

G. P. GRUDINSKAIA

PROPAGAREA UNDELOR ULTRASCURTE

COLECȚIA RADIO

EDITURA TEHNICĂ

G. P. GRUDINSKAIA

PROPAGAREA UNDELOR ULTRASCURTE

TRADUCERE DIN LIMBA RUȘĂ



EDITURA TEHNICĂ
BUCUREȘTI-1959

Handwritten signature

Broșura cuprinde problemele principale ale propagării undelor de radio ultrascurte, punând cititorii la curent cu rezultatele celor mai noi cercetări în acest domeniu. Ea conține explicația diferitelor cazuri de recepție a undelor ultrascurte la distanțe mari, făcându-se și unele recomandări cu privire la recepția în asemenea condiții.

Broșura este destinată radioamatorilor avansați, care lucrează în domeniul undelor ultrascurte, și poate fi utilă la calculul intensității câmpului în cazuri simple.

Г. П. ГРУДИНСКАЯ

РАСПРОСТРАНЕНИЕ УЛЬТРАКОРОТКИХ РАДИОВОЛН

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1957 ЛЕНИНГРАД

INTRODUCERE

În ultimele decenii folosirea undelor ultrascurte a cunoscut o dezvoltare tot mai mare și mai rapidă. Interesul pentru această gamă de unde este legat de dezvoltarea radiolocației, a noilor forme de radiocomunicații, a televiziunii, a radiodifuziunii cu modulație de frecvență etc. care au impus transmiterea radiațiilor pe o bandă largă de frecvențe. Transmiterea pe o bandă largă de frecvențe poate avea loc numai în gama undelor ultrascurte. În afară de aceasta, toate celelalte game, și în special gama undelor scurte, sînt atît de încărcate încît este de dorit ca un număr cît mai mare de linii de comunicații să se mute în gama undelor ultrascurte. Aceasta prezintă cu atît mai multă importanță cu cît în ultimul timp s-a verificat posibilitatea unor comunicații regulate pe UUS, la distanțe ce depășesc 1 000 km, în special pe liniile de comunicații pe UUS din regiunile arctice care nu sînt supuse întreruperilor, proprii liniilor pe unde scurte.

Unde ultrascurte se numesc undele radio mai scurte de 10 m (cu frecvența mai mare de 30 MHz). Gama de UUS se învecinează spre frecvențele joase cu undele scurte, iar spre frecvențele înalte cu razele infraroșii. Limita de 10 m a undelor ultrascurte a fost determinată de faptul că, așa cum se considera mai înainte, straturile superioare ale atmosferei (ionosferei) nu mai exercită, de regulă, nici o influență asupra undelor cu lungimea de undă mai mică de 10 m și ele se pot propaga numai la distanțe mici.

Gama de UUS poate fi împărțită în patru subgame: undele metrice (10—1 m), undele decimetrice (1 m — 10 cm), undele centimetrice (10—1 cm) și undele mili-

metrice (mai scurte decât 1 cm). Fiecare din aceste subgame își găsește o utilizare în tehnică. Astfel gama undelor metrice se folosește în televiziune, în radiodifuziunea cu modulație de frecvență, în navigație și în radioastronomie, iar în ultimul timp și pentru comunicații radio la distanțe foarte mari. Gamele undelor decimetrice și centimetrice se folosesc în televiziune, în radiolocație și în radiocomunicațiile cu mai multe căi. Gama undelor milimetrice este încă în stadiu de cercetare.

În prezent, radioamatorilor le sunt repartizate următoarele benzi de frecvențe: în subgama undelor metrice între 38 și 40 MHz și între 144 și 146 MHz; în subgama undelor decimetrice între 420 și 425 MHz și între 1 470 și 1 520 MHz, și în subgama undelor centimetrice între 5 650 și 5 850 MHz.

Înainte de a examina particularitățile propagării fiecăreia din subgame să ne oprim asupra caracteristicilor generale ale întregii benzi de UUS.

Orice linie de radiocomunicații constă din trei părți principale: emițător, receptor și linia care le unește. În cazul comunicațiilor prin fire, rolul liniei intermediare este îndeplinit de fire aeriene sau de un cablu. În cazul comunicațiilor radio, rolul liniei intermediare este îndeplinit de mediul (spațiul) în care se propagă undele radio.

Știința propagării undelor radio se ocupă de studiul acestei verigi intermediare, adică de studiul proprietăților suprafeței pământului și atmosferei din punct de vedere al influenței exercitate asupra propagării undelor radio. Sarcina cercetătorilor și inginerilor care lucrează în domeniul propagării undelor radio constă în studierea legilor de propagare a undelor radio și în căutarea metodelor de alegere a lungimii de undă, a puterii emițătorului și a intensității cimpului necesare pentru recepția sigură a unui sau a altui tip de emisie.

O particularitate a științei propagării undelor radio este aceea că îmbrățișează un cerc mare de probleme. Acestea sunt în special probleme de radiotehnică, dar adesea se recurge și la cele de fizică, geofizică și chiar de astronomie. Pentru studierea propagării UUS s-au efectuat în ultimii ani numeroase lucrări teoretice și expe-

rimentale. O contribuție importantă la această problemă au adus-o savanții sovietici B. A. Vvedenski, A. G. Arenberg, V. A. Fok etc. Totuși multe probleme nu sunt încă rezolvate și necesită în viitor o muncă teoretică complexă, în paralel cu una experimentală, vastă și de lungă durată.

La examinarea propagării UUS, cazurile de propagare care se întâlnesc în practică pot fi clasificate în felul următor:

1. Propagarea la distanțe mici (până la 5—6 km), în care caz se poate neglija sfericitatea pământului, socotindu-se că suprafața lui este plană.

2. Propagarea la distanțe care nu întrec limitele orizontului vizibil (până la 50—60 km).

3. Propagarea la aceleași distanțe dar pe teren accidentat sau într-un oraș mare, în care caz în drumul propagării undei există obstacole importante.

4. Propagarea troposferică a undelor radio, adică propagarea sub influența straturilor inferioare ale atmosferei (până la 200—600 km).

5. Propagarea ionosferică a undelor radio, care are loc sub influența straturilor superioare ionizate ale atmosferei (la distanțe mai mari de 1 000 km).

Înainte de a trece la examinarea tuturor acestor probleme trebuie să amintim noțiunile principale de propagare a undelor radio și să facem cunoștință pe scurt cu proprietățile electrice ale suprafeței pământului și ale atmosferei.

Broșura de față își propune ca scop să lămurească procesul fizic al fenomenelor în diferitele cazuri de propagare a UUS. Pentru cazurile cele mai obișnuite se vor indica metodele de calcul al intensității de cimp a UUS, metode pe care radioamatorii le pot folosi în practica lor. În afară de aceasta se vor aminti problemele încă nerezolvate ale propagării UUS, la studiul cărora radioamatorii pot ajuta prin observațiile lor.

CAPITOLUL I

NOȚIUNI DE BAZĂ REFERITOARE
LA PROPAGAREA UNDELOR RADIO

Înainte de a examina particularitățile propagării UUS, este necesar să amintim noțiunile de bază, unele relații și proprietăți ale undelor radio. Undele radio reprezintă oscilații electromagnetice. O caracteristică principală a lor

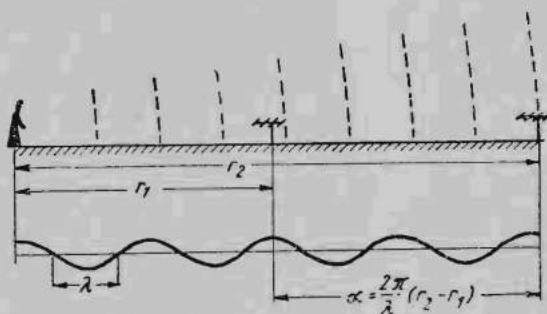


Fig. 1. Definirea noțiunii de lungime de undă și de diferență de fază.

este distanța dintre două noduri sau ventre ale unde, numită lungime de undă și notată cu λ (v. fig. 1). Frecvența oscilațiilor electromagnetice este legată de lungimea de undă prin relația

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (1)$$

în care:

λ este lungimea de undă;

f — frecvența oscilațiilor;

v — viteza propagării unde.

Viteza de propagare a undelor în vid este egală cu viteza luminii $c \approx 300 \cdot 10^6$ m/s. În cazul propagării într-un alt mediu oarecare, viteza cu care se deplasează unda se schimbă având valoarea:

$$v = \frac{c}{n}, \quad (2)$$

în care n este indicele de refracție al mediului respectiv.

În două puncte așezate în direcția propagării unde, la distanțe diferite de antena de emisie, oscilațiile ajung după un timp proporțional cu distanța. Întârzierea cu care ajunge unda în punctul mai îndepărtat se caracterizează prin raportul între diferența distanțelor și lungimea de undă a oscilațiilor. Aceasta se numește diferență de fază a oscilațiilor (v. fig. 1):

$$\alpha = \frac{2\pi}{\lambda} (r_2 - r_1). \quad (3)$$

Într-un mediu omogen, adică într-un mediu ale cărui proprietăți nu se schimbă pe toată întinderea acestuia, unda se propagă în linie dreaptă cu viteză constantă. Însă la trecerea unde dintr-un mediu în altul, la limita de separație a celor două medii, are loc o refracție și o reflexie a unde. Unda trece parțial în mediul al doilea (refracție) schimbându-și direcția mișcării și parțial se reflectă la limita de separație (v. fig. 2). La aceasta unghiul de incidență este egal cu unghiul de reflexie iar unghiul de incidență φ și unghiul de refracție ψ sunt legate între ele prin relația:

$$\frac{\sin \varphi}{\sin \psi} = \frac{n_2}{n_1} \quad (4)$$

în care n_1 și n_2 sunt indicii de refracție al primului și al celui de-al doilea mediu.

În cazul când proprietățile mediului (respectiv indicii de refracție al mediului) variază continuu, adică în cazul unui mediu neomogen, unda se refractă și ea continuu și se propagă după o traiectorie curbilinie (v. fig. 3). Cu cât mediul este mai neomogen, deci cu cât mai mult variază

indicele de refracție, cu atât mai mare este și curbura traiectoriei. În cazul în care unda trece dintr-un mediu mai dens cu indicele de refracție mai mare, într-un mediu mai

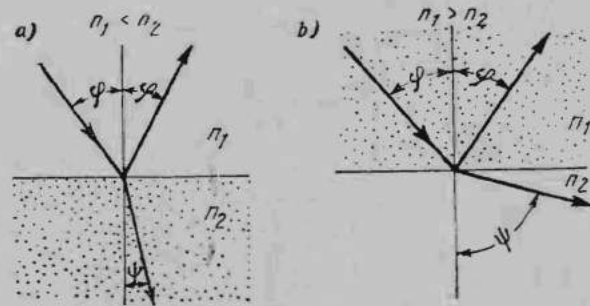


Fig. 2. Refracția undelor radio :

a - la trecerea dintr-un mediu mai puțin dens într-un mediu mai dens; b - la trecerea dintr-un mediu mai dens într-unul mai puțin dens.

puțin dens, cu indicele de refracție mai mic (de exemplu din apă în aer), sub un unghi de incidență suficient de mare, poate să apară fenomenul de reflexie internă totală,

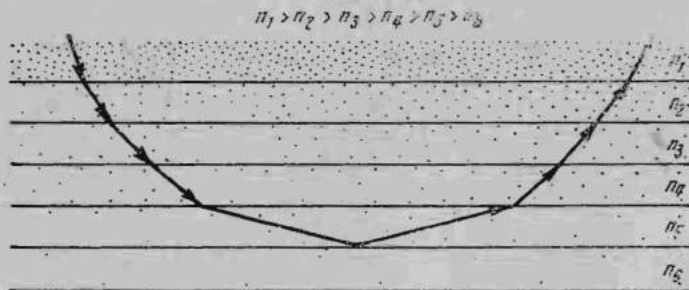


Fig. 3. Refracția undelor radio într-un mediu cu indicele de refracție variabil.

adică întreaga energie a unei se reflectă de limita de separație și nu pătrunde în mediul al doilea. Fenomenul de reflexie internă totală dintr-un mediu neomogen poate avea loc și atunci când indicele de refracție al mediului se micșorează în sensul propagării undei. În acest fel, unda nu va trece mai departe de o anumită distanță (v. fig. 3).

Deseori la locul de recepție sosește nu numai una, ci două sau mai multe unde de aceeași frecvență. Aceste unde pot avea diverse faze, dacă ele vin de la diferite surse sau de la aceeași sursă pe diverse căi. Fenomenul de suprapunere a undelor de aceeași frecvență, dar de

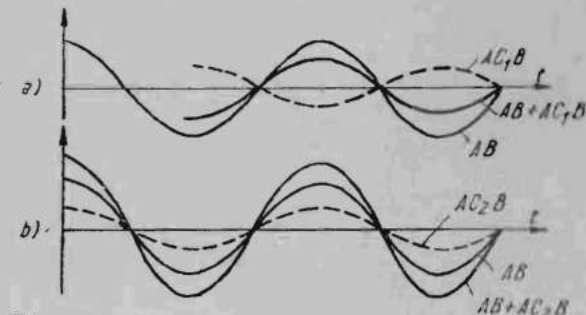
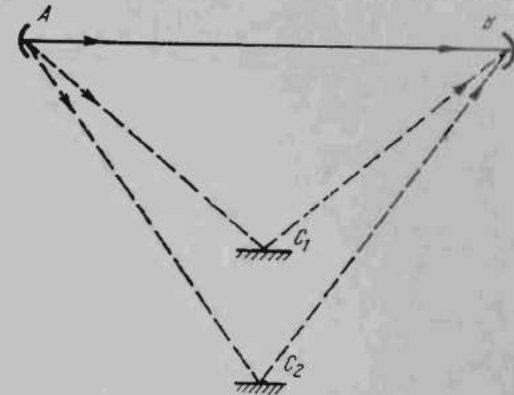


Fig. 4. Interferența a două unde care sosesc pe căi diferite :
a - lungimea căii AC_1B este mai mare decât a căii AB cu un număr impar de semilungimi; b - lungimea căii AC_2B este mai mare decât cea a căii AB cu un număr par de semilungimi.

la o diferență, se numește interferență. În funcție de diferența de fază, intensitatea cimpului rezultat poate fi sau mai mare, sau mai mică decât intensitățile cimpurilor luate separat.

