 5 kHz w pierwszych dwóch zakresach i \pm 10 kHz w pozostałych. W pasmach ochronnych 10 i 20 MHz jest dopuszczona również na zasadach służby drugorzędnej ważności służba badań kosmicznych. W krajach socjalistycznych do tego celu przeznaczono ponadto częstotliwości 15762-15768 kHz i 18030-18036 kHz.

W pobliżu górnej granicy fal dekametrowych jeden zakres /27,5-28 MHz/ przewidziany jest dla pomocy meteorologicznych. Zakres ten wykorzystuje się m.in. dla radiosond meteorologicznych. Kilka zakresów częstotliwości, pozostających względem siebie w stosunku harmonicznym, pozostawiono do użytkowania radioamatorom. Są to następujące zakresy:

- 3500 - 3800 kHz (wspólnie ze służbą stałą i ruchomą)
- 7000 - 7100 kHz (w Rejonie 2 do 7300 kHz)
- 14000 - 14350 kHz
- 21000 - 21450 kHz
- 28000 - 29700 kHz.

Ogólne przepisy dotyczące stacji radioamatorskich są zawarte w Art. 41 Regulaminu. Ustalają one zasady wykorzystania zakresów w sposób ramowy. Bardziej szczegółowo sprawy radioamatorów są regulowane w odpowiednich przepisach krajowych poszczególnych administracji.

6.4. Fale metrowe

Zakres częstotliwości 30-300 MHz został opanowany głównie przez służby radiodifuzyjne i ruchome. Służba stała, aczkolwiek ma formalnie przydzielone zakresy częstotliwości na równych prawach ze służbą ruchomą, zajmuje raczej pozycję drugoplanową. Spośród innych służb wyróżniają się jeszcze: radionawigacja lotnicza, służby kosmiczne i służba radioamatorska.

Analizę wykorzystania zakresu fal metrowych rozpoczęliśmy od telewizji. Jak wiadomo, na świecie występuje szereg różnych systemów telewizji monochromatycznej, co znajduje swoje odzwierciedlenie m.in. w zróżnicowaniu szerokości przesyłanego pasma wizyjnego i odstępów częstotliwości nośnej fonii od wizji. Konsekwencją tego zróżnicowania jest niejednakowe wykorzystanie widma dla potrzeb telewizji w różnych krajach. W Polsce obowiązuje standard OIRT, zgodnie z którym szerokość kanału telewizyjnego wynosi 8 MHz, odstęp zaś częstotliwości nośnej fonii od wizji jest równy 6,5 MHz.

W krajach stosujących standard OIRT telewizja wykorzystuje w zasadzie 3 zakresy na falach metrowych, obejmujące łącznie 12 kanałów. Rozmieszczenie zakresów

I, II i III oraz poszczególnych kanałów pokazane jest w tabl. 3.

T a b l i c a 3

Rozmieszczenie kanałów w zakresach telewizyjnych I, II i III

Zakres	Kanał	Częstotliwości MHz
I	1	48,5 - 56,5
	2	58 - 66
II	3	76 - 84
	4	84 - 92
	5	92 - 100
III	6	174 - 182
	7	182 - 190
	8	190 - 198
	9	198 - 206
	10	206 - 214
	11	214 - 222
	12	222 - 230

W krajach Europy zachodniej przeważnie stosuje się standard CCIR, w którym szerokość kanału wynosi 7 MHz, względnie inne standardy, np. we Francji standard 819-
-liniowy wymagający szerokości kanału aż 14 MHz.

Kraje zachodnie mają zatem nieco inne zakresy przeznaczone dla telewizji, mianowicie I zakres od 47 do 68 MHz, i III zakres od 174 do 223 MHz. Natomiast tzw. zakres II, 87,5 - 100 MHz, jest tam wykorzystywany przez radiofonię z modulacją częstotliwości. Z grupy europejskich krajów socjalistycznych wyjątek stanowi NRD, gdzie wykorzystanie zakresów telewizyjnych łącznie z przeznaczeniem II zakresu dla radiofonii jest takie samo jak w krajach zachodnich. Sytuacja ta powoduje utrudnienia dla Administracji PRL, gdyż nakładanie się wzajemne kanałów o różnej szerokości i praca stacji FM w zakresie odpowiadającym naszemu kanałowi 5 wprowadziła znaczne komplikacje do planu polskiej sieci telewizyjnej w I - - III zakresie.

Radiofonia ultrakrótkofalowa z modulacją częstotliwości rozwija się w Polsce i innych europejskich krajach socjalistycznych /z wyj. NRD/ w zakresie 66 - 73 MHz. Zwężenie zakresu przeznaczzonego na ten cel do 7 MHz /zamiast 12,5 MHz, jak to przyjęto w krajach Europy zachodniej i w NRD/ jest w pewnej mierze skompensowane zmniejszeniem szerokości kanału na skutek ograniczenia dewiacji do ± 50 kHz /zamiast ± 75 kHz/, co pozwala na pomieszczenie nieco większej liczby stacji. Dyskusyjne jest jednak zagadnienie jakości sygnału.

W zakresie fal metrowych skoncentrował się głównie światowy rozwój służby ruchomej lądowej. Szczególnie dogodne okazały się zakresy ok. 70-80 MHz i 150-174 MHz. Doświadczenie wykazało, że są to zakresy optymalne, tak ze względu na warunki propagacyjne i zakłóceńowe, jak

i w aspekcie konstrukcji aparatury. Poza tym, służba ruchoma lądowa korzysta z częstotliwości rzędu 40 MHz i 100-108 MHz. Pierwszy z tych zakresów jest mniej chętnie stosowany, gdyż częstotliwości bliskie dolnego krańca zakresu fal metrowych podlegają często zakłóceniom od dalekich stacji, przenoszonym poprzez jonizację sporadyczną oraz warstwy regularne jonosfery w latach wzmożonej aktywności słonecznej. Ponadto niedogodne są w użyciu na stacjach ruchomych stosunkowo duże anteny. Stacje pracujące w zakresie 100-108 MHz są znów często przyczyną zakłóceń w kanałach telewizyjnych od 200 do 216 MHz /druga harmoniczna/.

W Polsce do ogólnego użytku są dopuszczone zakresy 33-35 MHz i 44-46 MHz, zaś z dość znacznymi ograniczeniami - zakresy 150-156 MHz /moce poniżej 5 W/ i 171-172 MHz /moce poniżej 0,5 W/. Punkt ciężkości rozwoju radiokomunikacji ruchomej lądowej został w Polsce przesunięty na zakresy powyżej 300 MHz, przynależne już do fal decymetrowych.

Służba ruchoma morska wykorzystuje częstotliwości pomiędzy 156 a 162 MHz. Zagospodarowanie tego zakresu zostało dokonane w roku 1957 na konferencji w Hadze. Załącznik 18 do Regulaminu Radiokomunikacyjnego podaje rozdział kanałów według ich przeznaczenia, a więc dla służby ruchu portowego, korespondencji publicznej i łączności statek-statek. W Załączniku 19 podane są dane techniczne nadajników i odbiorników używanych w morskiej służbie ruchomej UKF. Częstotliwość 156,8 MHz została wybrana jako częstotliwość wywoławcza i bezpie-

czeństwa. Korzysta ona z pasma ochronnego o szerokości 55 kHz z każdej strony.

Służba ruchoma lotnicza rozwija się głównie w zakresie 118-136 MHz. W związku ze stosowanymi obecnie dużymi wysokościami lotów uzyskuje się na falach metrowych dalekie zasięgi łączności. Jednocześnie zakres ten jest dogodny dla stosowania telefonii, która przy dużych szybkościach lotów zdecydowanie wypiera telegrafię. Wszystko to powoduje wzrost znaczenia zakresu fal metrowych dla łączności radiowej w lotnictwie.

Dla radionawigacji lotniczej wykorzystuje się zakres 108-118 MHz. Ruch radioamatorski intensywnie wykorzystuje zakres 144-146 MHz.

Nadzwyczajna Administracyjna Konferencja Radiokomunikacyjna, poświęcona przeznaczeniu zakresów częstotliwości dla radiokomunikacji kosmicznej w 1963 r., wprowadziła do Regulaminu Radiokomunikacyjnego szereg modyfikacji, m.in. do Tabeli Rozdziału Częstotliwości. Zmiany te m.in. polegały na dopuszczeniu służb kosmicznych do niektórych zakresów, a mianowicie:

30,005	-	30,010	MHz	} badania kosmiczne
136	-	138	MHz	
143,6	-	143,65	MHz	
137	-	138	MHz	satelity meteorologiczne
149,9	-	150,05	MHz	radionawigacja satelitarna
267	-	273	MHz	telemetria kosmiczna.

