

częściej w obu antenach jest równe $p^2(E)$, jest więc znacznie mniejsze niż dla pojedynczej anteny (szczególnie gdy $p(E) \ll 1$).

Obserwując fluktuację dwóch sygnałów o różnych częstotliwościach stwierdzamy, że przy dostatecznie dużej różnicy częstotliwości sygnałów Δf fluktuacje są statystycznie niezależne. Do opisu związków statystycznych między fluktuacjami dwóch sygnałów różniących się częstotliwością wprowadzamy *częstotliwościową funkcję korelacji fluktuacji* $\varrho(\Delta f)$. Odstęp częstotliwości Δf_m , przy którym funkcja $\varrho(\Delta f)$ przyjmuje wartość $1/e$ nazywamy *odstępem korelacji*.

Brak korelacji częstotliwościowej fluktuacji ma dwojakie znaczenie dla pracy systemów radiokomunikacyjnych. Z jednej strony jest on wykorzystywany do poprawy warunków odbioru (*odbiór zbiorczy częstotliwościowy*), z drugiej strony odstęp korelacji Δf_m określa szerokość pasma, którą można przesłać bez zniekształceń. Jeśli szerokość pasma przesyłanego sygnału jest mniejsza od Δf_m , to fluktuacje poszczególnych składowych sygnału są silnie skorelowane i sygnał nie ulega zniekształceniu. Jeśli jednak szerokość pasma sygnału znacznie przewyższa Δf_m , to fluktuacje poszczególnych składowych sygnału przestają być skorelowane i sygnał ulega dużym zniekształceniom. Możemy więc uważać, że ośrodek propagacji ma określone „pasma przenoszenia”, ograniczające dopuszczalną szerokość pasma sygnału.

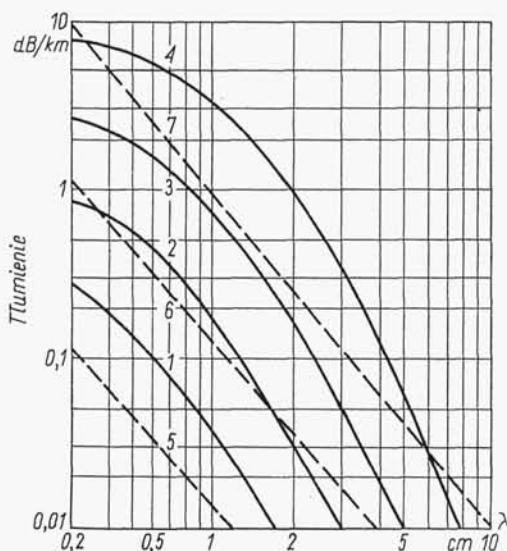
13.7. TŁUMIENIE FAŁ RADIOWYCH W TROPOSFERZE

W poprzednich rozdziałach badaliśmy wpływ troposfery na propagację fal radiowych biorąc pod uwagę jej niejednorodność. Wpływ ten polegał na zakrzywieniu trajektorii i rozpraszaniu fal. Zakładaliśmy przy tym, że troposfera jest całkowicie przezroczysta dla rozchodzących się w niej fal, czyli — innymi słowy — zakładaliśmy, że fale radiowe nie ulegają w troposferze tłumieniu. Bogaty materiał doświadczalny, uzyskany w wyniku eksploatacji linii radiowych w szerokim zakresie częstotliwości, wykazuje, że założenie to jest słuszne w każdych warunkach meteorologicznych dla fal dłuższych od 10 cm. Fale krótsze natomiast rozchodząc się w troposferze ulegają tłumieniu, które w pewnych warunkach meteorologicznych może być tak duże, że uniemożliwia nawiązanie łączności radiowej [41, 44, 53].

Rozróżniamy cztery rodzaje tłumienia powodowanego przez troposferę, a mianowicie: 1) tłumienie powodowane opadami atmosferycznymi (deszcz, mgła, grad, śnieg); 2) absorpcja molekularna, 3) rozpraszanie na cząsteczkach, 4) tłumienie w twardych cząsteczkach (pył, cząsteczki dymu). Dwa ostatnie rodzaje tłumienia mają znaczenie tylko dla najkrótszych fal przylegających do zakresu światła widzialnego. Pierwsze dwa rodzaje omówimy nieco szerzej.