În fig. 4 sînt indicate două cazuri de interferență a undelor. În punctul B se compun undele care au sosit pe

drumul AB și AC_1B sau AC_2B . În primul caz, diferența dintre lungimile drumurilor celor două unde este un număr impar de semiunde ($\alpha=180^\circ$), și intensitățile de câmp se scad, iar în al doilea caz această diferență reprezintă un număr par de semiunde și cîmpurile se adună.

Dacă undele în drumul lor întîlnesc un obstacol opac tind să-l ocolească. Fenomenul de ocolire de către o undă a obstacolelor întîlnite în drum se numește difracție.

Difracția se manifestă mai ales atunci cînd dimensiunile obstacolului sînt de același ordin de mărime cu lungimea de undă. Dacă obstacolul are dimensiuni foarte mici în raport cu lungimea de undă, difracția se manifestă în așa mare măsură, încît obstacolul nu exercită nici o influență asupra intensității cîmpului din spatele său. Dacă obstacolul este de dimensiuni mai mari, practic undele nu îl ocolesc și în spatele acestuia se formează o regiune de umbră.

Intensitatea undelor radio (a oscilațiilor electromagnetice) poate fi caracterizată prin intensitatea cîmpului electric sau magnetic, care sînt legate între ele printr-o anumită relație. Obişnuit se măsoară intensitatea cîmpului electric, deoarece, practic, acest lucru este mai comod. Intensitatea cîmpului electric se măsoară în volți pe metru (V/m), în milivolți pe metru (mV/m) sau în microvolți pe metru (μ V/m).

$$1\mu\text{V/m} = 10^{-3}\text{mV/m} = 10^{-6}\text{V/m}.$$

Adesea intensitatea cîmpului se măsoară în decibeli (dB):

$$1\text{ dB} = 20 \lg E/E_0.$$

De obicei se ia ca nivel de referință $E_0 = 1\mu\text{V/m}$ sau 1 mV/m .

Să ne imaginăm o antenă montată într-un mediu omogen care radiază uniform în toate direcțiile. O astfel de antenă se numește omnidirecțională. Dacă undele nu întîlnesc nici o piedică în orice direcție, la distanțe egale de o astfel de antenă intensitatea cîmpului este aceeași și are aceeași fază. Suprafața pe care fazele undei sînt identice se numește frontul undei. În cazul dat, frontul undei reprezintă o sferă. Astfel de unde se numesc sfe-

rice. În gama UUS se întrebuițează, de obicei, antene direcționale, care dau posibilitatea de a concentra într-o anumită direcție energia radiată. În acest caz, în anumite limite, unda este de asemenea sferică, deoarece frontul ei reprezintă o anumită parte dintr-o suprafață sferică. Gradul de concentrare a radiației antenei în direcția dorită se caracterizează prin factorul de directivitate a antenei, notat cu D . O antenă direcțională, care radiază puterea P , creează aceeași intensitate de câmp la locul de recepție ca o antenă omnidirecțională, care radiază puterea PD .

Nu întreaga putere aplicată la antena emițătorului este radiată. Raportul dintre puterea radiată de antenă și puterea aplicată ei se numește randamentul antenei. Produsul dintre randamentul antenei și factorul ei de directivitate se numește factor de amplificare al antenei. Factorul de amplificare al antenelor de unde centimetrice poate atinge valori mari. Astfel în cazul antenelor tip „canal de unde” factorul de amplificare se găsește între limitele 5—20, iar în cazul antenelor parabolice el atinge valoarea 10^4 — 10^5 .

Cunoscînd puterea radiată P (în kW), factorul de directivitate al antenei D și distanța pînă la punctul de recepție r (în km), se poate calcula valoarea efectivă a intensității cîmpului (în mV/m):

$$E = 173 \frac{\sqrt{PD}}{r}. \quad (5)$$

Intensitatea cîmpului este invers proporțională cu distanța.

Porțiunile mici ale frontului sferic al unei unde pot fi considerate aproximativ plane. În acest sens se vorbește de unde plane. Noțiunea de unde plane simplifică examinarea multor probleme ale propagării undelor radio.

CAPITOLUL II

STRUCTURA ȘI PROPRIETĂȚILE ELECTRICE ALE SUPRAFEȚEI PĂMÎNTULUI ȘI ALE ATMOSFEREI

Mediul în care se propagă undele radio este atmosfera și suprafața pământului. Undele radio se pot propaga în atmosferă în imediata apropiere a suprafeței pământului. În acest caz, proprietățile suprafeței pământului și ale straturilor inferioare ale atmosferei au o influență mare asupra propagării lor.

Undele se pot propaga de asemenea reflectându-se de straturile superioare ionizate ale atmosferei. În acest caz condițiile de propagare depind în special de starea straturilor ionizate ale atmosferei. Din punct de vedere al propagării undelor radio în atmosferă se deosebesc două regiuni: stratul inferior direct învecinat cu suprafața pământului și care se întinde pînă la înălțimea de 10—14 km, denumit troposferă, și straturile superioare ionizate, situate la înălțimea de 60 pînă la 400—600 km, denumite ionosferă.

Suprafața pământului

Stabilirea proprietăților suprafeței pământului este destul de complexă, deoarece scoarța pământului este neomogenă din punct de vedere al componenței. Proprietățile electrice diferă de la o scoarță uscată la una umedă, cît și de la apa dulce la apa de mare. Totuși pentru UUS toate felurile de suprafață terestră, în afară de suprafața mării, pot fi considerate aproape un dielectric perfect. Acest lucru simplifică examinarea multor probleme. În

gama UUS apare însă o altă complicație: chiar și neuniformitățile mici ale suprafeței pământului influențează în mare măsură propagarea.

Undele radio căzînd pe o suprafață accidentată se obține o reflecție difuză, intensitatea de cîmp a undei reflectate fiind mai mică decît în cazul reflexiei de o suprafață netedă. Mai precis, reflexiile datorite pământului au un caracter difuz atunci cînd înălțimea obstacolului h este mai mare decît o mărime proporțională cu lungimea de undă și invers proporțională cu cosinusul unghiului de incidență al undei, φ ;

$$h > \frac{\lambda}{8 \cos \varphi}. \quad (6)$$

În cazul razelor mai înclinate, difuzia este provocată de neuniformități mai înalte, decît în cazul razelor care cad vertical.

Noțiunea de „suprafață accidentată“ este diferită la diferite lungimi de undă: în cazul undelor metrice sînt considerate neuniformități dealurile, clădirile, arborii; în cazul undelor cu lungimea de 3—10 cm chiar iarba și ridicăturile de teren constituie neuniformități.

În acest fel, condițiile de reflexie a UUS de către suprafața pământului sînt determinate în special de neuniformitățile pământului și nu de parametrii ei electrice.

Troposfera

În troposferă aerul are aceeași componență ca la suprafața pământului, adică constă în special din azot (78% în volum) și oxigen (21% în volum). Starea aerului din troposferă este caracterizată de presiunea, temperatura și umiditatea lui. Cu cît urcăm mai sus deasupra suprafeței pământului, densitatea aerului scade; de obicei se micșorează umiditatea și temperatura, deoarece aerul din troposferă se încălzește datorită radiației de căldură de la suprafața pământului.

Parametrii troposferei se schimbă în funcție de anotimp, ora din zi și noapte și condițiile meteorologice. Observațiile privitoare la variațiile condițiilor meteoro-

logice se fac de stațiunile meteorologice, atît în stratul din imediata apropiere a suprafeței pămîntului, cît și la înălțime. În acest scop, aparatele de măsurat se înalță cu ajutorul unor baloane sau avioane. Măsurările se fac la intervale mici de înălțime, ceea ce dă posibilitatea să se studieze în amănunțime structura troposferei.

De obicei se socotește că indicele de refracție al aerului este egal cu unitatea. Dar acest lucru este adevărat numai în primă aproximație. În realitate valoarea indicelui de refracție al troposferei depinde de presiunea, temperatura și umiditatea aerului și se deosebește, deși în măsură foarte mică, de unitate. La presiune, umiditate și temperatură normale, indicele de refracție este mai mare ca unitatea aproximativ cu $4 \cdot 10^{-4}$. Dependența indicelui de refracție de presiunea aerului p , temperatura T și presiunea vaporilor de apă (umiditatea absolută) p' se determină cu ajutorul unei formule ai cărei coeficienți au fost determinați pe cale experimentală:

$$(n-1) 10^6 = \frac{78,5}{T} \left(p + \frac{4800}{T} p' \right), \quad (7)$$

în care:

n este indicele de refracție al aerului;

T — temperatura absolută ($T = 273 + t^\circ\text{C}$);

p și p' — presiunea, în mbari.

Indicele de refracție nu este constant la diferite înălțimi și în general el se micșorează o dată cu creșterea acesteia față de suprafața pămîntului, tinzînd către unitate. De aceea, straturile inferioare ale atmosferei constituie un mediu neomogen, ai cărui parametri se schimbă în funcție de anotimp, ora din zi și starea atmosferică. Variațiile indicelui de refracție al atmosferei sînt esențiale pînă la o înălțime de aproximativ 10 km. La această înălțime, valoarea $(n-1)$ este egală cu $109 \cdot 10^{-6}$ și constantă pe întregul glob pămîntesc. După cum se vede din cifrele indicate, valoarea absolută a indicelui de refracție al atmosferei variază în mică măsură.

Asupra propagării undelor radio nu exercită o influență valoarea absolută a indicelui de refracție, ci legea de variație a acestuia cu înălțimea. În legătură cu aceasta, din numeroasele observații făcute s-a constatat că, la lati-

tudinile medii, starea medie a atmosferei se caracterizează printr-o variație uniformă a indicelui ei de refracție cu înălțimea. Atmosfera în care indicele de refracție se micșorează cu $4 \cdot 10^{-8}$ pentru fiecare metru de variație a înălțimii se numește „atmosfera standard“.

Legea de variație cu înălțimea a indicelui de refracție al troposferei diferă adesea mult de o lege linară. Măsurînd înălțimea sînt cazuri cînd indicele de refracție la început scade cu înălțimea, apoi începînd de la un anumit nivel crește și apoi se micșorează din nou. Uneori indicele de refracție crește de la suprafața pămîntului pînă la o înălțime de cîteva zeci de metri și apoi începe să se micșoreze. Neomogenitatea atmosferei în direcție verticală duce la curbarea traiectoriei unei, adică la refracție. Prin urmare orice variație a condițiilor meteorologice, a timpului, influențează legea de propagare a UUS.

Troposfera este neomogenă și în direcție orizontală. În ea există neomogenități locale, datorită apariției vîrtejurilor din atmosferă. Diversele porțiuni ale suprafeței pămîntului se încălesc în mod diferit. Din această cauză în troposferă apar curenți de aer ascendenți și descendenți și în anumite porțiuni densitatea aerului este mai mare sau mai mică. Prin urmare în unele puncte ale atmosferei valoarea indicelui de refracție se poate deosebi simțitor de valoarea lui medie. Neomogenitățile volumetrice ale troposferei au o influență mare asupra propagării undelor UUS, provocînd difuzia undelor radio.

Energia undelor radio mai este difuzată și de picăturile de apă precum și de particulele de gheață din atmosferă. În urma acestui fapt, cu ajutorul unor stații de radiolocație, care funcționează pe unde centimetrice, se pot descoperi regiunile în care cad ploile precum și cele în care sînt nori de furtună. Informațiile obținute în acest fel servesc pentru determinarea deplasării norilor de furtună și a uraganelor și se folosesc în aeronautică.

Conductibilitatea aerului este foarte mică și de aceea la propagarea în troposferă undele radio mai lungi de 30 cm practic nu sînt absorbite. Undele mai scurte de 30 cm sînt absorbite de picăturile de apă. Cîmpul undelor radio de înaltă frecvență induce în picăturile de apă curenți de deplasare, și din cauza conductibilității

apei apar pierderi, producându-se absorbția undelor radio. Undele centimetrice și milimetrice acționează și asupra moleculelor de gaze, suferind o absorbție. Astfel undele cu lungimea de 1,3 cm sînt absorbite de vaporii de apă, iar undele cu lungimea de 0,5 cm sînt absorbite de oxigenul din aer.

Ionosfera

Pînă nu de mult se considera că ionosfera nu exercită asupra propagării UUS o influență importantă. Dar cercetările întreprinse în ultimii ani au arătat că datorită ionosferei sînt posibile comunicații regulate, pe unde metrice, la distanțe foarte mari.

Să analizăm proprietățile ionosferei, care sînt importante din punct de vedere al propagării UUS. Cea mai importantă proprietate a ionosferei este aceea că în această regiune gazele care intră în componența atmosferei sînt ionizate. Procesul de ionizare constă în aceea că sub acțiunea razelor ultraviolete ale soarelui și a unor particule care provin din soare, atomii și moleculele neutre ale gazului se disociază în ioni încărcati pozitiv și în electroni încărcati negativ.

Gradul de ionizare este caracterizat prin densitatea electronilor, adică prin numărul de electroni dintr-un centimetru cub de gaz. Prezența electronilor liberi în gaz duce la schimbarea constantei dielectrice și prin urmare și a proprietăților de refracție ale acestuia. În afară de aceasta, la aceeași densitate de electroni, undele de diferite frecvențe sînt refractate diferit. Indicele de refracție al gazului ionizat se determină cu următoarea formulă simplă:

$$n = 1 - 80,8 \cdot 10^{-6} \frac{N}{f^2}, \quad (8)$$

în care:

N este numărul de electroni dintr-un centimetru cub de gaz;

f — frecvența de lucru, în MHz.