W zakresie dłuższych fal metrowych występują zjawiska propagacji jonosferycznej przez rozproszenie i przez

odbicia od śladów meteorów. W niektórych krajach dla tych celów wykorzystuje się częstotliwości rzędu 30 - 40 MHz. Formalnie, systemy wykorzystujące rozproszenie jonosferyczne i odbicia od śladów meteorów zaliczają się do służby stałej.

6.5. Fale decymetrowe

Zakresy częstotliwości powyżej 300 MHz są wprawdzie rozdysponowane w dużej mierze, ale nie są jeszcze w pełni wykorzystywane. Dla niektórych służb są to zakresy największych częstotliwości, a co się z tym wiąże - i największych trudności technicznych. Również warunki propagacji fal są w zakresie fal decymetrowych niezbyt łatwe, gdyż silnie zaznaczają się tu wpływy terenowe i meteorologiczne. Dla większości służb, dla których przewidziano wykorzystanie fal decymetrowych, jest to zakres rozwojowy, pomimo, że znacznie większe częstotliwości są już też dzisiaj użytkowane.

W zakresie fal decymetrowych leży przyszłość telewizji. Już obecnie w szeregu krajów zaawansowanych technicznie, a w USA nawet od kilkunastu lat, pracuje spora liczba stacji telewizyjnych w IV/V zakresie telewizji, zajmującym wg Tabeli Częstotliwości od 470 MHz do 960 MHz. Tak szeroki zakres nie jest na ogół wykorzystywany. W Polsce przewiduje się na razie wykorzystanie IV/V zakresu do 622 MHz, aczkolwiek rozdział kanałów został dokonany jeszcze i powyżej tej granicy. W Europejskim Obszarze Radiodifuzyjnym plan rozdziału kanałów dla IV/V

zakresu został opracowany i uzgodniony na konferencji w Sztokholmie, w roku 1961 [7] poprzedzonej zebraniem ekspertów V, X i XI Komisji Studiów CCIR w Cannes, w tym samym roku, gdzie zostały ustalone podstawy techniczne planu. Plan sztokholmski został opracowany z uwzględnieniem zabezpieczenia odpowiednich warunków sieciowych dla telewizji kolorowej.

Służba ruchoma lądowa w USA i w krajach Europy Zachodniej wchodzi na zakres 450-470 MHz. Natomiast w krajach socjalistycznych, a w ich liczbie i w Polsce, zostały dla tego celu przewidziane zakresy 300-308 MHz i 336-344 MHz. W Czechosłowacji ostatnio nastąpiła zmiana na zakres 300-320 MHz. Jak już wspomniano uprzednio, zakresy 300 MHz są w Polsce przewidziane jako główne zakresy rozwojowe dla służby ruchomej lądowej. Obecnie są w naszym kraju prowadzone intensywne prace naukowo-badawcze mające na celu optymalne wykorzystanie tych stosunkowo skromnych w zestawieniu z zapotrzebowaniem, możliwości częstotliwościowych.

Linie radiowe wykorzystują głównie górną część zakresu fal decymetrowych, która swymi własnościami fizycznymi zbliża się już do fal centymetrowych. Formalnie, służba stała, do której zaliczają się linie radiowe, jest przewidziana w zakresach częstotliwości poniżej i powyżej IV/V zakresu telewizyjnego w sposób prawie ciągły z niewielkimi tylko przerwami. W praktyce, linie radiowe pracują głównie w zakresach ok. 1 i 2 MHz.

Barszo szeroko została uwzględniona w zakresie fal decymetrowych radionawigacja, zaś kraje NATO prefero-

wały w wielu zakresach również radiolokację, przynajmniej jako służbę drugorzędnej ważności.

Służby kosmiczne zyskały znaczne przydziały na wspomnianej uprzednio konferencji w 1963 r. A więc widzimy w Tabeli radionawigację satelitarną i satelity meteorologiczne w okolicy 400 MHz, oraz 460-470 MHz, ok. 1670 MHz, 1690-1700 MHz i 1770-1790 MHz.

Dalej, badania kosmiczne przewiduje się w zakresach ok. 400 MHz i 1700-1710 MHz. Wreszcie, w paru miejscach Tabeli figuruje telemetria kosmiczna i telesterowanie.

Radioamatorzy dysponują popularnym zakresem 430 - 440 MHz oraz mniej wykorzystywanymi 1215-1300 MHz i 2300-2450 MHz. Trzeba zaznaczyć, że te dwa ostatnie zakresy są dla radioamatorów dozwolone jedynie na zasadach służby drugorzędnej ważności.

6.6. Fale centymetrowe i milimetrowe

W zakresie fal centymetrowych daje się zauważyć intensywne już obecnie wykorzystywanie częstotliwości do ok. 10-12 MHz. Pozostała część zakresu fal centymetrowych oraz podlegająca regulaminowemu podziałowi dolna część zakresu fal milimetrowych /30-40 MHz/ mają swoje przeznaczenie, ale zagospodarowane są jeszcze w stosunkowo małym stopniu.

Na czoło służb radiokomunikacyjnych wykorzystujących zakres fal centymetrowych wysuwają się linie radiowe. Ogólnie, pracują one w zakresach 3, 4, 6, 7, 8 i 11 MHz. Magistralne linie radiowe wykorzystują zakresy niższych

częstotliwości, głównie zakres 3800-4200 MHz w krajach zachodnich i 3400-3800 MHz w krajach socjalistycznych. Na krótszych falach centymetrowych stosuje się przenośne linie radiowe małego zasięgu. Wykorzystanie tych fal jest utrudnione przez zjawisko absorpcji atmosferycznej powodowanej przez opady, mgłę i kurz, co wpływa na zmniejszenie zasięgów.

Zagadnienie wykorzystania częstotliwości przez linie radiowe ma powiązania z przeznaczeniem odpowiednich zakresów częstotliwości dla służby satelitarnej komunikacyjnej. Problem ten był wysoce kontrowersyjny przy rozważaniu go podczas Nadzwyczajnej Konferencji Administracyjnej w 1963 r. Ostatecznie, wyznaczono dla satelitów komunikacyjnych zakresy 3400-4200 MHz /jest to zakres pokrywający się z zakresami dla linii radiowych zarówno w krajach socjalistycznych, jak i zachodnich/, 4400 - 4700 MHz, 5725 - 6425 MHz, 7250 - 7750 MHz oraz 7900 - 8025 MHz. Część powyższych zakresów jest przeznaczona do nadawań z Ziemi w kierunku satelitów, a druga część do nadawań w kierunku odwrotnym.

Służby kosmiczne rozporządzają jeszcze następującymi zakresami częstotliwości na falach centymetrowych i milimetrycznych w Rejonie 1:

5250 - 5255 MHz	- badania kosmiczne
5670 - 5725 MHz	- badania głębokiego kosmosu
8400 - 8500 MHz	- badania kosmiczne
9975 - 10025 MHz	- radar meteorologiczny na satelitach meteorologicznych

14,3 - 14,4 GHz	}	- radionawigacja satelitarna
15,25 - 15,35 GHz		
31 - 31,3 GHz	}	- badania kosmiczne
31,5 - 32,3 GHz		
34,2 - 35,2 GHz		

Z fal centymetrowych i milimetrycznych szeroko korzystają wszelkiego rodzaju urządzenia radionawigacyjne i radiolokacyjne. Radionawigacja morska dysponuje zakresem 5470-5650 MHz. Znaczną część widna zajmuje radionawigacja lotnicza, dla której przeznaczono zakresy na 4, 5, 8, 9, 13 i 15 GHz. Ponadto jest 5 zakresów między 5 a 33 GHz przewidzianych ogólnie dla radionawigacji. Jeszcze większe możliwości, nie bez sprzeciwu ze strony niektórych administracji, uzyskała radiolokacja, która w zakresie fal centymetrowych dysponuje w Rejonie 1 łączną szerokością widna 6760 MHz w 17 zakresach.

Szereg zakresów gigahercowych przewidziano dla służby stałej i ruchomej, bez bliższego sprecyzowania ich przeznaczenia. Wreszcie, podobnie jak i w innych częściach widna, trzy zakresy częstotliwości na 5, 10 i 21 GHz przewidziano dla służby amatorskiej.

