

WPLYW TROPOSFERY NA ROZCHODZENIE SIĘ FAL RADIOWYCH

13

13.1. BUDOWA I WŁAŚCIWOŚCI TROPOSFERY

Troposferę nazywamy dolną warstwę atmosfery zalegającą bezpośrednio nad powierzchnią ziemi i rozciągającą się do wysokości 8...10 km w strefach podbiegunowych, 10...12 km w szerokościach umiarkowanych oraz 16...18 km w okolicach równikowych. W całej swojej objętości troposfera ma jednakowy skład procentowy wchodzących w nią gazów, taki sam jak przy powierzchni ziemi. Wyjątek stanowi zawartość pary wodnej, która zależy od warunków meteorologicznych i zmniejsza się ze wzrostem wysokości.

Podstawowymi parametrami charakteryzującymi troposferę są: ciśnienie p (mierzone w milibarach¹⁾), temperatura bezwzględna oraz wilgotność bezwzględna e (również mierzona w milibarach). Niekiedy korzystamy z pojęcia wilgotności względnej S wyrażonej w procentach.

Charakterystycznym zjawiskiem zachodzącym w troposferze jest spadek temperatury ze wzrostem wysokości. Przeciętny pionowy gradient temperatury wynosi sześć stopni na kilometr. Przyczyną stopniowego spadku temperatury powietrza ze wzrostem wysokości jest przezroczystość troposfery dla promieniowania słonecznego. Prawie cały strumień energii słonecznej przechodzącej przez troposferę jest pochłaniany przez powierzchnię ziemi. Nagrzana powierzchnia ziemi powoduje podgrzewanie troposfery, przy czym ważną rolę odgrywa konwekcja. Przylegające do powierzchni ziemi masy powietrza nagrzewają się i unoszą w górę, ich miejsce zajmuje powietrze zimne itd. Wskutek nierównomiernego rozkładu temperatury na powierzchni ziemi powstają przy tym prądy wstępujące i zstępujące, wywołujące zawirowania w troposferze i przemieszanie mas powietrza.

W pewnych przypadkach, wskutek działania lokalnych czynników, mogą powstać obszary, w których temperatura powietrza rośnie ze wzrostem wysokości. Zjawisko to nazywamy *inwersją temperatury*. Inwersja temperatury może powstać między innymi wskutek poziomych ruchów mas powietrza; jest to tzw. *inwersja adwekcyjna*. Inwersje takie można obserwować wczesną wiosną, gdy nad powłoką śnieżną pokrywającą ziemię unoszą się nadchodzące z południa masy ciepłego powietrza. Innym przykładem może być przesuwanie się nagrzanego powietrza znad lądu nad chłodniejszą powierzchnię morza.

¹⁾ W układzie SI stosuje się jednostkę N/m^2 ($1 \text{ milibar} = 10^2 \text{ N/m}^2$).

W izotermicznej atmosferze ciśnienie maleje z wysokością według prawa

$$p = p_0 e^{-\frac{Mg}{RT}H} \quad (13-1)$$

przy czym:

- p_0 — ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza;
- $M = 29$ — masa molowa powietrza, [kg/kmol];
- g — przyspieszenie ziemskie [m/s²];
- $R = 8,31 \cdot 10^3$ J/kmol · K — uniwersalna stała gazowa;
- H — wysokość nad poziomem morza [m];
- T — temperatura [K].

Propagacja fal radiowych w najniższej warstwie atmosfery jest w znacznym stopniu uzależniona od warunków meteorologicznych. Wpływ ich objawia się w postaci *zalamywania, rozpraszania i tłumienia* fal radiowych w troposferze. Aby określić wpływ warunków meteorologicznych na propagację fal radiowych, musimy przede wszystkim ustalić związki między elektrycznymi a meteorologicznymi parametrami troposfery.

13.2. WSPÓŁCZYNNIK REFRAKcji TROPOSFERYCZNEJ

Zjawisko refrakcji jest związane z przestrzenną zmiennością przenikalności elektrycznej ośrodka, w którym rozchodzą się fale elektromagnetyczne. Względna przenikalność elektryczna powietrza różni się nieznacznie od jedności i ulega stosunkowo niewielkim zmianom w funkcji wysokości. Okazuje się jednak, że nawet ta mała zmienność wystarcza, aby fale radiowe ulegały *refrakcji* mającej praktyczne znaczenie.

Ponieważ współczynnik załamania powietrza n tylko o kilka dziesięciotysięcznych przewyższa jedność, często zamiast *współczynnika refrakcji* n wprowadzamy pojęcie *wskaźnika refrakcji* N , zdefiniowanego następująco:

$$N = 10^6 (n - 1) \quad (13-2)$$

Wskaźnik refrakcji troposferycznej zależy od temperatury, ciśnienia i wilgotności powietrza

$$N = (n - 1) 10^6 = \frac{77,6}{T} \left(p + \frac{4810e}{T} \right) \quad (13-3)$$

Wartość wskaźnika refrakcji zmienia się w funkcji wysokości nad ziemią. Różniczkując zależność (13-3) względem H otrzymujemy

$$\frac{dN}{dH} = 77,6 \left[\frac{1}{T} \frac{dp}{dH} - \left(\frac{p}{T^2} + 9620 \frac{e}{T^3} \right) \frac{dT}{dH} + \frac{4810}{T^2} \frac{de}{dH} \right] \quad (13-4)$$

Ze wzrostem wysokości ciśnienie zawsze maleje i gradient ciśnienia w małym stopniu zależy od warunków meteorologicznych. Pierwszy składnik w nawiasie kwa-