Din formulă se vede că indicele de refracție al gazului ionizat este întotdeauna mai mic decît unitatea, prin urmare mai mic decît indicele de refracție al aerului.

Densitatea electronilor variază cu înălțimea ionosferei, deoarece ionosfera este un mediu neomogen. Această variație a densității electronilor nu este uniformă, ci are cîteva valori maxime numite straturi. Se deosebesc patru straturi ionosferice regulate: stratul D la înălțimea de 60—80 km, stratul E la înălțimea de 100—120 km,

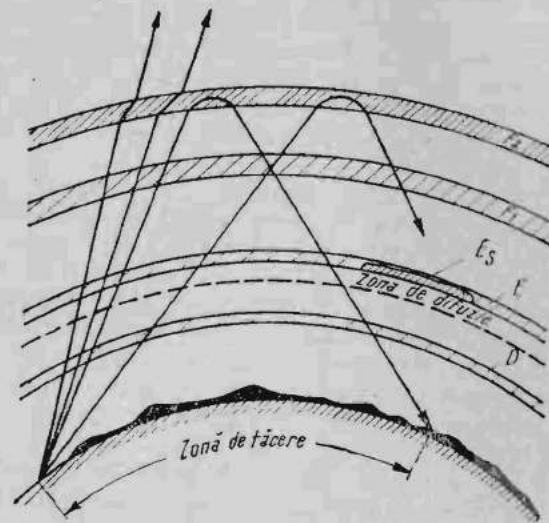


Fig. 5. Schema dispersiei straturilor ionosferice și formarea zonei de tăcere.

stratul F_1 la înălțimea de 200—250 km și stratul F_2 la înălțimea de 300—400 km (v. fig. 5).

Straturile mai înalte au o densitate electronică mai mare. Densitatea electronică a straturilor variază în funcție de înălțimea soarelui și prin urmare în funcție de ora din zi și de anotimp. Cea mai mare densitate se observă la amiază, avînd valori maxime vara, pentru toate straturile, în afară de stratul F_2 . Stratul F_2 are cea mai mare densitate la amiază, iarna. În afară de aceasta densitatea electronică a straturilor, în special a stratului F_2 , variază din an în an în funcție de perioadele de activitate solară. După cum au arătat rezultatele obser-

vațiilor efectuate în decurs de mai mulți ani, activitatea soarelui variază periodic, această perioadă fiind de aproximativ 11 ani. Încă din timpuri străvechi astronomii au observat că la suprafața soarelui apar formații întunecate numite „pete solare”, care au servit mult timp drept criteriu al activității soarelui. Mai târziu, s-a stabilit că radiația de raze ultraviolete a soarelui este cu atât mai intensă cu cât suprafața ocupată de petele solare este mai mare, și prin urmare crește corespunzător și capacitatea de ionizare a acestei radiații. În acest fel în anii în care numărul petelor solare este mare (ani de activitate solară maximă) densitatea de ionizare a straturilor ionosferice crește mult.

În afară de straturile regulate, în ionosferă se formează din timp în timp la înălțimea de 90—110 km, stratul neregulat E_s . Acest strat reprezintă o acumulare de gaz ionizat cu o densitate de electroni mult mai mare decât densitatea mediului înconjurător de la aceeași înălțime. Acest strat apare deasupra unui teritoriu relativ mic (aproximativ de 100×100 km) și se poate deplasa în orice direcție sub acțiunea vinturilor din ionosferă. Viteza de deplasare a acestui strat este de aproximativ 150—250 km/oră.

Stratul E_s apare de obicei în orele de zi, în timpul verii la latitudini sudice. Astfel în regiunea ecuatorului în timpul zilei el există aproape tot timpul, iar la latitudinile medii în timpul zilelor de vară în 50—70% din timp, adică 15—20 zile pe lună. Uneori stratul E_s persistă câteva ore, iar alteori numai câteva minute. Iarna, la latitudini medii, stratul E_s apare rareori. În fig. 6 este arătată variația frecvenței de apariție a stratului E_s în funcție de ora din zi (în lunile de vară) și de anotimp (în timpul zilei).

Frecvența de apariție și densitatea de electroni a stratului E_s nu depind de perioada de 11 ani a activității solare. Cauzele formării stratului E_s nu sînt încă stabilite și de aceea nu se pot prezice timpul apariției și durata sa de existență. Acest strat joacă un rol important în propagarea UUS la distanțe foarte mari.

Undele radio se reflectă de straturile ionizate. Un strat ionizat reprezintă un mediu neomogen al cărui

indice de refracție scade cu înălțimea. În acest caz este posibilă apariția reflexiei interne totale. Pentru reflectarea undelor mai lungi este necesar ca gazul să aibă o densitate electronică mai mică. Pentru un strat cu o anumită densitate de electroni există o valoare critică a frecvenței, peste care undele nu se reflectă, ci trec prin strat refractîndu-se. În afară de aceasta la o frecvență dată există o anumită valoare critică a unghiului făcut de razele incidente, adică pentru o densitate de electroni și o frecvență date undele se pot reflecta numai în cazul transmiterii la o distanță mai mare de o anumită distanță minimă numită „zonă de tăcere” (v. fig. 5).

După cum s-a stabilit în ultimul timp, straturile ionosferice nu au o structură omogenă, apărînd sub forma unor nori de gaz ionizat. În unele locuri, densitatea de electroni este mai mare, în altele ea este mai mică. Dimensiunile acestor nori se apreciază la 50—100 m, de aceea ei se pot observa numai la undele scurte și metrice. Norii de gaz ionizat se formează și se risipesc mereu, fiind într-o mișcare haotică. Prezența unor astfel de neomogenități se manifestă cel mai evident la înălțimile de 70—80 km.

Undele radio sînt difuzate de neomogenitățile straturilor ionosferice aproximativ la fel ca și de neomogenitățile suprafeței pămîntului. Reflexia difuză este îndrep-

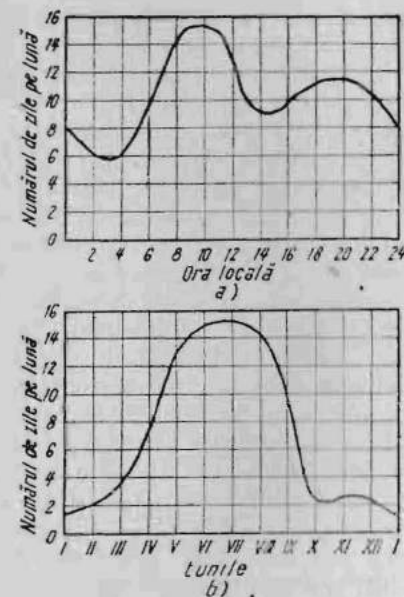


Fig. 6. Numărul de zile din lună în care există stratul E_s (la latitudinile medii): a - dependența de ora din zi (vara); b - dependența de anotimp (în timpul zilei).

tată în toate direcțiile dar în special în direcția inițială a undei.

Structura neomogenă a ionosferei este cunoscută deo-camdată în mică măsură. În prezent în această direcție se efectuează lucrări cu o mare valoare practică. Folo-sirea fenomenului de difuzie datorită neomogenităților straturilor ionosferice a deschis noi și largi posibilități de folosire a undelor ultrascurte.

Se întâmplă de asemenea o ionizare pentru scurt timp a atmosferei la pătrunderea în ea a unor meteori. Pose-dind viteze mari în raport cu pământul (13—70 km/s), meteoriții pătrund în atmosfera pământului și se ciocnesc cu moleculele de aer. Ca rezultat al acestor ciocniri se produce o ionizare a aerului. La deplasarea meteoriților în atmosfera pămîntească se formează în spatele lor o urmă sub forma unei coloane de aer ionizat. Pot provoca chiar ionizări puternice meteoriți cu o greutate de câteva grame. Urma ionizată are forma unui cilindru cu lungimea de câteva zeci de kilometri. Inițial diametrul cilindrului este mic, dar mai târziu moleculele de aer încep să se risipească, diametrul cilindrului se mărește și densitatea de ionizare se micșorează. Dacă densitatea de ionizare este suficient de ridicată, diametrul coloanei ionizate poate atinge zeci și sute de metri.

Cu ajutorul instalațiilor de radiolocație se pot observa aproximativ de 100 ori mai mulți meteoriți decât reușește să vadă cu ochiul liber un observator experimentat. În plus, cu ajutorul instalațiilor de radiolocație meteoriții pot fi observați nu numai noaptea, ci și ziua, precum și pe vreme înnoată.

De asemenea este posibilă reflexia undelor metrice de zonele aurorelor polare.

Auorele polare sînt o urmare a ionizării atmosferei de către particulele ce erup din regiunile active ale soa-relui. Aceste aurore iau naștere la înălțimea de 80—90 pînă la 1 000 km deasupra suprafeței pământului.

CAPITOLUL III PROPAGAREA UUS ÎN LIMITELE ORIZONTULUI VIZIBIL

Pînă în ultimul timp UUS se întrebuntau numai pentru emisiuni recepționate la distanțe relativ mici, în limitele vizibilității directe. Dincolo de această limită intensitatea cîmpului UUS se micșorează foarte mult, deoarece în această gamă difracția se manifestă în mult mai mică măsură decît la undele mai lungi și în conse-cință UUS se propagă aproape în linie dreaptă. Pentru mărirea bătăii emisiunilor pe UUS, an-tele se înalță cît mai mult posibil deasupra pămîntului. Cunoscînd înălțimea la care sînt

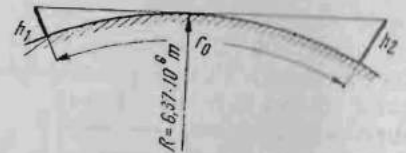


Fig. 7. Determinarea distanței de vi-zibilitate directă.

ridicate antenele de emisie și de recepție, cu ajutorul unor considerații geometrice simple se poate determina ușor distanța de vizibilitate directă (v. fig. 7).

Fără a ține seama de refracție, distanța de vizibi-litate directă poate fi determinată cu formula

$$r_0 = \sqrt{2R} (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) = 3,57 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}), \quad (9)$$

în care :

R este raza globului pămîntesc ($6,37 \cdot 10^6$ m) ;

h_1 — înălțimea antenei de emisie, în m. ;

h_2 — înălțimea antenei de recepție, în m.

Practic r_0 este de aproximativ 40—50 km.

Propagarea la distanțe mult mai mici decât vizibilitatea directă

În domeniul UUS primele cercetări au fost îndreptate spre stabilirea condițiilor de propagare a acestora în limitele vizibilității directe, la distanțe mici pe trasee deschise, în care caz suprafața pământului poate fi considerată plană iar în calea propagării unde nu există munți, clădiri înalte și alte obstacole importante.



Fig. 8. Schema de propagare a UUS la distanțe mici.

B. A. Vvedenski a fost primul care în 1922 a dat răspunsul la întrebarea cum trebuie calculată intensitatea cîmpului UUS și de ce depinde această intensitate. Primele experiențe au fost efectuate de acesta pe lungimea de undă de 3,8 m, la o distanță de cîteva zeci de metri. B. A. Vvedenski a arătat că la distanțe mici, în orice punct cîmpul se compune din două unde: unda directă și unda reflectată de suprafața pământului (v. fig. 8). Unda reflectată de pământ există chiar în cazul întrebuițării unor antene cu directivitate mare.

În funcție de diferența dintre lungimile drumurilor parcurse de undele directă și reflectată, cîmpul rezultat poate fi mai mare sau mai mic decât cîmpul fiecăreia dintre cele două componente. Dacă antena are o înălțime mică în raport cu lungimea traseului (cazul obișnuit în practică) la reflexia de suprafața pământului faza unde se schimbă cu 180°. În acest fel, dacă diferența dintre lungimile de drum ale undelor directă și reflectată este mică (mai mică decât o jumătate de lungime de undă) sau dacă această diferență reprezintă un număr par de lungimi de undă, cîmpurile se scad. Dacă însă această diferență de drumuri reprezintă un număr impar de jumătăți de lungimi de undă, cîmpurile se adună.

În acest caz, cîmpul are un caracter de interferență. Intensitatea cîmpului nu scade uniform o dată cu creșterea distanței sau a înălțimii de deasupra pământului,

ci ba se mărește, ba se micșorează. Ca rezultat, în plan vertical, caracteristica de directivitate este formată din mai multe loburi (v. fig. 9).

Din fig. 9 se vede că înălțind antena de recepție deasupra nivelului de radiație maximă a primului lob,



Fig. 9. Caracteristica de directivitate cu mai multe loburi obținută ca rezultat al interferenței dintre unda directă și cea reflectată.

intensitatea cîmpului începe să se micșoreze o dată cu înălțarea antenei. Deci este inutil ca înălțimea antenei să fie mai mare decât :

$$h_{2max} = \frac{\lambda}{4} \cdot \frac{r}{h_1} \quad (10)$$

Savantul B. A. Vvedenski a propus pentru calculul intensității cîmpului de UUS o formulă simplă, numită formula de reflexie, pentru cazul cînd antena de recepție este situată la o înălțime mică, în așa fel încît cîmpul să fie radiat de partea inferioară a primului lob al diagramei de interferență :

$$E = \frac{2,18 \sqrt{PD} h_1 h_2}{r^2 \lambda} \quad (11)$$

în care :

E este valoarea efectivă a intensității cîmpului la locul recepției, în mV/m ;

P — puterea radiată de antenă, în kW ;

D — factorul de directivitate al antenei în raport cu un vibrator nedirecțional (mărime fără dimensiuni) ;

h_1 și h_2 — înălțimile antenelor de emisie și de recepție, în m ;

r — distanța de-a lungul suprafeței pământului, în km;

λ — lungimea de undă, în m.

Formula (11) este o formulă de bază în calculul liniilor de radiocomunicație pe unde ultracurte și la amplasarea stațiilor de radiodifuziune. Din formulă reiese în mod clar dependența intensității cîmpului de lungimea de undă, de înălțimile antenelor și de distanță. Din această formulă se vede că pentru mărirea intensității cîmpului este necesar să se înalțe cât mai sus antenele de emisie și de recepție. Intensitatea cîmpului este cu atât mai mare cu cât este mai mică lungimea de undă. O dată cu creșterea distanței, intensitatea cîmpului scade după o lege pătratică.