Częstotliwości powyżej 40 GHz też już bynajmniej nie leżą odłogiem. Wykorzystanie ich jednak ma wciąż jeszcze charakter eksperymentalny.

6.7. Wykorzystanie widma fal radiowych dla innych celów

Przy analizowaniu poszczególnych zakresów częstotliwości, zajmowaliśmy się wykorzystaniem fal radiowych tylko dla celów łącznościowych, wliczając w to radiolokację, będącą swego rodzaju łącznością bierną. Należy jeszcze wspomnieć o dwóch, niewymienionych dotąd zastosowaniach fal radiowych.

Jednym z nich jest radioastronomia. Istnieje wprawdzie radioastronomia aktywna, zbliżona nieco do radiolokacji, polegająca na wysyłaniu wiązki fal w kierunku badanego obiektu w celu uzyskania ich odbicia. W znacznie większym stopniu, jednak, radioastronomia ma charakter bierny i zajmuje się badaniem sygnałów przychodzących z kosmosu. W Tabeli Rozdziału Częstotliwości znajdujemy pewną liczbę zakresów przeznaczonych dla radioastronomii, głównie na krótszych falach decymetrowych i centymetrowych. Sens wydzielenia zakresów dla radioastronomii polega na tym, że warunkiem powodzenia badań radioastronomicznych jest zapewnienie bardzo dobrej ochrony przed zakłóceniami.

Z innym, odmiennym od łącznościowego, wykorzystaniem fal radiowych mamy do czynienia w przypadku urządzeń przemysłowych i medycznych w.c.z. Chodzi tu o wszelkiego rodzaju zgrzewarki, piece indukcyjne, a także diatermie i inne urządzenia, które generują prądy w.c.z., ale nie w celu promieniowania energii. Ponieważ jednak nie da

się w pełni uniknąć niepożądanego promieniowania z obwodów w.cz., mogącego w małych odległościach lub poprzez sieć oświetleniową powodować zakłócenia odbioru radiowego, konieczne jest skoncentrowanie tych urządzeń na specjalnie wydzielonych w tym celu częstotliwościach. W Tabeli przewidziano szereg częstotliwości, m.in. najczęściej używane 13560 kHz, 27120 kHz i 40,68 MHz, dla celów przemysłowych, naukowych i medycznych. Urządzenia pracujące na tych częstotliwościach powinny utrzymać stałość w granicach tolerancji określonej w Tabeli. Tolerancja ta, wynosząca dla pierwszego i trzeciego z ww. zakresów $\pm 0,05\%$ (dla 27 MHz $\pm 0,6\%$), jest trudna do utrzymania i przeskody, których doznają służby pracujące w pobliżu, są jednym z poważnych problemów walki z zakłóceniami.

7. PODSTAWY TECHNICZNE I METODY SZCZEGÓŁOWEJ Koordynacji Wykorzystania Częstotliwości

7.1. Kryteria techniczne rozdziału częstotliwości

Każdy przydział częstotliwości dokonywany jest dla określonych warunków, które z jednej strony powinny w możliwie maksymalnym stopniu zaspokajać potrzeby użytkownika, z drugiej zaś strony muszą odpowiadać wymaganiom administracyjnym, wynikającym z racjonalnej gospodarki falowej. Konieczne jest zatem zawsze określenie lokalizacji stacji stałej lub rejonu, w którym porusza się stacja ruchoma, następnie mocy wyjściowej nadajnika, zysku energetycznego anteny względnie jej wysokości wznie-

sienia, rodzaju emisji i innych danych, które mogą być istotne ze względu na potencjalną możliwość powodowania zakłóceń interferencyjnych. Oczywiście, każde urządzenie nadawcze lub nadawczo-odbiorcze powinno spełniać, wynikające bądź z Regulaminu Radiokomunikacyjnego, bądź z bardziej szczegółowych przepisów wewnętrznych, wymagania techniczne dotyczące np. tolerancji częstotliwości, promieniowań niepożądanych i inne.

Aby móc określić w planie częstotliwościowym lub w indywidualnym zezwoleniu warunki techniczne przydziału częstotliwości, należy ustalić wartości parametrów sieciowych w oparciu o obliczenia. W tym celu trzeba określić dla danej służby i zakresu częstotliwości wartość chronionego natężenia pola sygnału użytecznego oraz wartość współczynnika ochronnego, czyli minimalny dopuszczalny stosunek poziomu natężenia pola sygnału użytecznego do poziomu natężenia pola sygnału zakłócającego. Ponadto, w wielu przypadkach zachodzi potrzeba określenia dodatkowych warunków zabezpieczenia sygnału użytecznego przed zakłóceniami, na przykład, w jakim procencie czasu i miejsc na krańcach zasięgu stacji nadawczej ma być zachowana żądana wartość współczynnika ochronnego.

Wszystkie obliczenia związane z rozdziałem i koordynacją wykorzystania częstotliwości wykonuje się w oparciu o odpowiednie dla danego zakresu częstotliwości i danych warunków krzywe propagacji. W zakresach częstotliwości, w których wpływ środowiska jest przyczyną rozrzutu wartości natężenia pola w czasie lub w przestrzeni, należy stosować statystyczne krzywe propagacji, o

ile takie dla danych warunków istnieją. Jeżeli zachodzi potrzeba wykonania obliczeń propagacyjnych dla warunków specjalnych, np. dla terenów górzystych, lub dla warunków klimatycznych odbiegających od przeciętnych, dla których zostały sporządzone podstawowe krzywe propagacji, to do tych ostatnich stosuje się odpowiednie współczynniki korekcyjne. Obliczenia propagacyjne w zakresie fal dekametrowych, ze względu na znaczną zależność warunków propagacji od pory doby, pory roku, aktywności słonecznej i położenia geograficznego krańcowych punktów łącza, wymagają posługiwania się atlasami krzywych propagacji lub w braku ich - dość skomplikowanymi na ogół metodami obliczeniowymi.

Jeżeli dokonanie przydziału częstotliwości może być poprzedzone praktycznymi próbami, to takie postępowanie jest jak najbardziej godne polecenia. Trzeba tylko pamiętać, że jeśli poziom sygnału z natury rzeczy podlega zmianom w funkcji czasu, to należy zachować ostrożność w interpretacji wyników takich pomiarów, które ze względów obiektywnych normalnie są krótkotrwałe lub wręcz jednorazowe.

7.2. Materiały podstawowe

Najbardziej miarodajnym źródłem technicznych materiałów podstawowych do rozdziału częstotliwości, a szczególnie do międzynarodowej koordynacji wykorzystania fal radiowych, są wyniki prac CCIR. Skończoną formą wyników pracy CCIR nad określonym zagadnieniem jest

z a l e c e n i e . Jeżeli prace nad zagadnieniem jeszcze nie dojrzały do wydania zalecenia, to dotychczasowe wyniki podsumowuje się w formie s p r a w o - z d a n i a . Te ostatnie są nie mniej cenne od zaleceń, gdyż obrazują aktualny stan osiągnięć światowych na odcinku danego zagadnienia.

Podstawowe znaczenie dla gospodarki falowej mają prace V i VI Komisji Studiów CCIR w dziedzinie propagacji fal [8]. Najważniejsze dokumenty tych komisji są to zalecenia zawierające krzywe propagacji.

Zalecenie 368 pt. "Krzywe propagacji fali przyziemnej dla częstotliwości poniżej 10 MHz" obejmuje 5 rodzin krzywych w zasięgu od 1 do 10000 km, w zakresie częstotliwości od 10 kHz do 10 MHz. Ww. rodziny krzywych są sporządzone dla 4 wartości skutecznej przewodności elektrycznej ziemi: 1, 3, 10 i $30 \frac{mS}{m}$ oraz dla morsa - $4000 \frac{mS}{m}$. Krzywe zostały opracowane na bazie teoretycznej.

Zalecenie nr 435 pt. "Krzywe propagacji fali jonosferycznej od 300 do 3500 km, w zakresie częstotliwości od 150 do 1500 kHz dla Europejskiego Obszaru Radiodiffuzyjnego, wraz ze wskazanymi w nim fragmentami Sprawozdania nr 264-1, stanowi podstawę do obliczeń natężenia pola fali jonosferycznej w zakresach użytkowanych przez radiofonię krótkofalową. Krzywe zostały opracowane na bazie wyników uzyskanych podczas kilkunastoletniej kampanii pomiarowej, prowadzonej przez UER^{1/} z udziałem OIRT^{2/}.