Tłumienie powodowane opadami atmosferycznymi. Można wskazać dwie przyczyny powodujące tłumienie fal radiowych przez kropelki wody. Po pierwsze, kropelkę wody możemy uważać za półprzewodnik, w którym fala radiowa indukuje prądy

przesunięcia, których gęstość przy bardzo wielkich częstotliwościach jest znaczna. Straty energii wywołane tymi prądami są jedną z przyczyn tłumienia fal radiowych. Po drugie, indukowane w kropelkach wody prądy są wtórnymi źródłami promieniowania, powodującymi rozpraszanie fal. Rozpraszanie to daje taki sam efekt jak



Rys. 13-4. Zależność współczynnika tłumienia od długości fali dla deszczu i mgły
1 — drobny deszcz (0,25 mm/h); 2 — średni deszcz (1 mm/h); 3 — umiarkowany deszcz (4 mm/h); 4 — silny deszcz (16 mm/h); 5 — lekka mgła (widoczność — 600 m) 6 — średnia mgła (widoczność — 120 m); 7 — gęsta mgła (widoczność — 30 m) (według M. П. Долуханов: Распространение радиоволн. Изд. Связь, Москва 1965)

absorpcja, gdyż natężenie pola w kierunku rozchodzenia się fali maleje. Na rysunku 13-4 przedstawiono zależność współczynnika tłumienia od długości fali, dla deszczu i mgły o różnych intensywnościach.

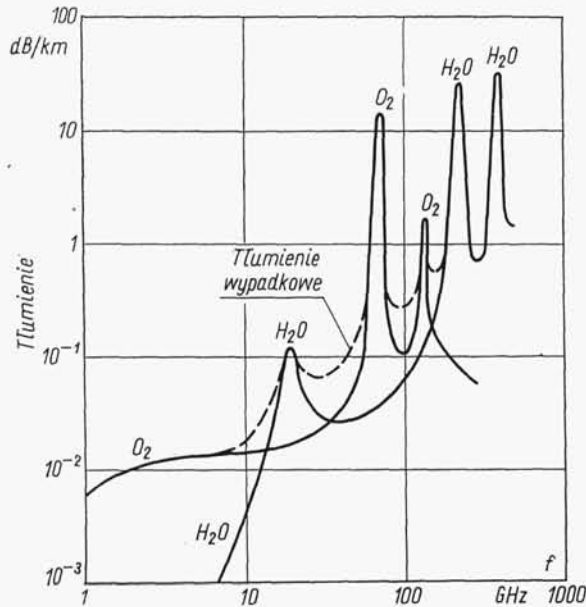
Absorpcja molekularna. Fale krótsze od 1,5 cm ulegają tłumieniu wskutek bezpośredniego oddziaływania pola fali na cząsteczki gazów wchodzących w skład troposfery. W tych przypadkach energia rozchodzącej się fali jest zużywana na wzbudzanie atomów i cząsteczek. Absorbując energię rozchodzącej się fali atomy i cząsteczki przechodzą ze stanu o mniejszej energii do stanu o większej energii. Ponieważ dozwolone poziomy energetyczne mają wartości dyskretne, zatem opisane wyżej przejścia mają mniej lub bardziej wyraźny charakter rezonansowy, co prowadzi do rezonansowego, czyli selektywnego tłumienia fal radiowych.

Śpośród gazów wchodzących w skład troposfery największe znaczenie, jeżeli idzie o tłumienie fal radiowych, mają tlen i para wodna. W zakresie fal centymetrowych i milimetrycznych występują następujące rezonansowe długości fal, przy których tłumienie osiąga maksimum:

dla cząsteczek tlenu O_2 — 0,5 cm; 0,25 cm;

dla cząsteczek pary wodnej — 1,35 cm; 1,5 mm; 0,75 mm.

Na rysunku 13-5 pokazano zależność tłumienia od częstotliwości powodowanego przez cząsteczki tlenu i pary wodnej. Na wykresie wyraźnie widać pięć podanych



Rys. 13-5. Zależność współczynnika tłumienia od częstotliwości dla cząsteczek tlenu i pary wodnej (wilgotność właściwa $7,75 \text{ g/m}^3$) (według M. П. Долуханов: Распространение радиоволн. Изд. Связь, Москва 1965)

wyżej zakresów tłumienia rezonansowego. Tłumienie powodowane przez cząsteczki tlenu jest w przybliżeniu stałe, natomiast tłumienie powodowane przez cząsteczki pary wodnej bardzo zależy do wilgotności powietrza i wobec tego zmienia się w czasie.