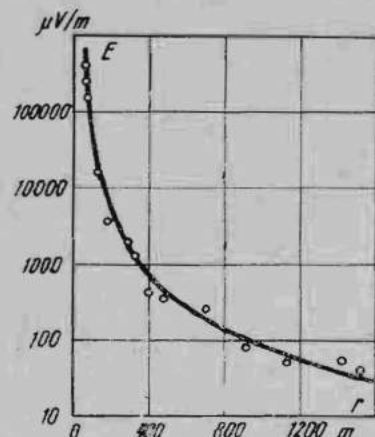


Fig. 10 Compararea valorilor intensității cîmpului cu rezultatele măsurărilor efectuate pe un teren neaccidentat.

Trebuie observat că formula (11) este valabilă numai dacă antenele sînt ridicate la o înălțime suficient de mare. Se vede ușor că intensitatea cîmpului este egală cu zero, dacă una din antene este așezată la suprafața pământului, adică atunci cînd h_1 sau h_2 este egal cu zero. Acest rezultat nu corespunde realității și formula (11) nu este aplicabilă.

De asemenea această formulă nu este aplicabilă nici în cazul cînd antenele sînt ridicate la o înălțime foarte mare. În acest caz formula (11) este aplicabilă în limita dată de condiția

$$h_2 \leq \frac{r\lambda}{18h_1} \quad (12)$$

Valabilitatea formulei (11) a fost verificată experimental prin măsurarea intensității cîmpului de-a lungul

traseului de propagare a undelor. În fig. 10 sînt reprezentate rezultatele obținute la măsurarea intensității cîmpului în comparație cu o curbă calculată. Măsurările s-au efectuat deasupra unui teren neaccidentat pentru lungimea de undă de 7,25 m. Înălțimile antenelor de emisie și de recepție au fost de 29, respectiv de 3,1 m. Rezultatele calculelor făcute cu ajutorul formulei (11) sînt reprezentate prin linia continuă. După cum se vede, diferența dintre rezultatele experimentale și dintre datele obținute prin calcul nu este mare.

Propagarea la distanțe apropiate de limita vizibilității directe

La mărirea distanței nu se mai poate neglija influența curburii suprafeței pământului. În fig. 11 este reprezentată schema propagării UUS pe distanțe la care este deja necesar să se țină seama de sfericitatea pământului.

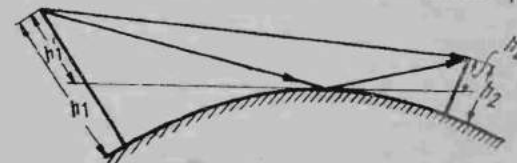


Fig. 11. Schema propagării UUS la distanțe la care este necesar să se țină seama de sfericitatea suprafeței pământului.

Din schemă se vede că dacă prin punctul de reflexie a undelor radio de suprafața pământului se duce o suprafață tangentă la globul pămîntesc și dacă se consideră înălțimile antenelor de la această suprafață și nu de la suprafața pământului, obținem aceeași schemă de propagare a undelor, ca și în cazul pământului plan. Diferența de drum a razelor se determină în același fel ca și mai înainte. Prin urmare, pentru determinarea intensității cîmpului, în acest caz, în formula (11) în locul înălțimilor reale ale antenelor h_1 și h_2 trebuie să se pună așa-numitele înălțimi reduse h'_1 și h'_2 , egale cu distanța cu-

prinsă între punctul de suspensie al antenei și planul tangent în punctul de reflexie. Mărimile înălțimilor reduse (în metri) se determină prin relații geometrice.

La calculul intensității cîmpului după formula (11) s-a presupus că razele se propagă în linie dreaptă. În realitate sub influența refracției, traiectoria razei devine

curbă, ceea ce îngreunează calculul diferenței de cale între raza directă și cea reflectată.

Deoarece această formulă este simplă și explicată și întrucît folosirea ei practică a fost bine verificată prin experiență, s-a considerat că este rațional să se introducă în ea anumite completări, pentru a se ține seamă de fenomenul de refracție, fără a schimba în mod esențial însăși formula. S-a introdus noțiunea de rază echivalentă a globului pămîntesc, care a per-

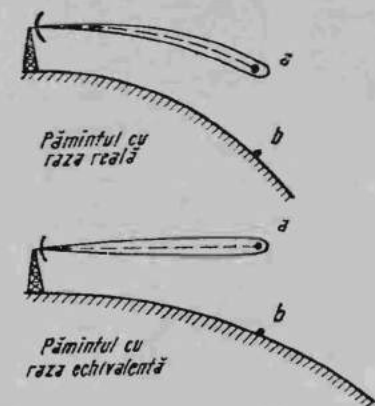


Fig. 12. Indicarea influenței refracției prin înlocuirea razei reale a pămîntului cu o rază echivalentă.

mis să se țină seama în mod aproximativ de fenomenul refracției atmosferice.

În fig. 12 este reprezentată suprafața sferică a pămîntului și o antenă așezată deasupra acestei suprafețe. Unda radiată se propagă după o anumită curbă și în punctul de recepție se găsește la distanța ab de suprafața pămîntului. Să ne închipuim că unda nu se propagă după o linie curbă, ci după o dreaptă. Pentru aceasta, pentru ca ea să continue a se găsi la aceeași înălțime deasupra suprafeței pămîntului, trebuie ca raza globului pămîntesc să se schimbe, adică raza reală a globului pămîntesc trebuie înlocuită printr-o rază echivalentă.

Cu ajutorul relațiilor geometrice se poate găsi dependența între curbura traiectoriei și raza echivalentă a globului pămîntesc. Curbura traiectoriei depinde de variația indicelui de refracție al atmosferei la creșterea înăl-

țimii cu o unitate, de exemplu cu 1 m. Prin urmare, raza echivalentă a globului pămîntesc R' depinde de variația indicelui de refracție al atmosferei cu înălțimea. Dacă traiectoria razei în atmosferă este orientată cu convexitatea în sus, adică în cazul în care raza se întoarce pe pămînt, raza echivalentă a globului pămîntesc este mai mare decât raza reală. Creșterea aparentă a razei globului pămîntesc este reprezentată de coeficientul k :

$$k = \frac{R'}{R}. \quad (13)$$

Coeficientul k este legat de indicele de refracție al atmosferei prin relația

$$k = \frac{1}{1 - 6,37 \cdot 10^6 \Delta n}, \quad (14)$$

unde Δn este variația indicelui de refracție al atmosferei pentru o creștere a înălțimii cu 1 m.

Noțiunea de rază echivalentă este aplicabilă nu numai atunci cînd indicele de refracție variază liniar cu înălțimea, independent de înălțimea considerată, adică Δn este o mărime constantă pentru toate înălțimile. Noțiunea de rază echivalentă a globului pămîntesc dă măriri medii și în realitate se aplică cu succes chiar și în cazul în care legea de variație a indicelui de refracție cu înălțimea este diferită de o lege liniară.

În formula (11) mărirea razei de curbura a suprafeței pămîntului este luată în considerare prin schimbarea înălțimilor reduse ale antenei. După cum se vede din fig. 11, înălțimea transformată se mărește și prin urmare se mărește și intensitatea cîmpului în punctul de recepție. În cazul refracției atmosferice standard, cînd $\Delta n = 4 \cdot 10^{-8}$ m, raza echivalentă a globului pămîntesc este de $k = 4/3$ ori mai mare decât raza reală. Această mărime a lui k este aceea care se adoptă de obicei în practică, în afară de cazul în care măsurări speciale au arătat că indicele de refracție al atmosferei variază altfel cu înălțimea.

Creșterea intensității cîmpului la distanțe apropiate de limita vizibilității directe se constată efectiv. Luarea în considerație a refracției prin metoda descrisă mai sus concordă cu datele experimentale.

Observațiile asupra propagării UUS au arătat că intensitatea cîmpului, la locul de recepție, nu este constantă. Intensitatea cîmpului variază în funcție de anotimp, de ora din zi și de la o zi la alta. În alara acestor variații lente se observă variații rapide de câteva secunde sau de câteva minute. Aceste variații se numesc ledin-guri.

Variațiile lente ale intensității cîmpului sînt provocate de variațiile condițiilor meteorologice. Variaza condițiile de refracție, variază curbura traiectoriei razei și prin urmare variază și diferența de fază între unda directă și cea reflectată. Variațiile rapide sînt provocate de fluctuația proprietăților de refracție ale atmosferei. Sub acțiunea unei încălziri locale și a mișcărilor din troposferă proprietățile de refracție ale atmosferei variază, adică fluctuează.

La propagarea în limitele vizibilității directe intensitatea cîmpului este suficient de mare și variază puțin. Se observă în special variații lente ale intensității cîmpului. Pentru a lupta cu aceste variații este suficientă utilizarea sistemului RAA.

Influența accidentilor de teren de la suprafața pămîntului

Formulele teoretice, examinate mai sus, concordă într-o mare măsură cu experiența în cazul în care suprafața pămîntului poate fi considerată ca o sferă netedă. Dacă în drumul de propagare a undei există un obstacol mai important, un deal sau o clădire înaltă, intensitatea cîmpului poate fi apreciată efectuind calculul conform teoriei difracției.

În mod aproximativ intensitatea cîmpului de difracție dincolo de un obstacol poate fi calculată cu ajutorul formulei propuse de A. N. Șciukin :

$$E = E_0 F \quad (15)$$

în care :

E_0 este intensitatea cîmpului în spațiul liber, determinată de formula (5) ;

F este un factor de atenuare, pentru determinarea căruia se poate folosi graficul din fig. 13.

Parametrul u depinde de înălțimea obstacolului, Z , de distanțele r_1 de la emițător la obstacol și r_2 de la obstacol la receptor precum și de lungimea de undă λ :

$$u = Z \sqrt{\frac{2(r_1 + r_2)}{r_1 r_2 \lambda}} \quad (16)$$

În condiții reale, în drumul de propagare al unei unde se întîlnesc multe obstacole, diferite ca mărime și fără o formă geometrică regulată : dealuri, arbori, construcții etc. În acest caz calculul intensității cîmpului, ținînd

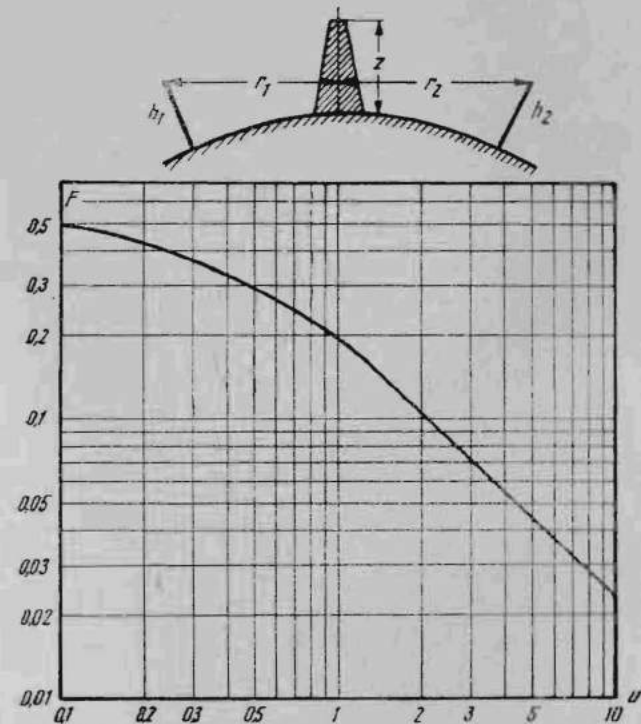


Fig. 13. Graficul pentru determinarea factorului de atenuare al intensității cîmpului în spatele unui obstacol.

seama de influența tuturor acestor obstacole și accidente, este practic imposibil. Cînd se proiectează de exemplu amplasarea unei stații radio pe UUS sau a unei stații de televiziune, calculul teoretic poate da numai o apreciere orientativă asupra intensității cîmpului pe teritoriul învecinat. Valori precise se pot obține numai măsurînd intensitatea cîmpului la locul respectiv.

Pentru alegerea locului de amplasare a emițătorului și pentru aprecierea intensității cîmpului se efectuează mai întîi măsurări cu ajutorul unui emițător experimental, care lucrează pe aceeași lungime de undă ca și cel real, avînd o putere mult mai mică. Astfel de experiențe s-au efectuat de exemplu în Anglia. În aceste experiențe, în afară de rezultatele concrete — determinarea intensității cîmpului pentru lungimea de undă dată pe teritoriul dat —, s-au obținut și unele date cu caracter de legi generale interesante. De aceea vom descrie aceste experiențe mai amănunțit.

Măsurările s-au efectuat cu unde de aproximativ 2 și 0,5 m (frecvențele de 102,6 și 593,6 MHz). Puterea emițătorului a fost de aproximativ 100 W. Măsurările s-au efectuat pe nouă direcții diferite în jurul emițătorului la o distanță pînă la 70 km, din 8 în 8 km. Rezultatele măsurărilor au depins foarte mult de alegerea locului de amplasare a antenei de recepție. Dacă antena se găsea la loc deschis, diferențele între diversele măsurări reprezentau 2—3 dB. Între arbori înalți abaterile întîmplătoare ale valorilor intensității cîmpului de la valoarea medie ajungeau pînă la 20 dB. La lungimea de undă mai mică aceste abateri erau mai importante.