1/ Union Européenne de Radiodiffusion.

2/ Organisation Internationale de Radiodiffusion et Télévision.

Zalecenie nr 370-1 pt. "Krzywe propagacji fal metro-
wych i decymetrowych dla zakresu częstotliwości od
30 MHz do 1000 MHz" zostało opracowane na bazie wyni-
ków badań statystycznych. Zalecenie obejmuje rodziny
podstawowych krzywych dla dwóch zakresów częstotliwo-
ści: 30-250 MHz i 450-1000 MHz, dla odległości od 10
do 1000 km, zarówno dla lądu, jak i dla morza. W celu
obliczenia natężenia pola sygnałów zakłócających są po-
dane krzywe $F(50,10)$ i $F(50,1)$, tzn. wartości pola
przekraczanych w ciągu 10% i 1% czasu. W zaleceniu po-
dane są również krzywe rozrzutu przestrzennego warto-
ści natężenia pola oraz metody obliczeń skutecznej wy-
sokości wzniesienia anteny, tłumienia faliw terenie
nierównym i wpływu odmiennego klimatu.

Podstawowe znaczenie dla problematyki koordynacji
częstotliwości mają trzy inne zalecenia, opracowane
przez III Komisję Studiów CCIR [9]. Znajdują one sze-
rokie zastosowanie w zakresach częstotliwości poniżej
30 MHz.

Zalecenie nr 240 pt. "Stosunek ochronny sygnał/zak-
łócenie" zawiera tablicę współczynników ochronnych
przy wzajemnych zakłóceniach różnych rodzajów emisji
i systemów radiokomunikacyjnych. Tablica nie jest je-
szcze pełna, gdyż nie wszystkie przypadki zostały zba-
dane.

Zalecenie nr 339-1 pt. "Szerokości pasm i stosunki
sygnał/zakłócenie w całym torze komunikacyjnym" poda-
je odpowiednie wartości dla telegrafii A1, A2 i F1,
dla fototelegrafii oraz dla telefonii dwuwstęgowej i

i jednowstęgowej. Z powyższym zaleceniem blisko kojarzy się Zalecenie nr 340 pt. "Dodatkowe odstępy na zaniki dla różnych rodzajów emisji". W zaleceniu tym podane są wartości w decybelach dodatkowych odstępów sygnału od zakłóceń, jakie należy stosować w przypadku zmiennych w czasie poziomów sygnałów, dla tych samych rodzajów emisji, dla których określono współczynniki ochronne w Zaleceniu nr 339-1.

Ważne z punktu widzenia problematyki planowania sieci służby radiodifuzyjnej są niektóre zalecenia Komisji Studiów X i XI [10]. Wymienimy tu następujące dokumenty:

- Zalecenie nr 412 pt. "Normy dla radiofonii z modulacją częstotliwości na falach metrowych",
- Zalecenie nr 413 pt. "Przedstawienie wyników subiektywnych pomiarów współczynników ochronnych dla radiofonii z modulacją amplitudy",
- Zalecenie nr 417 pt. "Minimalne wartości natężenia pola, dla których są określane współczynniki ochronne, konieczne przy opracowywaniu planów sieci telewizyjnych",
- Zalecenie nr 418 pt. "Stosunek sygnału pożądanego do zakłócającego w telewizji monochromatycznej",
- Zalecenie nr 419 pt. "Kierunkowość anten odbiorczych w radiofonii i telewizji".

Komisja Studiów IX [11], zajmująca się problematyką linii radiowych, opracowała szereg zaleceń na temat rozmieszczenia kanałów w.cz. w pasmie linii radiowych dla

telewizji i dla telefonii o różnych pojemnościach (60, 120, 600, 960, 1800 i 2700 kanałów telewizyjnych), pracujących w zakresach 2, 4, 6, 7, 8 i 11 GHz. Są to Zalecenia nr nr 279, 281, 283, 382, 383, 384, 385, 386, 387 i 389. Zalecenie nr 388 dotyczy rozmieszczenia kanałów w liniach pozahoryzontowych.

Zagadnienia doboru częstotliwości dla służb kosmicznych są jeszcze dosyć świeżej daty. IV Komisja Studiów CCIR [11], obejmująca problematykę łączności kosmicznej, wypracowała dotąd jedno Zalecenie nr 259 pt. "Wybór częstotliwości dla łączności z satelitami Ziemi i pomiędzy nimi oraz z innymi pojazdami kosmicznymi".

Powyżej zostały wymienione te dokumenty CCIR, które bezpośrednio są związane z problematyką koordynacji wykorzystania częstotliwości. Cały szereg innych dokumentów wiąże się z tą problematyką w sposób pośredni. Obejmują one różne zagadnienia propagacyjne, systemowe i urzędzeniowe, które mają znaczenie dla pogłębienia znajomości problematyki i przygotowania w ten sposób gruntu do uściślenia podstaw planowania sieci radiokomunikacyjnych i gospodarki falowej.

Na wynikach prac CCIR w dużej mierze oparte są normy IFRB, które służą jako zbiór podstaw technicznych do sprawdzania, czy zgłaszane przydziały częstotliwości nie spowodują zakłóceń interferencyjnych. Szczególne znaczenie ma tu Norma A [12]. Na jej podstawie można określić minimalne natężenie pola sygnału użytecznego w obecności szumów atmosferycznych i galaktycznych. Podane są również w formie tabelarycznej wartości natężenia

pola w funkcji odległości dla zakresów fal myriametro-
 wych, kilometrowych i hektometrowych. Obliczenia propa-
 gacyjne dla zakresu fal dekametrowych można wykonać, po-
 sługując się Normami B i C [13,14,15]. W Normie A poda-
 ne są również wartości współczynników ochronnych dla
 różnych służb i rodzajów emisji, współczynniki dyskrymi-
 nacji sygnału użytecznego w obwodzie wejściowym odbior-
 nika i typowe zyski energetyczne anten kierunkowych w
 sektorze głównego listka charakterystyki promieniowania
 oraz w sektorach listków bocznych i wstecznych.

Cała treść Normy A dotyczy zakresu częstotliwości po-
 niżej 28 MHz. Norma A jest materiałem bardzo cennym i
 przydatnym w gospodarce falowej, a także w projektowa-
 niu tras łączności radiowej. Nie należy jednak ustosun-
 kowywać się do niej bezkrytycznie. Trzeba pamiętać o do-
 konanych tu uproszczeniach i umownym traktowaniu wielu
 zagadnień. Dlatego przy obliczaniu relacji należy posłu-
 giwać się Normą A z należytą ostrożnością i brać pod u-
 wagę konkretne warunki, dla których te obliczenia się
 wykonuje, a nie trzymać się sztywno podanych w Normie
 standardowych wartości.

Cenny wkład do problematyki planowania sieci telewi-
 zyjnych wniosły międzynarodowe organizacje radiodyfu-
 zyjne: OIRT i UER. W OIRT opracowane zostały metodyki
 planowania sieci stacji telewizyjnych dla zakresów I -
 - III i IV/V [16], a także metodyka planowania sieci
 przemienników telewizyjnych w I - III zakresie [17].
 Warto podkreślić, że ten ostatni temat został zainicjo-
 wany i w pełni opracowany przez grupę fachowców pol-

skich. UER, opierając się głównie na pracach zachodnio-niemieckich 18-22 , przygotowała systematyczną metodę planowania sieci telewizyjnych, która znalazła zastosowanie przy konstrukcji tzw. Planu Sztokholmskiego europejskiej sieci telewizyjnej w IV/V zakresie.

W ostatnich latach na uwagę zasługują prace nad metodyką planowania sieci radiokomunikacji ruchomej lądowej. Prace te zostały podjęte w kilku krajach, m.in. w PRL, CSRS i NRD oraz w NRF. Polska ma już w swoim dorobku kilka poważniejszych pozycji z tej dziedziny 23-26 .

Dokonany przegląd materiałów podstawowych nie wyczerpuje oczywiście ani całokształtu problematyki, ani tym bardziej całej bibliografii z tej dziedziny. Wskazano tylko źródła najważniejsze i najwięcej wykorzystywane. Wiele materiału podstawowego kryje się jeszcze w dokumentach konferencyjnych i w literaturze technicznej.

7.3. Metody koordynacji wykorzystania częstotliwości

Jak już wspomniano uprzednio, przydziały częstotliwości są dokonywane na podstawie wyników analizy technicznej, która ma na celu: 1/ sprawdzenie, czy proponowane przez użytkownika techniczne warunki wykorzystania żądanej częstotliwości zadość uczynią jego rzeczywistym potrzebom, 2/ sprawdzenie możliwości wywołania zakłóceń interferencyjnych w odbiorze stacji, które już poprzednio otrzymały przydziały częstotliwości lub też z ja-

kichkolwiek innych względów korzystają z prawa do ochrony przed zakłóceniami.

Sprawdzenie celowości dokonania przydziału polega na teoretycznym obliczeniu spodziewanego efektu odbiorczego. Oblicza się zatem natężenie pola w miejscu względnie w rejonie odbioru lub w razie potrzeby uzyskania ciągłego przestrzennie pokrycia - na krańcach wymaganego zasięgu radiostacji. Obliczenia wykonuje się przy założeniu mocy wyjściowej nadajnika, zysku anteny, ew. wysokości zawieszenia /wzniesienia/ anteny, rodzaju emisji i innych danych postulowanych przez użytkownika. Trzeba, oczywiście, wziąć pod uwagę zmienność w czasie warunków propagacyjnych i zakłóceń pochodzenia naturalnego. W zakresie fal dekametrowych często występuje żądanie przydziału asortymentu częstotliwości zabezpieczających łączność przez całą dobę, we wszystkich porach roku i w ciągu pełnego cyklu aktywności słonecznej. Wówczas obliczenia powinny w zasadzie być przeprowadzone dla całej doby (co 2 godz.), dla quasi-ekstremalnych warunków propagacyjnych, tj. dla grudnia i czerwca, dla minimalnej i maksymalnej wartości liczby Wolfa /np. 0 i 150/. W zakres obliczeń sprawdzających wchodzi określenie maksymalnych częstotliwości użytecznych (MUF) i przewidywanego natężenia pola na proponowanych, odpowiednio dla danej pory dobranych, częstotliwościach roboczych.

W celu sprawdzenia możliwości występowania zakłóceń interferencyjnych należy obliczyć natężenie pola zakłócającego w miejscach lub rejonach odbioru względnie na

krańcach zasięgów stacji, których emisje mogą być zagrożone. Następnie, trzeba dla każdego przypadku wątpliwego określić odstęp w decybelach między poziomem natężenia pola zakłócającego i otrzymany wynik porównać z wartością współczynnika ochronnego, odpowiednią dla danej służby, rodzaju emisji i innych założonych warunków. Sprawdzenie możliwości wystąpienia zakłóceń interferencyjnych powinno być wykonane w obie strony, tzn. zarówno z punktu widzenia ochrony emisji zagrożonych przez dany przydział, jak i z punktu widzenia interesów użytkownika zgłaszającego wniosek o przydział częstotliwości.

Obliczenia propagacyjne związane z procedurą rozdziału kanałów częstotliwościowych nie są bynajmniej tak proste, jakby to mogło się wydawać na podstawie powyższego krótkiego opisu. Zwłaszcza obliczanie zakłóceń interferencyjnych, jeśli ma pretendować do ścisłości, na jaką pozwala dzisiejszy stan wiedzy w tej dziedzinie, jest w niektórych przypadkach zagadnieniem dość skomplikowanym. Rozróżnia się tzw. metody klasyczne obliczeń i metody statystyczne.

W metodach klasycznych rozpatruje się sygnały w taki sposób, jak gdyby poziom ich był ustalony w danym okresie czasu i w danym obszarze przestrzennym. Z reguły przy tym rozważa się zakłócenia wzajemne pomiędzy dwiema radiostacjami, niezależnie od ich liczby rzeczywiście pracujących. Takie obliczenia są stosunkowo proste, ale i odpowiednio mało dokładne. Metody klasyczne są jednak dość często stosowane, zwłaszcza w praktyce administra-

cyjnej, gdyż po pierwsze dają wstępną orientację w sytuacji, a po drugie dlatego, że dokładniejsze metody są bardziej pracochłonne. Trzeba też nadmienić, że metody statystyczne zostały dotychczas opracowane tylko dla niektórych służb i to jedynie w zakresach fal metrowych i decymetrowych.

Metody statystyczne, jak sama nazwa wskazuje, opierają się na zasadach statystyki matematycznej, której rola w technice jest obecnie ogromna. Istotą rzeczy jest tu operowanie wielkościami statystycznymi natężenia pola. Zamiast przyjmować założenie stałości poziomu sygnału w czasie i w przestrzeni, jak to się czyni w metodach klasycznych, uwzględnia się zmienność poziomu sygnału czasową i przestrzenną podlegającą określonym prawom statystycznym. Jednocześnie pozwalają one na określanie zasięgu radiostacji przy zakłóceniach interferencyjnych pochodzących od wielu równocześnie czynnych nadajników. Na razie znane są metody statystyczne mające zastosowanie w obliczeniach sieci telewizyjnych i ultrakrótkofalowych radiofonicznych. Najszersze zastosowanie znalazła tzw. uproszczona metoda mnożenia prawdopodobieństw. Czynione są również próby adaptacji tej metody do potrzeb służby ruchomej lądowej. Prace nad tym zagadnieniem są prowadzone m.in. w Polsce [24].

Indywidualna koordynacja wykorzystania częstotliwości, oparta na prawidłowych zasadach technicznych, jest, jak widać, nie tylko bardzo pracochłonna, ale i niełatwa. Komórki administracyjne zajmujące się gospodarką falową zmuszone byłyby zatrudniać dla tych celów spore

zespoły specjalistów. Ponadto efektywność wykorzystania widma fal przy tego rodzaju gospodarce jest znacznie mniejsza od tej, jaką można osiągnąć stosując nowoczesne wyższe formy gospodarki falowej. W miarę możliwości powinny być zatem dla poszczególnych służb i zakresów częstotliwości opracowywane perspektywiczne plany wykorzystania częstotliwości i plany przestrzennego ich rozdziału, a nawet plany sieci z określeniem przewidywanych zasięgów i obszarów pokrycia radiostacji. Takie plany mogą być sporządzane w skali krajowej i międzynarodowej. Prawidłowa kolejność procedury jest taka, że najpierw administracja opracowuje wstępny plan rozdziału częstotliwości dla danej służby i danego zakresu (lub zakresów) według swoich potrzeb, a następnie, na podstawie zapotrzebowań zgłoszonych przez poszczególne zainteresowane administracje i wynikających z ww. wstępnych planów krajowych, przeprowadza się uzgodnienia międzynarodowe na specjalnie w tym celu zwołanej konferencji. Rezultatem takiej konferencji jest plan rozdziału kanałów częstotliwościowych. Może być to plan światowy, regionalny lub plan obejmujący tylko rejony przygraniczne sąsiadujących ze sobą krajów, zależnie od służby i zakresu częstotliwości będących przedmiotem uzgodnień. Po zakończeniu uzgodnień międzynarodowych administracja powinna ponownie opracować wynikowy już teraz plan sieci z uwzględnieniem wszystkich potencjalnych zakłóceń. lub przynajmniej wykonać dokładne sprawdzające obliczenia efektywności uzyskanych przydziałów częstotliwości.

Koordinacja wykorzystania częstotliwości nie zawsze dotyczy jednej i tej samej służby. Regulamin Radiokomunikacyjny przewiduje przypadki wykorzystywania zakresów przez różne służby, o czym była mowa w rozdz. 4.2. Zdarzają się również odchylenia od regulaminowego wykorzystania pewnych zakresów częstotliwości. Jako przykład może służyć, z trudem uzgodniona na Administracyjnej Konferencji Radiokomunikacyjnej w 1959 r., sprawa odrębnego przeznaczenia w krajach socjalistycznych zakresów 68-73 MHz i 76-87,5 MHz. Warunkiem tego uzgodnienia było wówczas dokonanie szczegółowej koordynacji wykorzystania tych zakresów, które, jak wiadomo, są przeznaczone w krajach socjalistycznych Europy wschodniej (z wyj. NRD) dla radiofonii UKF FM i dla telewizji, a w krajach zachodnich dla służby ruchomej lądowej. Powyższa koordynacja wymagała przygotowania specjalnych podstaw technicznych. Podobna sytuacja występuje w tych samych zakresach pomiędzy PRL a NRD, a także w 3 kanale telewizyjnym /76-84 MHz/ między Polską a Czechosłowacją, w której ten kanał został przeznaczony dla radiokomunikacji ruchomej lądowej.