Intensitatea cîmpului depinde foarte mult de profilul terenului. În fig. 14 este reprezentat profilul terenului pe una din direcțiile pe care s-au efectuat măsurările, iar pe grafic sînt reprezentate punctele corespunzătoare ale intensității măsurate a cîmpului. La începutul traseului, unde terenul este plan, intensitatea cîmpului scade uniform. Apoi terenul urcă pînă la un vîrf de deal. Pe această porțiune de drum, intensitatea cîmpului crește o dată cu îndepărtarea de emițător. Dincolo de deal intensitatea cîmpului scade brusc. Aceasta corespunde zonei de umbră. Mai departe terenul este plan. Este interesant că pe această

porțiune de cale, intensitatea cîmpului nu se micșorează o dată cu creșterea distanței, ci rămîne constantă pe o întindere de aproape 20 km. Acest fenomen se explică prin aceea că vîrfurile dealului parcă ar servi de retransmițător natural. La suprafața pămîntului, în spatele dealului, sosesc două raze: o rază directă din vîrfurile dealului,

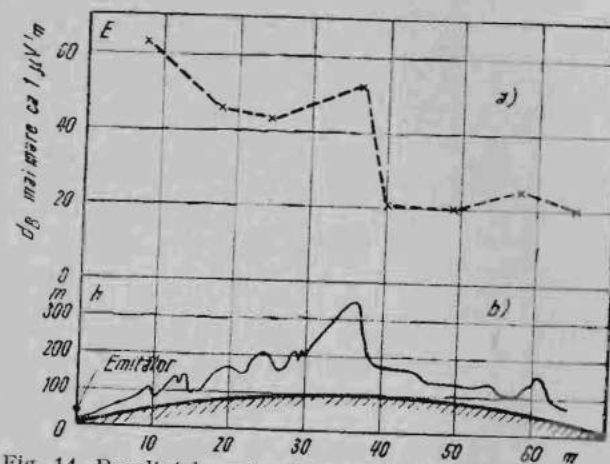


Fig. 14. Rezultatele măsurării intensității cîmpului undei cu frecvența de 593,6 MHz, pe teren accidentat: a — intensitatea cîmpului; b — profilul traseului.

lului și o a doua rază reflectată de pămîntul dintre deal și receptor. În cazul unei relații favorabile între fazele razelor directă și reflectată, intensitatea cîmpului se mărește, ceea ce în cazul dat a dus la compensarea micșorării intensității cîmpului cu distanța.

S-au observat cazuri în care intensitatea cîmpului în spatele obstacolului, pe o anumită porțiune de drum, crește o dată cu mărirea distanței.

Măsurările au mai arătat că pe direcțiile radiale care străbăteau porțiuni cu multe construcții ale unui oraș (Londra), intensitatea cîmpului era în general mai mică decît la aceeași distanță de pe celelalte direcții. Acest lucru s-a manifestat foarte puternic pentru unda de 0,5 m. Diferența atinge valorile de 15—20 dB.

Cînd suprafața pămîntului este accidentată sau antena este amplasată într-o regiune cu multe construcții, se naște întrebarea: la calculul intensității cîmpului de la ce nivel să se socotească înălțimea antenei?

După cum se vede din formula (11) valoarea calculată a intensității cîmpului depinde foarte mult de valoarea

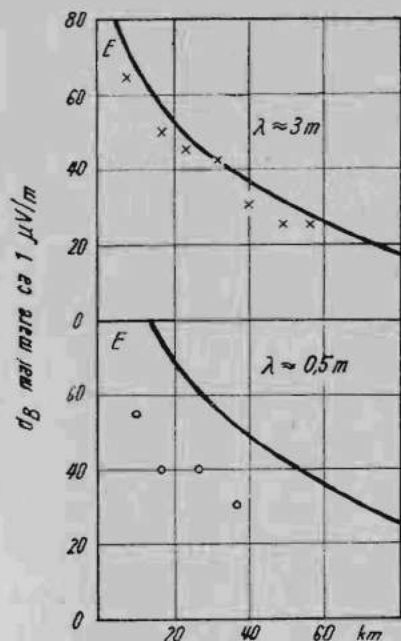


Fig. 15. Comparatie între valorile intensității cîmpului calculate și cele rezultate din măsurările efectuate pe un teren accidentat.

diferența este mult mai mare, ea atingînd 20—30 dB. În aceste grafice sînt reprezentate valorile medii pentru toate direcțiile, ceea ce exclude influența specificului unui traseu dat. Măsurările efectuate au arătat că cu cît înălțimea este mai mare, cu atît este mai mare și nepotrivirea între experiență și calcul și cu atît este mai mică intensitatea măsurată a cîmpului în raport cu cea calcu-

care va fi aleasă pentru înălțimea antenei. Acest lucru trebuie întotdeauna stabilit. Nepotrivirile față de realitate se pot datori chiar stabilirii greșite a înălțimii antenei. Unii cercetători presupun că în cazul unui teren frămîntat, înălțimea antenei trebuie considerată ca fiind înălțarea acesteia deasupra nivelului mediu, calculat la o distanță de 3—10 km de antenă. Alții consideră că este mai corect să se ia înălțimea reală a antenei.

În fig. 15 se compară curba reieșită din calcule, cu punctele obținute din experiență. Pentru unda de 3 m, valorile măsurate se deosebesc de cele calculate cu cel mult 6 dB.

Pentru unda de 0,5 m,

lata. Aceleași rezultate au fost obținute și de alți cercetători.

Prin generalizarea rezultatelor multor observații a fost obținută o formulă empirică, care permite să se calculeze corecția pentru un teren accidentat. O dată cu creșterea frecvenței, diferența între valorile teoretice și experimentale ale intensității cîmpului, exprimată în decibeli, crește proporțional cu frecvența. Vorbind în mare, pentru distanțe în limitele vizibilității directe, această mărire nu depinde de distanța pînă la emițător și de înălțimea de ridicare a antenei. Prin extrapolarea valorilor experimentale a fost obținută o formulă pentru determinarea valorii medii a intensității cîmpului pentru un teren frămîntat în gama frecvențelor de la 50 la 1 000 MHz:

$$20 \lg E/E_0 = 37 - 20 \lg f, \quad (17)$$

în care:

E_0 este intensitatea cîmpului calculată pentru teren plan;

f — frecvența, în MHz.

Pentru un teren plan, intensitatea cîmpului crește o dată cu scurtarea lungimii de undă. Acest lucru rezultă din formula (11). În condiții reale, existența unui teren accidentat compensează această creștere și intensitatea cîmpului aproape că nu depinde de frecvență.

Într-un teren foarte muntos, calculul, chiar ținînd seama de corecții, dă o aproximație foarte mare față de realitate. Adesea este greu să se aprecieze locurile în care recepția va fi slabă și nesigură. Pentru găsirea unor astfel de locuri și pentru alegerea celui mai bun loc de amplasare a antenei de emisie se întrebuițează următoarea metodă.

Se execută o machetă a reliefului terenului cu toate înălțimile și accidentele. În locul prevăzut pentru amplasarea antenei se așază o lampă mică. Intensitatea luminii în diversele puncte ale machetei caracterizează intensitatea cîmpului de UUS al emițătorului pe terenul respectiv. Dacă se fotografiiază această machetă și harta terenului la aceeași scară și dacă se suprapun apoi diapositivele și se face o fotografie comună, se obține harta intensității cîmpului. Deplasînd lampa (emițătorul), se

poate alege locul cel mai convenabil pentru amplasarea acesteia. O astfel de metodă a fost întrebuințată pentru alegerea locului de amplasare a stației de radiodifuziune pe UUS din Grätz (Austria).

Adeesea este necesar să se obțină o comunicație sau este de dorit să se recepționeze emisiunile de televiziune

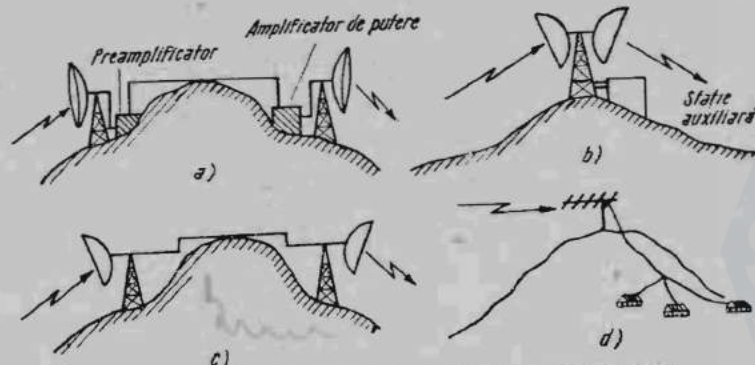


Fig. 16. Metodele de recepție a UUS în zona de umbră.

pe un teren deluros, punctul de recepție găsindu-se în spatele unui deal, în zona de umbră. În acest caz intensitatea cimpului poate fi insuficientă pentru recepție. Pentru ca recepția să fie posibilă se întrebuințează adesea una din metodele următoare.

Pe panta dealului orientată spre emițător, în apropiere de vîrf, se instalează o antenă de recepție (fig. 16, a). Semnalul de la antena de recepție se aplică la un preamplificator, iar după aceasta, printr-un cablu, la un amplificator de putere și la o antenă de emisie orientată spre punctul de recepție. Greutatea tehnică constă în înlăturarea reacției între antenele de emisie și de recepție, dacă emițătorul de putere funcționează pe aceeași undă pe care este acordat receptorul. Pentru înlăturarea reacției antena de emisie se îndepărtează la câteva zeci de metri de cea de recepție și ambele antene se amplasează pe pante diferite ale dealului. În acest caz sînt necesare o sursă de alimentare și o deservire permanentă a instalației. Totuși acest mijloc este destul de simplu și de ieftin. Un

astfel de sistem poate retransmite numai un singur program.

Se poate folosi un emițător auxiliar care să lucreze pe o lungime de undă diferită de lungimea de undă a stației principale (fig. 16, b). În acest caz se evită pericolul reacției. Antena de recepție și cea de emisie nu mai trebuie îndepărtate la distanțe mari una de alta. Semnalul de la antena de recepție se amplifică și se delectează în receptor, iar apoi modulează emițătorul auxiliar. În acest caz este necesar un echipament mai complex, sînt necesare surse de alimentare și o deservire permanentă. Un astfel de sistem poate retransmite de asemenea numai un singur program. Pentru recepția unui alt program este necesar să se reacordeze receptorul.

Cel mai simplu mijloc este folosirea unui retransmițător pasiv (fig. 16, c). O antenă cu coeficient de amplificare mare se amplasează în vîrfurile dealului în limitele vizibilității directe a emițătorului. Semnalul de la antena de recepție se aplică direct la antena de emisie, amplasată în limitele vizibilității directe a punctului de recepție. Această metodă se poate întrebuința numai în cazul existenței unui semnal suficient de puternic și numai în cazul în care distanța de la emițător la retransmițător este mult mai mare decît cea de la retransmițător la receptor. Retransmițătorul pasiv are o serie de avantaje. Pentru el nu sînt necesare surse de alimentare, este simplu și ieftin și nu necesită deservire permanentă. Un mare avantaj al lui este faptul că el poate retransmite simultan cîteva programe.

Pentru recepția emisiunilor de televiziune într-un sat așezat în spatele unui deal la o distanță mică de vîrfurile dealului, este indicat să se întrebuințeze o antenă colectivă (fig. 16, d). Semnalul de la antenă se poate aplica la un preamplificator și apoi — printr-un fider comun — spre sat. Pentru decuplare, între diferitele receptoare se folosesc repetitoare catodice.

La proiectarea stațiilor pe UUS este necesar să se țină seama de faptul că intensitatea cimpului în condițiile unui oraș este foarte scăzută. Un oraș mare trebuie socotit ca un teren foarte accidentat. În punctul de recepție pot sosi cîteva unde reflectate de diferite clădiri și instalații. Chiar în cazul în care

între antenele de emisie și recepție există vizibilitate directă, cîmpul în punctul de recepție are un caracter foarte complex. Caracterul cîmpului electromagnetic într-un oraș se poate schimba nu numai de la punct la punct, ci și în timp, din cauza reflexiei undelor radio de vehiculele în mișcare (tramvaie, automobile). La mișcarea vehiculelor variază amplasarea „accidenților” și intensitatea cîmpului se schimbă. Adesea se observă că atunci cînd antena de recepție este amplasată la înălțime mică (etajele 1 și 2) nu se recepționează semnalul direct, ci un semnal reflectat de o clădire mare amplasată în apropiere.

Și mai complexă este structura cîmpului în încăperi. Pentru a obține o recepție optimă, antena de cameră nu trebuie totdeauna să fie orientată spre centrul de televiziune. Într-o încăpere esențială a condițiilor de recepție. Se înțelege că pentru o imagine atît de complexă a cîmpului și un număr atît de mare de factori care influențează asupra lui, nu se poate da o formulă precisă pentru calculul intensității cîmpului. Valoarea medie a intensității cîmpului se poate aprecia cel puțin aproximativ cu ajutorul formulelor empirice, obținute pe baza generalizării unui mare număr de date experimentale. Experiența arată că în medie, în condițiile unui oraș mare, se poate întrebuița pentru apreciere formula (11), dar valorile obținute cu această formulă trebuie înmulțite cu un anumit coeficient, mai mic ca unitatea. Mărimea acestui coeficient oscilează în limitele 0,25—0,4. În acest caz înălțimea antenelor trebuie socotită de la suprafața pămîntului. Chiar și în acest caz se va obține numai o valoare cu totul aproximativă a intensității cîmpului.

CAPITOLUL IV

PROPAGAREA TROPOSFERICĂ A UUS

O dată cu mărirea puterii emițătoarelor și a creșterii sensibilității receptoarelor a devenit posibilă recepția UUS dincolo de limitele vizibilității directe. S-a demonstrat teoretic că apariția la astfel de distanțe a unui cîmp cu intensitate mică poate fi explicată prin difracția UUS. Totuși intensitățile cîmpului constatate depășeau nivelurile calculate după legile difracției. A reieșit că o astfel de creștere a intensității cîmpului are loc datorită proceselor care se petrec în troposferă.

Factorii principali care contribuie la propagarea în troposferă, la distanță a UUS, sînt refracția puternică a undelor radio, reflexia de către straturile neomogene ale troposferei și dispersia datorită neomogenităților turbulente ale troposferei. În cea mai mare parte acești factori acționează simultan și este greu să se separe influența lor.