8. TENDENCJE I PERSPEKTYWY PRZYSZŁOŚCIOWE W WYKORZYSTANIU WIDMA FAL RADIOWYCH

8.1. Naturalne możliwości i ograniczenia

Widmo fal radiowych użytkuje się w przestrzeni, w czasie oraz w wymiarze częstotliwościowym. Pole elektromagnetyczne, wytworzone przez radiostację w określonym

punkcie przestrzeni trójwymiarowej i w określonej chwili, pozwala odebrać informację przesłaną na określonej częstotliwości nośnej. Odbiór innej informacji bez zakłóceń jest możliwy: 1/ w tej samej chwili i na tej samej częstotliwości, ale w innym, dostatecznie odległym punkcie przestrzeni, 2/ w tym samym punkcie przestrzeni i na tej samej częstotliwości, ale w innym czasie, tj. wtedy, gdy nie pracuje stacja nadająca poprzednią informację, 3/ w tym samym punkcie i w tej samej chwili ale na innej dostatecznie odstrojonej częstotliwości. Jak widać, skalę częstotliwościową widma można traktować podobnie, jak skalę odległościową, za pomocą której określa się w trzech wymiarach położenie punktu w przestrzeni względem układu odniesienia, lub jak skalę czasową, która służy do określenia momentu czasowego. Widmo częstotliwości ma zatem cechy jak gdyby piątego wymiaru, obok trzech wymiarów przestrzeni i czasu jako czwartego wymiaru. Rozdziału kanałów częstotliwościowych dokonuje się także w tych wymiarach. Tak samo, jednak, w tych wymiarach istnieją ograniczenia, które powodują, że liczba przydziałów częstotliwości, uwarunkowana bezinterferencyjną pracą służb radiokomunikacyjnych, nie może wzrastać nieskończenie.

Dążenie do zwiększenia efektywności wykorzystania widma fal radiowych w przestrzeni wyraża się przez wielokrotne przydzielanie tych samych częstotliwości w różnych rejonach kraju, kontynentu lub świata. Możliwości przestrzennego powtarzania tych samych kanałów często-

tliwościowych są oczywiście bardzo zróżnicowane w zależności od własności propagacyjnych danego zakresu, mocy promieniowanych, rodzaju służby i emisji, możliwości stosowania anten kierunkowych itp. innych czynników. Sprawa ograniczenia wykorzystania fal radiowych w przestrzeni nie jest obecnie tak prosta, jak była jeszcze kilkanaście lat temu. Dawniej zasięg działania służb radiokomunikacyjnych ograniczał się do obszaru Ziemi. Teraz, gdy bezpośrednie badania głębokiego kosmosu sięgają nawet planet sąsiadujących z Ziemią, obszar przestrzenny, w którym pracują radiostacje nadawcze, znacznie się powiększył. To zwiększenie zasięgu działania nie jest jednak równoznaczne, przynajmniej na razie, z odpowiednim wzrostem wielokrotności powtarzania kanałów częstotliwościowych w przestrzeni. Można by jedynie snuć fantazyjne jeszcze obecnie rozważania na temat przyszłościowej budowy radiostacji na Księżycu lub Marsie dla celów łączności lokalnej, gdzie można by powtarzać bez przeszkód kanały wykorzystywane na Ziemi.

Ograniczenie podziału czasowego kanałów częstotliwościowych wynika z konieczności zapewnienia użytkownikom niezbędnego czasu dla przesłania wymaganego zasobu informacji. W służbach radiodifuzyjnych są niewielkie możliwości wygospodarowania przydziałów w drodze zwielokrotnienia ich w wymiarze czasowym. Teoretycznie byłoby to możliwe w zakresie fal dekametrowych, gdyby programy radiofoniczne dla zagranicy ograniczały się rzeczywiście do wymiany kulturalnej, co jest ich właściwym założeniem. Praktyka życiowa wygląda, jak wiadomo, zupeł-

nie inaczej. Pewne szanse daje tu jedynie przesunięcie czasu z długością geograficzną, które różnicuje na obszarze świata godziny tzw. "najlepszego słuchania". W służbach profesjonalnych, zwłaszcza w radiokomunikacji ruchomej, duże znaczenie ma dyscyplina łączności; polega ona na ograniczaniu zajętości kanału do czasu rzeczywiście potrzebnego na przesłanie treści informacji pozabawionej wszelkich zbędnych słów. Bardzo pomocne są przy tym skróty i kody. Sieci radiokomunikacyjne powinny być planowane celowo i powinny być dociążone. Wielką rolę przypada właściwej organizacji służb radiokomunikacyjnych. W miarę możliwości trafik powinien być centralizowany na dużych i dobrze technicznie wyposażonych ośrodkach, dysponujących odpowiednio wykwalifikowanymi operatorami. Należy też podkreślić umiejętność wykorzystywania warunków propagacji, do czego bardzo pomocne są prognozy jonosferyczne, szczególnie w radiokomunikacji stałej i morskiej. Unika się wówczas zbędnej zajętości kanałów wywoławczych. Podział czasowy, jak widzimy, można w znacznym stopniu wykorzystywać do zwiększenia efektywności eksploatacji widma, jednak nie da się uzyskać większych oszczędności, niż na to pozwoli minimalny czas niezbędny do przekazania najstaranniej opracowanej treści informacji.

Zagadnienie czasu przekazywania informacji wiąże się z zagadnieniem szerokości kanału, którym ta informacja jest przesyłana. Z podstaw teorii informacji wiadomo, że szybkość przekazywania informacji przez kanał tele-

komunikacyjny jest proporcjonalna do szerokości przesyłanego pasma. Z tego podstawowego prawa wynika, że daną treść informacji można przesłać szybciej, jeżeli postawi się do dyspozycji szerszy kanał. A zatem, uzyskana oszczędność w czasowej zajętości kanału musi znaleźć swoje pokrycie w zwiększonym wydatkowaniu częstotliwości. Oczywiście, powyższa zamienność w niektórych służbach ma znaczenie tylko teoretyczne, jak na przykład w służbach radiodifuzyjnych. Możemy, wprawdzie, utwór muzyczny, nagrany na taśmie magnetofonowej, odegrać z dwa razy większą szybkością, ale jego wartość artystyczna będzie wówczas żadna. Natomiast, w telegrafii powyższa zasada może być jak najbardziej wykorzystana praktycznie. Przykładem wykorzystania tej zasady może być bardzo szybkie nadanie skumulowanych informacji przez łącze ultrakrótkofalowe, pracujące dorywczo przy wykorzystaniu odbić od smug meteorowych. Informacje są przekazywane tylko w krótkotrwałym okresie istnienia takiej smugi, ale za to poprzez bardzo szeroki kanał. W podziale częstotliwościowym występuje zatem bardzo istotne ograniczenie spowodowane koniecznością zachowania odpowiedniej szerokości kanału, związanej z jakością emisji i z szybkością przekazywania informacji. Należy dodać, że zbytne zawężanie kanału (pasma) nie tylko przedłuża czas nadawania, ale także pogarsza zrozumiałość.

Częstotliwościowa pojemność widma kojarzy się nie tylko z jego podzielnością, ale także z jego ograniczeniem od dołu i od góry. Na ewentualne przesunięcie dolnej granicy eksploatowanej części widma nie można zbyt-

nio liczyć, gdyż nawet, gdyby niższe od 10 kHz częstotliwości okazały się bardziej przydatne i technicznie możliwe do wykorzystania, to i tak pojemność tej części widma jest znikoma. Górna granica widma fal praktycznie wykorzystywanych dla celów łączności radiowej stale przesuwa się wzwyż. Kryją się tu niewątpliwie jeszcze duże możliwości, ale też ograniczone fizycznymi własnościami krańcowo wielkich częstotliwości wchodzących już w zakres podczerwieni. Wprawdzie, jak już wspomnieliśmy na początku, możliwości łączności bezprzewodowej nie ograniczają się do fal radiowych i nie jest wykluczone, że jej przyszłość leży poza widmem tych fal, nie będzie to już jednak, *stricto sensu*, łączność radiowa.

8.2. Warunki zwiększenia efektywności wykorzystania częstotliwości

Aktualną sytuację w widmie fal radiowych można scharakteryzować syntetycznie w kilku następujących punktach:

1. Szybko postępujący rozwój służb radiokomunikacyjnych pociąga za sobą stały wzrost zapotrzebowań na kanały częstotliwościowe, których zaspokojenie napotyka trudności.
2. Obciążenie widma fal radiowych wykazuje znaczną nierównomierność; zagęszczenie emisji w niektórych zakresach częstotliwości przekracza stan, który pozwalałby na pracę bezinterferencyjną nawet przy ideal-

nie zoptymalizowanym rozdziale kanałów, podczas gdy równocześnie istnieją zakresy niedociążone.

3. Częstotliwości w wielu zakresach nie są wykorzystywane racjonalnie z punktu widzenia ekonomiki gospodarki falowej.
4. Postępujące rozszerzanie użytecznej części widma fal radiowych w ograniczonym tylko stopniu może zaspokoić nowe potrzeby częstotliwościowe ze względu na odmienną specyfikę różnych służb; w dalszym ciągu obserwuje się więc napór zapotrzebowań na tzw. "klasyczne" zakresy częstotliwości.
5. Zapoczątkowanie rozwoju radiokomunikacyjnych służb kosmicznych wprowadziło nie tylko poważne zmiany w wykorzystaniu widma, ale również postawiło przed użytkownikami nowe, nieznane przedtem aspekty techniczne gospodarki falowej; są poważne powody do mniemania, że obecne przeznaczenie zakresów częstotliwości dla służb kosmicznych ma charakter przejściowy, gdyż uzyskiwane doświadczenia w niedługim czasie już dostarczą bogatego materiału do ewentualnej rewizji aktualnie obowiązującej Tabeli Rozdziału Częstotliwości.

Z przeglądu aktualnej sytuacji w widmie fal radiowych należy przede wszystkim wyciągnąć wniosek, że niedostateczna efektywność wykorzystania widma jest hamulcem rozwoju służb radiokomunikacyjnych. Nie wszystkie administracje odczuwają to przyhamowywanie rozwoju w

jednakowy sposób. Udział różnych krajów w eksploatacji tego ogólnoludzkiego dobra, jakim jest widmo fal radiowych, odznacza się dość dużą nierównomiernością. Nie wszyscy również dostatecznie zdają sobie sprawę z wagi zagadnienia i z daleko idących powiązań i konsekwencji podstawowych decyzji odnośnie do wykorzystania tych czy innych zakresów dla określonych celów. Troską wszystkich administracji i wszelkich czynników odpowiedzialnych za rozwój i należyte działanie służb radiokomunikacyjnych powinno być, leżące w ich własnym interesie, racjonalne i efektywne wykorzystywanie widma częstotliwości radiowych.

Do poprawy efektywności wykorzystania widma służy szereg środków technicznych oraz racjonalna gospodarka falowa oparta na naukowo-technicznych podstawach i kompleksowym planowaniu rozdziału częstotliwości. Środki techniczne prowadzące do zwiększenia wydajności widma, to przede wszystkim stosowanie odpowiednich systemów, jak na przykład emisje jednowstęgowe, różne systemy telegrafii z przesuwem częstotliwości, F1 i F6, które, będąc mniej wrażliwe na zakłócenia, pozwalają uzyskiwać żądane zasięgi łączności przy zastosowaniu znacznie mniejszych mocy, niż np. zwykła telefonia dwuwstęgowa czy telegrafia A1 lub A2 itp. Następnie, duże efekty na falach dekametrowych daje stosowanie anten kierunkowych oraz znajomość warunków propagacyjnych. Ten zakres jest szczególnie przeciążony i na podstawie zalecenia Konferencji Administracyjnej z 1959 r. została powołana specjalna międzynarodowa grupa ekspertów, której zadaniem

jest opracowanie propozycji na temat zastosowania środków zmierzających do zmniejszenia zagęszczenia emisji w zakresie między 4 a 27,5 MHz. Grupa ta częściowo spełniła swoje zadanie, co przyniosło już pewne efekty wyrażające się m.in. w rozbudowie anten kierunkowych i w przeniesieniu niektórych nadawań na inne mniej obciążone zakresy. Należy zwrócić szczególną uwagę na wykorzystywanie częstotliwości odpowiednie do warunków propagacji jonosferycznej. Właściwe manewrowanie częstotliwościami roboczymi pozwala na stosowanie wielokrotnie mniejszych mocy nadajników, niż to na ogół się praktykuje. Warto tu wskazać na przykład radioamatorów, którzy przecieź nawiązują dalekosiężne łączności, pracując małymi mocami i często bez anten kierunkowych.

Jak już wspomniano, gospodarka falowa powinna być oparta na odpowiednich podstawach naukowo-technicznych, Można stwierdzić ponad wszelką wątpliwość, że tylko planowy rozdział częstotliwości może zapewnić wysoką efektywność wykorzystania zakresów. Sieci radiokomunikacyjne powinny być nie tylko kompleksowo planowane, ale i optymalizowane, przy zastosowaniu nowoczesnych metod matematycznych i maszyn cyfrowych. W tej dziedzinie jest jeszcze szerokie pole do działania dla naukowców. W sieciach ultrakrótkofalowych optymalizować należy zarówno przestrzenny rozdział kanałów, jak i dobór parametrów sieciowych takich, jak moc promieniowana i wysokość wzniesienia anteny w sposób zapewniający możliwie najmniejszy zasięg zakłóceń.

Poprawa światowej sytuacji falowej może też nastąpić

w wyniku ociążenia niektórych zakresów fal przez przeniesienie części nadawań do innych zakresów. Tu znowu pojawia się zadanie dla badaczy, polegające na opracowywaniu nowych systemów radiokomunikacyjnych i pogłębianiu stanu wiedzy o propagacji fal.

Racjonalizacja użytkowania widma fal radiowych jest w wysokim stopniu utrudniona przez czynniki natury nie-technicznej. Nie będziemy ich na tym miejscu omawiać. Koniecznością jest jednak uświadomienie sobie, że zgodna i nacechowana wzajemną ufnością współpraca międzynarodowa ma nie mniejsze znaczenie dla usunięcia rozlicznych trudności w światowej gospodarce falowej, niż najbardziej nawet prawidłowe rozwiązania techniczne.

8.3. Spodziewane tendencje w rozwoju sytuacji falowej

Rozważając aktualną sytuację, ujawniające się obecnie tendencje oraz możliwości i ograniczenia wykorzystania widma fal radiowych, można pokusić się o próbę prognozy, przynajmniej na najbliższe kilka lat. Ogólnie, można się spodziewać, że podstawowa struktura regulaminowej Tabeli Rozdziału Częstotliwości nie ulegnie zasadniczej zmianie. Sytuacja falowa będzie prawdopodobnie rozwijać się w dwóch kierunkach: porządkowania i intensyfikacji wykorzystania już zagospodarowanych zakresów oraz zagospodarowywania zakresów częstotliwości słabo dotąd wykorzystanych, głównie w części widma powyżej 300 MHz.

Zakresy fal myriametrowych i kilometrowych prawdopodobnie pozostaną przy swej roli rezerwowej i uzupełniającej radiokomunikację dalekosiężną na falach dekametrowych.

W zakresie fal hektometrowych należy spodziewać się zwołania regionalnej konferencji europejskiej w celu dokonania próby uporządkowania krytycznej sytuacji w radiofonii średniofalowej. Zanikowi będzie zapewne ulegać, choć może jeszcze nie wszędzie, służba lotnicza ruchoma w zakresie 325-405 kHz. Zaniknie też chyba całkowicie służba ruchoma lądowa na falach pośrednich.

Fale dekametrowe mają pewne szanse na odciążenie w zakresach przeznaczonych dla służby stałej, która może w większym stopniu będzie korzystać z łączy satelitar-nych. Jeszcze większe szanse na rozgłoszenie emisji są w zakresach służby lotniczej, która już obecnie wykazuje tendencję do przeniesienia swego punktu ciężkości na zakres fal metrowych. Występują również dążności do zwiększenia efektywności wykorzystania zakresów służby morskiej przez stosowanie radiotelefonii jednowstęgowej. Największe trudności będą prawdopodobnie nadal w radiofonii krótkofalowej, gdzie najpoważniejszą rolę grają czynniki nietechniczne.