Difracția

Difracția joacă un rol esențial în cazul în care obstacolul este mai mic sau comparabil cu lungimea de undă. Curbura globului pămîntesc reprezintă un obstacol pentru propagarea undelor radio, și anume un obstacol de dimensiuni foarte mari. De aceea UUS suferă o difracție foarte mică în jurul suprafeței convexe a pămîntului. Totuși UUS se pot propaga, datorită difracției, dincolo de limitele vizibilității directe, în zona de umbră. Soluția riguroasă a problemei determinării intensității cîmpului de difracție este foarte complexă. O astfel de soluție a fost obținută de sa-

vantul sovietic V. A. Fok. Totuși formulele obținute sînt complicate pentru calcule ingineresti.

Calculul mai simplu cu ajutorul formulei de difracție propusă de B. A. Vvedenski concordă în bune condiții cu experiența. Intensitatea cîmpului în punctul de recep-

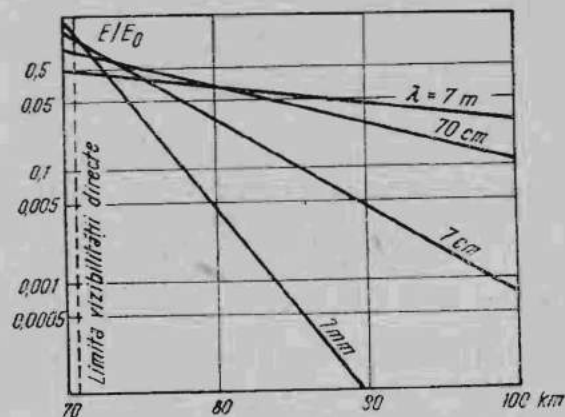


Fig. 17. Cîmpul de difracție dincolo de limitele orizontului aparent.

ție, în zona de difracție, ca și în limitele vizibilității directe, crește cu înălțarea antenelor de emisie și de recepție. Prin micșorarea lungimii de undă, intensitatea cîmpului se micșorează foarte mult.

În fig. 17 este prezentat graficul de calcul al dependenței intensității cîmpului de distanță, pentru lungimile de undă de la 7 m pînă la 7 mm. S-a considerat că antenele de emisie și de recepție se găsesc la înălțimea de 100 m. În acest caz limita vizibilității directe reprezintă 71 km. Intensitatea cîmpului este dată în unități relative la scară logaritmică. Într-o astfel de scară dependența intensității cîmpului de distanță are forma unei drepte. Înclinarea dreptelor este cu atît mai mare, cu cît unda este mai scurtă, adică o dată cu micșorarea lungimii de undă scade puternic intensitatea cîmpului dincolo de orizont.

În ultimii ani au fost publicate date asupra recepției undelor metrice pe un traseu ecranat de un vîrf de munte

înalt, lungimea traseului respectiv depășind limitele vizibilității directe. A reieșit că în anumite cazuri, intensitatea cîmpului în spatele unui munte nu se micșorează, ci crește o dată cu mărirea distanței. Virful muntelui acționează la fel ca o antenă de recepție-emisie. Cîmpul în punctul de recepție este dat de suma a patru unde, care se propagă pe drumurile ABC, ADBC, ABEC și ADBEC

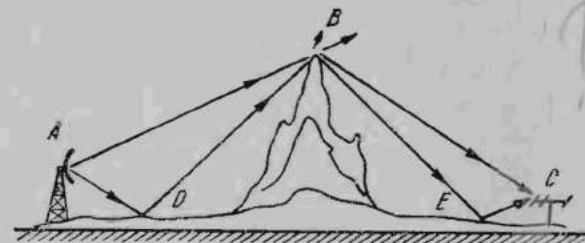


Fig. 18. Influența unui munte înalt asupra propagării UUS.

(fig. 18), ale căror amplitudini și faze depind de lungimea și forma traseului și de coeficientul de reflexie al suprafeței pămîntului.

Fenomenul de creștere a intensității cîmpului s-a observat foarte clar la efectuarea experiențelor pentru instalarea unei linii de retranslație în statul Colorado (SUA). Măsurările s-au efectuat pe cîteva trasee, fiecare din ele avînd o întindere de aproximativ 150 km. Unul din trasee, care trecea prin munții Stîncosi, tăia un vîrf de munte cu o înălțime de aproximativ 4000 m. Pe acest traseu intensitatea cîmpului în punctul de recepție depășea cu mult intensitatea cîmpului pe celelalte trasee. În afară de aceasta, recepția era mult mai stabilă, aproape că nu se observau ledinguri provocate de obicei de variația condițiilor meteorologice, deoarece propagarea avea loc în straturile stabile mai înalte ale atmosferei.

Acest fenomen interesant este încă puțin cercetat. Folosirea lui la realizarea comunicațiilor pe UUS în munți poate fi foarte folositoare.

Refracția și apariția „ghidului de unde atmosferic”

După cum s-a mai spus, sub influența refracției atmosferice, traiectoria undei din dreaptă devine curbă. În acest caz la o refracție normală, raza trece la aceeași înălțime deasupra pământului pe o distanță mai mare. În acest fel, pentru aceleași înălțimi ale antenelor, distanța vizibilității directe se mărește.

În cazul refracției normale pentru $k = 4/3$, distanța vizibilității directe în kilometri este determinată de formula:

$$r_0 = \sqrt{2Rk} (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) = 4,12 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \quad (18)$$

adică sub acțiunea refracției distanța vizibilității directe crește cu 8% [vezi și formula (9)].

Pentru ca la calculul intensității cîmpului, dincolo de limitele vizibilității directe, să se țină seamă de influența refracției, în formulele de difracție în locul mărimii reale a razei globului pămîntesc se introduce valoarea razei echivalente a pămîntului, care depinde de starea atmosferei.

Acest lucru a fost verificat prin experiență. În anul 1954 în Germania de Vest s-au efectuat observații speciale asupra propagării UUS în zona de umbră. Observațiile s-au efectuat pe un traseu în lungime de 76 km. Pentru experiențe s-a folosit un emițător modulată în amplitudine cu puterea de 180 W și care lucra pe frecvența de 68 MHz și un receptor cu sensibilitatea de 10 μ V. Antena de emisie se găsea la o înălțime de 90 m, iar cea de recepție la o înălțime de 30 m.

Simultan cu măsurarea intensității cîmpului, aproximativ la mijlocul traseului, s-au lansat radiosonde meteorologice (aparate ridicate cu ajutorul unor mici baloane și care comunică automat, prin radio, printr-un cod special, informații asupra stării atmosferei: presiune, umiditate și temperatură). După informațiile primite de la radiosonde se calculau indicii de refracție al atmosferei și raza echivalentă a pămîntului. Mărimii intensității cîmpului obținută prin calcul era comparată cu valoarea măsurată și în acest fel se verifica în ce măsură este aplicabilă, pentru calcule, formula de difracție.

Astfel de măsurări s-au efectuat în decurs de patru ani. Primii doi ani de observații nu au dat rezultate determinante: uneori acestea concordau în bune condiții, alteori nu concordau. Cauza acestui fenomen consta în aceea că inițial traseul a fost ales astfel încît el trecea la 90 km de stația meteorologică, la care se făceau observațiile asupra stării atmosferei. În următorii doi ani s-a schimbat traseul, acesta fiind ales astfel încît stația meteorologică se găsea în partea de mijloc a drumului. S-a înregistrat un început de concordanță continuă între rezultatele calculelor cu cele ale măsurărilor.

Aceste experiențe au arătat că dincolo de limitele orizontului aparent, în zona de difracție, intensitatea cîmpului depinde mult de starea atmosferei.

Trebuie să observăm că în zona de difracție, în care intensitatea cîmpului este mai mică decît în zona vizibilității directe, influența refracției atmosferice se manifestă mai puternic. Schimbările introduse în intensitatea cîmpului de influența refracției atmosferice sînt mici în comparație cu intensitatea cîmpului în limitele vizibilității directe și importante în raport cu cîmpul slab de difracție.

Uneori în troposferă se creează astfel de condiții, încît indicele de refracție variază în mod neobișnuit cu înălțimea. De exemplu după apusul soarelui suprafața pămîntului se răcește repede; se răcesc și straturile inferioare ale aerului, dar straturile superioare de aer rămîn încă încălzite. Înseamnă că temperatura aerului în acest caz nu scade, ci crește cu înălțimea și indicii de refracție scade, cu creșterea înălțimii, mai puternic decît în cazul refracției normale.

Scăderea puternică a indicelui de refracție al atmosferei cu înălțimea se observă adesea deasupra suprafeței unei ape: în apropierea apei umiditatea aerului este mare și aceasta scade foarte mult cu variația înălțimii. Este posibil și fenomenul invers: vîntul a adus aer rece dinspre mare, dar în apropierea pămîntului aerul a rămas cald. Atunci temperatura scade cu înălțimea mai repede decît în mod obișnuit, iar indicii de refracție scade cu înălțimea mai încet decît în mod obișnuit, sau poate chiar să crească.

În cazul abaterii legii de variație a indicelui de refracție al atmosferei față de cea standard, se schimbă și curbura razei. În fig. 19 se arată schematic cum se schimbă curbura traiectoriei unei raze pentru diferite feluri de variație a indicelui de refracție cu înălțimea.

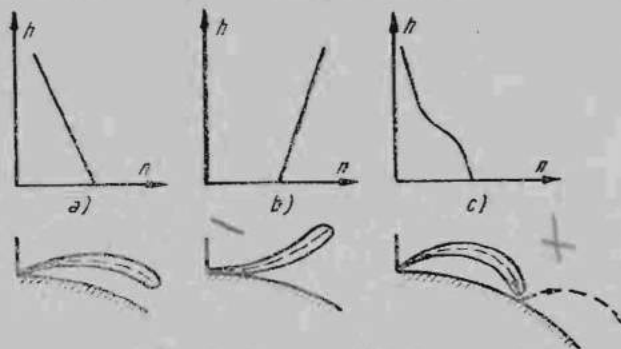


Fig. 19. Diferite cazuri de refracție atmosferică :
a — normală; b — negativă; c — pozitivă (ghid de unde atmosferic).

Fig. 19, a corespunde cazului refracției atmosferice normale. Indicele de refracție variază în acest caz cu $4 \cdot 10^{-6}$ pentru fiecare 100 m înălțime. Traiectoria unei raze reprezintă un arc de cerc cu raza de 25 000 km, îndreptat cu convexitatea în sus.

Fig. 19, b corespunde cazului așa-numitei refracții atmosferice negative, când indicele de refracție crește cu înălțimea. Traiectoria razei este îndreptată cu convexitatea în jos și unda se îndepărtează de suprafața pământului mai repede decât în cazul refracției normale. Aceasta duce la micșorarea intensității cîmpului la o distanță dată și la micșorarea distanței de propagare a UUS. Dacă pentru refracția normală a fost posibilă recepția undeva în limita vizibilității directe, prin apariția refracției negative recepția devine imposibilă, comunicația se întrerupe.

Fig. 19, c corespunde cazului refracției atmosferice pozitive, când indicele de refracție scade cu înălțimea mai repede decât în cazul refracției normale. Traiectoria unei raze este îndreptată cu convexitatea în sus și are o rază de curbură mai mică. Dacă indicele de refracție

variază cu înălțimea mai mult decât cu $16 \cdot 10^{-6}$, pentru fiecare 100 m înălțime, traiectoria razei devine atât de încovoiată, încît unda capătă posibilitatea de a se întoarce la suprafața pământului. În cazul refracției pozitive, intensitatea cîmpului la o distanță dată de emițător se mărește și distanța de propagare a undelor radio se mărește de asemenea.

Refracția pozitivă a undelor radio se observă de obicei în timpul unui anticiclone, la răcirea scoarței pământului în timpul serii și cel mai adesea în anotimpul cald al anului.

Proprietățile de refracție ale atmosferei se schimbă relativ încet și de aceea cîmpul determinat de refracția ridicată este suficient de stabil, fără ledinguri puternice. Fenomenul de refracție pozitivă explică posibilitatea unei recepții în bune condiții a emisiunilor de televiziune la distanțe de aproximativ 200 km.

Cînd zona de refracție pozitivă se întinde pe distanțe mari deasupra suprafeței pământului, în regiunea respectivă, UUS pot fi recepționate la distanțe foarte mari de emițător. Propagarea UUS în acest caz are loc în felul următor: raza care s-a întors pe pământ se reflectă de suprafața pământului, apoi se refractă în atmosferă și se întoarce din nou pe pământ. Unda radio se propagă prin reflexie succesivă de atmosferă și de suprafața pământului.

Acest fenomen este analog cu propagarea undelor radio într-un ghid de unde metalic și de aceea a căpătat denumirea de „ghid de unde atmosferic”. Dar spre deosebire de ghidul de unde metalic, pereții ghidului de unde atmosferic sînt semitransparenți. Numai o parte a energiei unei unde se reflectă de atmosferă, iar o parte refractîndu-se trece prin pereții ghidului de unde, fiind pierdută pentru recepție.

Pentru aceleași condiții de refracție, undele mai scurte sînt reflectate mai bine și străbat mai puțin prin „pereții” ghidului de unde atmosferic. Pentru un ghid de unde atmosferic de o anumită înălțime, analog cu ghidul de unde metalic, există o anumită lungime de undă critică; undele mai lungi decît această lungime de undă critică se amortizează repede și nu se propagă prin ghi-

dul de unde. De aceea, propagarea undelor radio, în condițiile ghidului de unde atmosferic, se observă cel mai adesea la undele decimetrice și centimetrice și, mai rar, la undele metrice.

Dimensiunile ghidului de unde atmosferic trebuie să intreacă de mai multe ori lungimea de undă. Astfel pentru

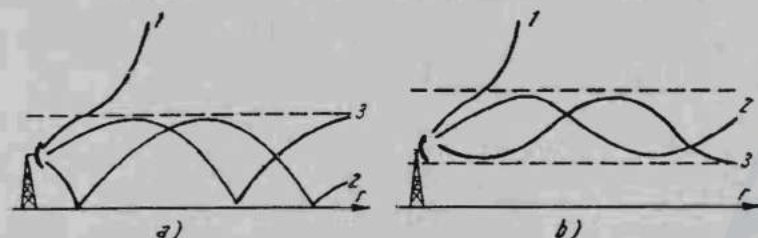


Fig. 20. Propagarea UUS în condițiile ghidului de unde atmosferic :
a - ghid de unde la suprafața pământului ; b - ghid de unde deasupra suprafeței pământului.

unde centimetrice este necesar un ghid de unde cu înălțimea de 30—35 m.

Fig. 20 ilustrează propagarea UUS în condițiile ghidului de unde atmosferic.

Fig. 20, a corespunde cazului așa-numitului „ghid de unde la suprafața pământului”. Începînd chiar de la suprafața pământului, s-au creat asemenea condiții atmosferice, încît refracția este pozitivă și numai la o anumită înălțime devine normală. Nivelul pînă la care se întinde refracția pozitivă reprezintă înălțimea ghidului de unde.

Fig. 20, b corespunde cazului unui ghid de unde deasupra suprafeței pământului. Refracția este normală de la suprafața pământului pînă la o anumită înălțime, apoi pe o anumită porțiune este pozitivă (acesta este ghidul de unde) și apoi devine din nou normală. Rolul pereților superiori și inferiori ai ghidului de unde îl joacă atmosfera. Unda se propagă în ghidul de unde reflectîndu-se de pereții de aer din partea de sus și de jos a ghidului de unde.

În condițiile ghidului de unde, numai razele mai puțin înclinate (2 și 3 pe fig. 20) se reflectă de pereți, iar razele mai abrupte (1) străbat prin pereți. Dacă emițătorul

și receptorul se găsesc în limitele ghidului de unde, este posibilă recepția la distanțe mari. În caz contrar, distanța de recepție poate chiar să se micșoreze

Posibilitatea propagării UUS în condițiile ghidului de unde atmosferic a fost stabilită de savantul sovietic P. E. Krasnușkin în anul 1943. Dezvoltarea ulterioară a teoriei ghidului de unde atmosferice a fost dată în lucrările lui V. A. Fok.

Influența ghidului de unde atmosferic asupra propagării UUS a fost supusă de multe ori unei cercetări atente. Așa, de exemplu, în Germania în cursul ultimilor ani s-au efectuat continuu observații asupra intensității cîmpului UUS pe trasee cu o întindere de 200—300 km. Simultan s-au studiat cu atenție condițiile meteorologice. Cu ajutorul baloanelor s-au efectuat măsurări de umiditate, presiune și temperatură a aerului la înălțimi pînă la 200 m, care au dat posibilitatea să se descopere existența unui ghid de unde atmosferic. Cazurile de apariție a ghidului de unde erau însoțite de creșteri importante ale intensității cîmpului. Măsurările meteorologice s-au efectuat la recepția de la capătul traseului.

S-a observat următorul fenomen interesant: apariția ghidului de unde, indicată de măsurările meteorologice, era uneori în avans de timp, iar alteori rămînea în urma creșterii intensității cîmpului. S-a stabilit că acest lucru depindea de direcția vîntului: dacă vîntul sufla de la punctul de emisie spre cel de recepție, creștea mai întîi intensitatea cîmpului, iar apoi se observa apariția ghidului de unde atmosferic. Dacă măsurările meteorologice s-ar fi efectuat în partea mijlocie a drumului, rezultatele măsurărilor meteorologice ar fi coincis precis în timp cu variația intensității cîmpului.

Pe baza datelor meteorologice se pot da pronosticuri pentru propagarea UUS. Pe de altă parte, studiul influenței condițiilor atmosferice asupra propagării UUS poate permite să se tragă concluzii asupra variațiilor în atmosferă, după variația condițiilor de propagare și să se folosească acest lucru pentru pronosticarea vremii.

Apariția ghidului de unde atmosferic îmbunătățește condițiile de comunicație în orice condiții? Sînt cazuri în care la apariția ghidului de unde atmosferic comunicația

se întrerupe complet. Așa, de exemplu, atunci când pe țărmul Australiei au fost instalate pentru prima oară stații de radiolocație, s-a observat că adesea creștea foarte mult distanța de „vizibilitate” a stației pentru obiectivele care se găseau pe suprafața mării, și în același timp stațiile care urmăreau avioanele încetau de a le mai descoperi la distanțe relativ mici. Pentru studierea cauzelor

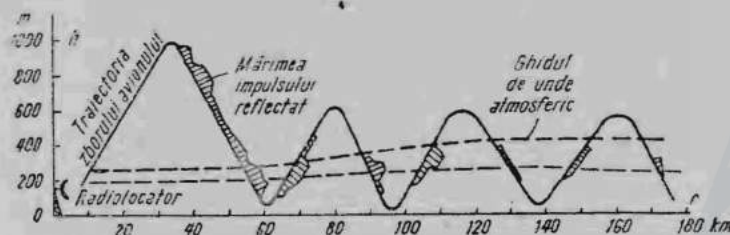


Fig. 21. Funcționarea unei stații de radiolocație pentru descoperirea avioanelor în condițiile ghidului de unde atmosferic.

de scurtare a vizibilității instalațiilor de radiolocație, care urmăreau avioanele, au fost efectuate măsurări speciale. Un avion zbura în direcția mării la o distanță de 200 km, ba ridicându-se pînă la 1000 m deasupra nivelului mării, ba coborîndu-se pînă la înălțimea în zbor razant. O stație de radiolocație de pe țărm cu frecvența de 200 MHz urmărea avionul și simultan se efectuau și observații meteorologice, care au permis să se determine variația indicelui de refracție al atmosferei cu înălțimea.

În fig. 21 sînt reprezentate grafic rezultatele unui astfel de zbor. Printr-o linie plină s-a reprezentat traiectoria de zbor a avionului. În punctele traiectoriei, în care avionul era detectat de stație, s-au executat hașuri proporționale cu intensitatea semnalului recepționat. Prin linii punctate s-au reprezentat limitele ghidului de unde atmosferic, construite pe baza măsurărilor meteorologice.

Din fig. 21 se vede că în zona de sud și din interiorul ghidului de unde atmosferic avionul a fost detectat la distanțe ce depășeau 150 km. Când avionul se înălța deasupra ghidului de unde atmosferic, stația nu-l putea detecta nici chiar la distanțe mici, excepție făcînd prima

porțiune a drumului, cînd avionul se găsea în zona de penumbră, în care pătrunde o parte din energia radiată de antena stației de radiolocație.

În acest fel, în prezența unui ghid de unde atmosferic, bătaia unei stații de radiolocație pentru avioane se micșorează foarte mult. Împotriva acestui fenomen se poate lupta fie prin mărirea puterii radiate, fie prin micșorarea frecvenței de lucru. La mărirea lungimii de undă o mare parte a energiei străbate prin pereții ghidului de unde și prin urmare influența acestuia este mai mică.

Un material interesant pentru studierea influenței ghidurilor de unde atmosferice asupra propagării undelor radio le pot furniza observațiile radioamatorilor, care lucrează în banda a doua și în cele de frecvență mai mare. Astfel, generalizarea observațiilor radioamatorilor în banda de 2 m din Europa de vest a furnizat un material experimental prețios. S-au realizat pe timp senin de anticiclone legături îndepărtate între amatori. Comunicațiile la distanță au durat timp de 2—3 zile la rînd și niciodată nu s-a înregistrat o perioadă mai lungă. În aceste cazuri s-a reușit să se stabilească legături la distanțe atîngînd 600—800 km. Au fost cazuri în care pe timp aparent favorabil pentru propagarea la distanță a UUS, nu s-au realizat totuși legături.

În gama undelor centimetrice s-au observat legături la o distanță de 1000 km și mai mult. Pe undele cu lungimea de 5—10 m propagarea prin ghid de unde se observă rar.

Cînd este posibilă cea mai frecventă recepție troposferică la distanță foarte mare? În răspunsul la această întrebare părerile cercetătorilor diferă. Majoritatea observațiilor au indicat că o astfel de recepție cel mai frecvent se observă pe timp cînd nu sînt ciclone, în special vara, în a doua jumătate a zilei sau seara. Dar unii observatori au înregistrat apariția ghidurilor de unde atmosferice iarna sau în orele de dimineață. După cît se pare, pe diverse trasee, în condiții climatice diferite, condiții favorabile pentru formarea ghidurilor de unde atmosferice pot apărea în momente diferite.

Se înțelege că în condițiile climatice diferite ale întinsei Uniuni Sovietice, apariția condițiilor favorabile pen-

tru propagarea la distanță foarte mare în diferite regiuni va fi diferită ca timp. Numai radioamatorii pot cuprinde toate colțurile țării și ajuta la studierea mai largă a acestui fenomen interesant.

Reflexia de către neomogenitățile straturilor troposferei

În anumite cazuri în atmosferă apar straturi de aer în care indicele de refracție se schimbă brusc, suferind parcă un „salt”. Aceasta se observă de exemplu la trecerea unui front de aer rece.

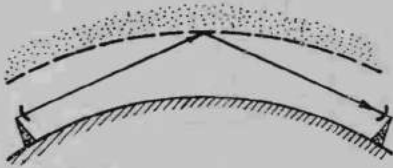


Fig. 22. Reflexia de către neomogenitățile straturilor troposferei.

Undele radio care cad înclinat pe limita de schimbare a indicelui de refracție al aerului se pot reflecta de această limită (fig. 22). Undele reflectate de neomogenitățile stratu-

rilor pot fi recepționate la o distanță pînă la 300 km de emițător.

Dar neomogenitățile straturilor apar neregulat, ceea ce nu permite folosirea lor pentru recepția sigură la distanță a emisiunilor televiziunii sau a comunicațiilor radio. Intensitatea cîmpului în acest caz este supusă unor variații intense cu fedinguri puternice, datorită faptului că în punctul de recepție sosesc cîteva unde a căror diferență de fază variază continuu datorită variațiilor înălțimii și structurii stratului.

La recepția emisiunilor de televiziune, în timpul apariției unor neomogenități în straturi, este posibilă apariția pe ecranele receptoarelor de televiziune a unor imagini multiple.

Difuzia (împrăștierea) undelor radio de neomogenitățile straturilor troposferice

Difracția și refracția atmosferică normală pot explica posibilitatea recepției UUS la distanțe care depășesc cu puțin limitele vizibilității directe. Dar în ultimul timp s-a

descoperit că prin întrebuițarea unor antene cu directivitate mare și a unui emițător de putere suficientă se pot realiza legături regulate pe UUS la distanțe de 300—500 km. Această posibilitate este condiționată de difuzia undelor radio de către neomogenitățile troposferei.

Procesul de difuzie a undelor radio nu e nici pe departe studiat. Dar ni-l putem reprezenta cu aproximație în felul următor: undele radio, căzînd pe neomogenitățile troposferei, induc în acestea curenți, la fel cum se întîmplă într-o antenă de recepție. Neomogenitățile oscilează liber și reradiază energia undei.

Rolul principal în difuzia undelor radio îl joacă neomogenitățile cu dimensiunea de 50—60 m, adică difuzia undelor radio pentru comunicații la distanță are loc datorită neomogenităților slabe, ale căror dimensiuni depășesc totuși de mai multe ori lungimea de undă. La difuzia undelor radio de către picăturile de apă, dimensiunile neomogenităților sînt mult mai mici decît lungimea de undă și undele difuzate (împrăștiate) se propagă uniform în toate direcțiile.

În condițiile care au loc în troposferă, difuzia se produce în limitele unui unghi care face cîteva grade cu direcția razei incidente. De aceea la folosirea pentru comunicații a difuziei troposferice trebuie să se folosească antene cu directivitate mare, orientate în așa fel încît diagrama lor de directivitate să fie tangentă la suprafața pămîntului. O dată cu mărirea unghiului de ridicare a diagramei de directivitate deasupra suprafeței pămîntului, intensitatea cîmpului semnalului împrăștiat se micșorează brusc. Micșorarea are loc și datorită faptului că în straturile superioare atmosfera este mai omogenă.

Difuzia undelor radio de către neomogenitățile troposferei este arătată schematic în fig. 23. Din această schemă se vede că recepția undelor de difuzie este posibilă la diferite distanțe pînă la o distanță limitată, care depinde de înălțimea zonei de difuzie. Evident că partea principală a energiei undei trece prin zona de difuzie, fiind pierdută pentru recepție. Numai o mică parte a energiei se întoarce la pămînt, unde poate fi recepționată.

În fig. 24 este arătată schema de funcționare a unei linii de comunicație în cazul folosirii difuziei troposferice.

Antena emițătorului iradiază o anumită porțiune a troposferei. Raza antenei de recepție parcă taie o parte a troposferei numită „volum de difuzie”, din care antena de recepție „culege” undele de difuzie. În acest fel, la antena de recepție nu sosesc undele de la o sursă punctiformă, așa cum poate fi socotită antena de emisie, ci de

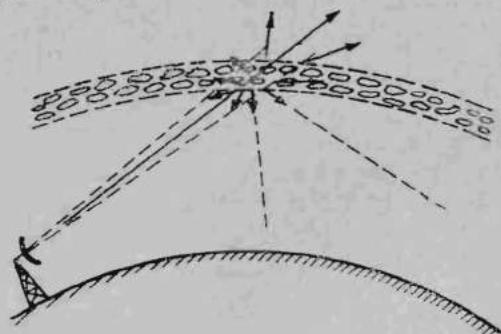


Fig. 23. Schema difuziei UUS în troposferă.