Nie należy, według wszelkiego prawdopodobieństwa, oczekiwać istotnych zmian w wykorzystaniu fal metrowych, chyba, że wzrośnie zapotrzebowanie na łącza pracujące na zasadzie rozproszenia jonosferycznego i odbić od smug meteorowych, co wobec rozwoju radiokomunikacji satelitarnej jest raczej wątpliwe. Służba ruchoma lądowa po-

winna stopniowo wycofywać się z niekorzystnych zakresów ok. 30-40 MHz.

W zakresie fal decymetrowych niewątpliwie wzrośnie liczba eksploatowanych stacji telewizyjnych IV/V zakresu, z których znaczna część będzie nadawać program kolorowy. Służba ruchoma lądowa opanuje zakresy 300 MHz w krajach socjalistycznych i 450 MHz w krajach zachodnich. Nie jest wykluczone, czy wobec wielkiego zapotrzebowania na kanały nie zostaną przedsięwzięte poszukiwania nowych zakresów dla tej służby, zwłaszcza, że zbytnie zwężanie kanałów w celu ich zwielokrotnienia nie jest tak ekonomiczne, jak to pozornie się wydaje.

Największe zmiany w Tabeli mogą nastąpić na odcinku fal centymetrowych w związku z dalszym rozwojem służb kosmicznych. Trzeba liczyć się ze wzrostem potrzeb falowych w tym zakresie. Wyraźniejsze oblicze przybierze zapewne zakres fal milimetrowych; być może, że Tabela zostanie rozszerzona w górę.

9. WNIOSKI KOŃCOWE

Podsumowując przeprowadzone rozważania, wydaje się słuszne zwrócić uwagę na niektóre sprawy o zasadniczym znaczeniu dla rozwoju służb radiokomunikacyjnych w naszym kraju.

Po pierwsze, nie można sobie pozwolić na niedocenia-
nie roli gospodarki falowej w ogólnym rozwoju służb ra-
diokomunikacyjnych, który w znacznym stopniu jest uwa-
runkowany możliwościami dokonywania przydziałów w sposób

zarówno racjonalny technicznie, jak i zaspokajający uzasadnione żądania. W związku z tym Administracja powinna dysponować możliwościami gruntownego opracowywania planów rozdziału częstotliwości oraz nowoczesnymi podstawami technicznymi, opartymi na wynikach odpowiednich prac naukowo-badawczych. Mocne podstawy techniczne nie tylko umożliwiają opracowywanie pełnowartościowych planów sieci radiokomunikacyjnych i rozdziału kanałów, ale także dają mocny argument delegacjom przeprowadzającym uzgodnienia międzynarodowe.

Po drugie, trzeba zdawać sobie sprawę, że regulamino-
wa Tabela Rozdziału Częstotliwości powstała w wyniku
głębokich przemyśleń i dowolne jej naruszenie może po-
ciągnąć za sobą szkodliwe konsekwencje. Odnosi się to
nie tylko do bezpośredniego wykorzystywania częstotliwo-
ści, jako częstotliwości nośnych, ale także do często-
tliwości pośrednich w odbiornikach.

Po trzecie, nie należy zapominać, że każda administra-
cja ma jedynie swój współdział w wykorzystywaniu widma
i że wobec tego należy dążyć wraz z innymi administra-
cjami do racjonalnego gospodarowania wspólnym dobrem,
co w istocie rzeczy pokrywa się z dobrze zrozumianym
własnym interesem. Zapobieganie trudnościom w eksploata-
cji widma fal radiowych w skali światowej w taki np.
sposób, jak to zaleciła wspomniana w poprzednim punkcie
międzynarodowa grupa ekspertów, przyczynia się do zmniej-
szenia również i naszych własnych kłopotów.

Po czwarte, należy podkreślić wybitne znaczenie dla
gospodarki falowej zagadnień propagacyjnych, sieciowych

i systemowych. Pomimo że korzyści uzyskane z badań naukowych są w tych dziedzinach bezpośrednio niewymierne, wkład dokonany na pewno jest opłacalny.

WYKAZ LITERATURY

1. Regulamin Radiokomunikacyjny - Genewa 1959, tłum. pol. WKiŁ Warszawa, 1963.
2. Actes finals de la Conférence administrative extraordinaire des radiocommunications chargée d'attribuer des bandes de fréquences pour les radiocommunications spatiales, Genève 1963.
3. Actes finals de la Conférence administrative extraordinaire des radiocommunications chargée d'élaborer un plan d'allotissement révisé pour le service mobile aéronautique /R/, Genève, 1966, UIT, Genewa.
4. Actes finals de la Conférence administrative mondiale des radiocommunications chargée de traiter de questions concernant le service mobile maritime /Genève, 1967/, UIT, Genewa.
5. Kalita H.: Europejska Regionalna Konferencja Radiofoniczna w Kopenhadze 1948 r. Przegląd Telekomunikacyjny 1948, nr 9-10.
6. Actes finals de la Conférence africaine de radio-diffusion sur ondes kilométriques et hectométriques /Genève, 1966/, UIT, Genewa.

7. Final Acts of the European VHF/UHF Broadcasting Conference, Stockholm, 1961, UIT, Geneva.
8. CCIR - Documents of the XIth Plenary Assembly, Oslo, 1966, Vol. II Propagation, UIT, Geneva, 1967.
9. CCIR - Documents of the XIth Plenary Assembly, Oslo, 1966, Vol. III Fixed and mobile services. Standard-frequencies and time-signals. International monitoring, UIT, Geneva, 1967.
10. CCIR - Documents of the XIth Plenary Assembly, Oslo, 1966, Vol.V Sound broadcasting and Television, UIT, Geneva, 1967.
11. CCIR - Documents of the XIth Plenary Assembly, Oslo, 1966, Vol. IV Radio-relay systems. Space systems and Radioastronomy, UIT, Geneva, 1967.
12. IFRB - Technical Standards, Series A, Third Edition, UIT, Geneva, 1965.
13. IFRB - Technical Standards, Series B1, UIT, Geneva, 1955.
14. IFRB - Technical Standards, Series B2, UIT, Geneva, 1955.
15. IFRB - Technical Standards, Series C1, UIT, Geneva, 1956.
16. OIRT - Sbornik dokumentow XVIII-ój Sesii Techniczekoj Komissii OIRT, Hawana, 1965, Tom II/A - Rekomendacija nr nr 18 i 19, Centrum Techniczne OIRT, Praga, 1965.

17. OIRT - Sbornik diejstwujuščich dokumentow Gruppy Izuczenia IV Techničeskoj Komissii OIRT. Bucharest, 1968 - Proiekt Rekomendacii nr 5-IV, Centrum Techniczne OIRT, Praga, 1968.
18. Eden H., Kaltbeitzer K.H.: Distances minima entre émetteurs de télévision susceptibles d'interférer, UER Tech. 3080-F, s. 4, Centrum Techniczne UER, Bruksela, maj 1960.
19. Eden H., Fastert H.W., Kaltbeitzer K.H.: Etablissement du meilleur projet de réseau de télévision par la considération des distances minima absolues, UER Tech. 3080-F, s. 9, Centrum Techniczne UER, Bruksela, maj 1960.
20. Fastert H.W.: Fondements mathématiques de l'étude théorique d'un réseau d'émetteurs, UER Tech. 3080-F, s. 35, Centrum Techniczne UER, Bruksela, maj, 1960.
21. Fastert H.W., Kaltbeitzer K.H.: Nouvelle conception de l'établissement du plan d'un réseau de télévision, UER Tech. 3080-F, s. 29, Centrum Techniczne UER, Bruksela, maj, 1960.
22. Maarleveld F.: Réseaux d'émetteurs avec distributions de canaux non linéaires, UER Tech. 3080-F, s. 45, Centrum Techniczne UER, Bruksela, maj 1960.
23. Instytut Łączności - Określenie wartości współczynników ochronnych przy wzajemnej współpracy służb ruchomych lądowych w zakresie 30-350 MHz, Warszawa 1967.

24. Lisicki W., Wesołowski Cz.: Podstawy obliczeń sieci radiokomunikacji ruchomej lądowej, praca do użytku wewn. MŁ, Warszawa, 1967.
25. Lisicki W.: Zasady planowania sieci radiokomunikacji ruchomej lądowej, Problemy Telekomunikacji /w druku/.
26. Kośnik J., Zienkiewicz R.: Podział pasma 300 do 308 MHz z uwzględnieniem zakłóceń intermodulacyjnych, praca do użytku wewn. MŁ, Warszawa, 1968.