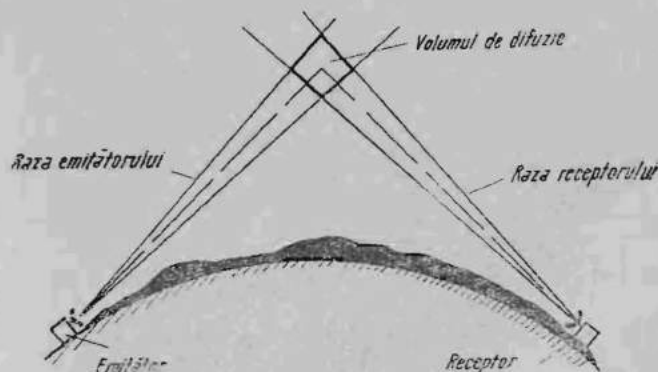


Fig. 24. Schema legăturii pe UUS folosind difuzia în troposferă.

la o sursă repartizată pe un volum important al spațiului. Proprietățile unei astfel de surse volumetrice de oscilații determină într-o măsură însemnată caracteristicile liniei de comunicație.

Intensitatea cîmpului undei de difuzie a semnalului este supusă fedingurilor, care se obțin ca rezultat al însu-

mării oscilațiilor sosite din diferite porțiuni ale volumului de difuzie. Frecvența fedingurilor se mărește cu mărirea vitezei vîntului și cu scurtarea undei. Momentele fedingurilor nu coincid în diferitele puncte ale spațiului. Aceasta permite să se folosească pentru lupta împotriva fedingului recepția cu antene distanțate. Antenele se distanțează la intervale de 25—100 lungimi de undă și se folosește cel mai puternic dintre cele două semnale.

Difuzia UUS în troposferă provoacă anumite limitări în lărgimea benzii de frecvențe, limitări legate de posibilitatea propagării pe cîteva drumuri a undelor radio. Drumul cel mai scurt trece prin partea inferioară a volumului de difuzie, iar cel mai lung trece prin partea lui superioară. De aceea, un semnal întîrzie în raport cu celălalt, ceea ce provoacă alungirea impulsului transmis, iar lucrul acesta este echivalent cu îngustarea benzii de frecvențe. Ultimele cercetări au arătat însă că lărgimea benzii de frecvențe este suficientă pentru transmiterea satisfăcătoare a emisiunilor de televiziune.

Numeroase experiențe au arătat că intensitatea cîmpului undei de difuzie a semnalului nu depinde de lungimea de undă. Acest lucru a permis folosirea undelor decimetrice și centimetrice. Pe graficul din fig. 25 sînt reprezentate rezultatele măsurării intensității cîmpului pentru diferite distanțe. Prin cerculețe s-au notat valorile măsurate pentru unda de 1 m, iar prin cruciulițe cele pentru unda de 10 cm. Se vede că atît într-un caz cît și în celălalt nivelul intensității cîmpului se găsește în aceleași limite. Abaterile punctelor se explică prin aceea că în timpul măsurărilor au variat condițiile atmosferice. Linia curbă indică nivelul mediu al intensității cîmpului. Tot aici, pentru comparație sînt date mărimile intensității cîmpului reieșite din calcul după legea difracției, ținînd seamă de refracția normală pentru unda cu lungimea de 10 cm. În calcul, la fel ca și pe timpul experiențelor, înălțimea antenei de emisie s-a luat de 36 m și a celei de recepție de 21 m. Pe grafic, intensitățile cîmpului sînt date în unități relative la scară logaritmică.

În fig. 25 se vede că cu cît ne îndepărtăm de limitele vizibilității directe cresc și nepotrivirile dintre experiență și

teoria difracției, deoarece un rol din ce în ce mai mare îi joacă reflexia difuză.

S-a stabilit experimental că intensitatea cîmpului undelor de difuzie scade invers proporțional cu distanța la puterea a treia sau a patra, în timp ce la propagarea în

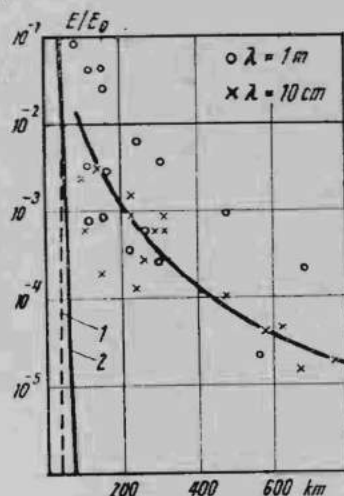


Fig. 25. Valorile măsurate ale intensității cîmpului de difuzie al UUS.

1 = Limita de vizibilitate directă
2 = Curba calculată

se folosesc unde decimetrice și centimetrice.

În fig. 26 este reprezentată o antenă parabolică, folosită pe una din liniile de comunicație de tipul examinat. Coeficientul de amplificare al antenei este egal cu 10 000. Antena constă dintr-un radiator și un reflector parabolic. Radiatorul, al cărui diametru este egal cu 18 m, este construit din țevi de aluminiu. O astfel de antenă reprezintă o construcție complexă cu greutatea de peste 1 t. Ea trebuie să fie foarte solidă, pentru a rezista presiunii vîntului.

Difuzia troposferică și-a găsit întrebuințarea principală pentru liniile de retranslație. Independent de faptul că sînt necesare emițătoare puternice, antene complexe și instalații de recepție sensibile, folosirea difuziei pentru re-

translație s-a dovedit convenabilă din punct de vedere economic. O astfel de metodă de transmisie a permis ca stațiile intermediare să nu fie amplasate la o distanță de 50—70 km, ca de obicei, ci la 200—400 km, ceea ce a micșorat numărul stațiilor necesare. Liniile care folosesc

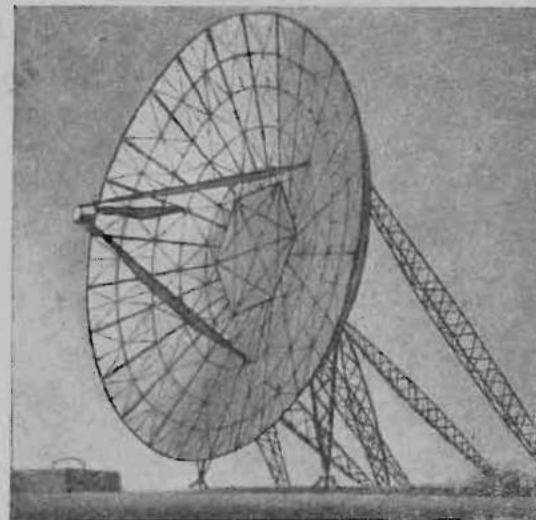


Fig. 26. Vederea unei antene parabolice instalată pe o linie de legătură la distanță pe UUS, care folosește difuzia troposferică a undelor radio.

difuzia troposferică pot fi utilizate pentru transmiterea radiodifuziunii modulate în frecvență, a televiziunii și a comunicațiilor cu mai multe canale.

În prezent, astfel de linii, de exemplu, au tăiat Marea Mediterană legînd Sicilia și Sardinia cu malul african și acoperind o distanță de aproximativ 300 km. La aceeași distanță, în S.U.A. s-au transmis emisiunile de televiziune. Linia de transmisie trece peste mare și intersectează Long Island. Calitatea imaginii recepționate, conform datelor din literatură, este pe deplin satisfăcătoare.

CAPITOLUL V

PROPAGAREA IONOSFERICĂ a UUS

Pînă de curînd se considera că UUS se pot propaga prin reflexia ionosferei numai în cazuri excepționale și atît de rar încît practic acest fenomen nu merită să fie luat în considerație.

O dată cu dezvoltarea televiziunii și a radiodifuziunii pe UUS a început să se înregistreze din ce în ce mai des recepția la distanțe foarte mari a undelor metrice. În unele cazuri, o stație îndepărtată creează perturbații puternice la recepția emisiunilor de televiziune locale. Cercetările efectuate au arătat că undele metrice se propagă regulat la distanțe de peste 1 000 km și că ele pot fi recepționate sigur prin folosirea unei aparaturi speciale.

Posibilitatea propagării la distanțe foarte mari a undelor metrice este determinată de următoarele fenomene care au loc în ionosferă: 1) mărirea concentrației de electroni a stratului F_2 în anii de activitate solară maximă; 2) apariția stratului sporadic E_s și 3) difuzia undelor radio de neomogenitățile ionosferei. Fiecare din modurile de propagare indicate are particularitățile sale caracteristice.

În fig. 27 este reprezentată schema tuturor celor trei moduri de propagare ionosferică a undelor metrice.

Reflexia de către stratul regulat F_2

Undele scurte se propagă prin reflexia de către stratul F_2 . Stratul F_2 , în cea mai mare parte, este transparent pentru undele mai scurte de 10 m. În anii de activitate solară maximă, densitatea de electroni a stratului F_2 atinge valori atît de ridicate, iarna, în timpul zilei, încît

adesea devine posibilă comunicația prin radio pe unde cu lungimea de 10—6 m.

Zona de tăcere reprezintă în acest caz cel puțin 2 000 km. Distanța limită a transmisiunii, condiționată de înălțimea stratului F_2 , atinge 3 500—4 000 km. În afară

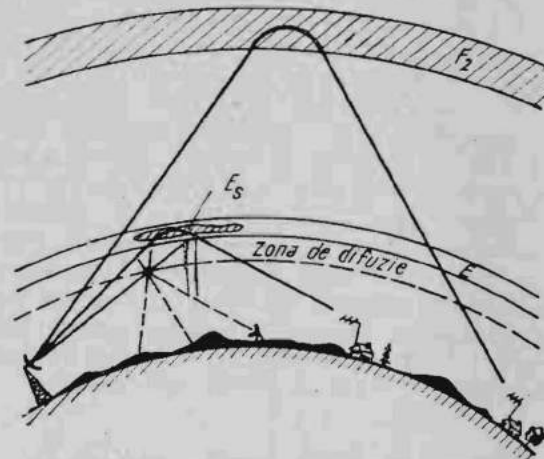


Fig. 27. Schema propagării ionosferice a UUS.

de aceasta, este posibilă propagarea prin două „salturi”, adică prin două reflexii succesive de către stratul F_2 și de suprafața pămîntului, ceea ce dublează distanțele posibile pentru transmisiune. În acest fel, prin reflexia de stratul F_2 , undele metrice se pot propaga la o distanță de aproximativ 2 000—7 000 km de emițător.

Maximele precedente ale activității solare s-au observat în 1937—1938 și apoi în 1947—1948.

În iarna 1937 și 1938, radioamatorii din Leningrad, care lucrau în gama de 10 m, au stabilit legături prin radio cu radioamatorii din Siberia apuseană, Anglia, Franța, Egipt, Australia, S.U.A. și o serie de alte țări. Legătura prin radio în această gamă a fost posibilă din octombrie pînă în aprilie, în orele de zi de la 10—11 pînă la 18—19. În timpul dimineții se stabileau legăturile cu corespondenții dinspre răsărit, iar seara era posibilă legătura cu corespondenții dinspre apus.

În lunile de iarnă ale anilor 1947—1948 s-au înregistrat multe cazuri de legături între radioamatorii din Anglia și din S.U.A., care lucrau pe lungimea de undă de aproximativ 6 m. Stațiile americane care lucrau pe unda de 7 m puteau fi auzite zilnic în Anglia, iar emisiunile de televiziune din Anglia se recepționau în sudul Africii.

Următorul maxim al activității solare a fost așteptat pentru anul 1957. Începând din iarna 1956, frecvențele de lucru ale gamei de unde scurte au început să crească. În lunile de iarnă ale anilor 1957—1959, în orele de zi, va fi din nou posibilă recepția undelor metrice la distanțe de peste 2 000 km. De acest lucru trebuie să profite radioamatorii care lucrează în prima bandă (38—40 MHz) pentru a stabili legături la distanțe foarte mari. Desigur că se vor observa și cazuri de recepție la distanțe foarte mari a emisiunilor de televiziune. Observațiile radioamatorilor asupra recepției la distanțe foarte mari prezintă nu numai un interes sportiv, ci și unul științific. Ei vor ajuta să se stabilească cât de frecvent are loc o astfel de recepție la diverse latitudini și care sînt particularitățile ei.

Reflexia de către stratul sporadic E_s

Stratul sporadic din ionosferă E_s are din cînd în cînd o densitate de electroni suficientă pentru reflexia undelor din gama metrică. O dată cu mărirea numărului și puterii stațiilor de televiziune, recepția emisiunilor de televiziune la distanțe mari prin reflexia undelor radio de stratul E_s a devenit un fenomen frecvent.

Stratul sporadic apare neregulat și din această cauză acest tip de recepție la distanțe foarte mari nu poate fi regulat. Frecvența cazurilor de propagare la distanțe foarte mari depinde de frecvența apariției stratului E_s . De aceea, recepția la distanțe foarte mari se observă cel mai frecvent vara în timpul zilei și foarte rar iarna. Din an în an, frecvența cazurilor de recepție variază, dar nu regulat. Nu s-a reușit să se stabilească o legătură directă între perioada de 11 ani a activității solare și acest tip de propagare. Cel mai des, acest tip de recepție se observă la latitudinile mai sudice.

Înălțimea la care se formează stratul E_s (100—120 km) determină distanța maximă a transmisiunii de 2 000—2 500 km. Densitatea de ionizare a stratului determină frecvențele de lucru maxime și întinderea zonei de tăcere. Zona de tăcere pentru undele metrice reprezintă cel puțin 1 000 km. Cu cît unda este mai scurtă cu atît este mai mare și zona de tăcere. Prin urmare recepția undelor metrice este posibilă la o distanță de aproximativ 1 000—2 500 km.

La latitudinile Moscovei și Kievului este posibilă recepția la distanță foarte mare pe frecvențele pînă la 70—75 MHz, iar la latitudinile orașelor Alma-Ata și Așhabad pe frecvențele pînă la 90—95 MHz. Cu cît lungimea de undă este mai scurtă, cu atît recepția este posibilă mai rar. Recepția este posibilă atunci cînd stratul sporadic se găsește în partea de mijloc a drumului dintre emițător și receptor. Stratul sporadic apare deasupra unui teritoriu mic și din această cauză de obicei este posibilă numai recepția unei singure stații. Datorită deplasării stratului, după un timp oarecare, devine posibilă recepția altei stații sau a primei stații într-un alt punct. Durata recepției este variabilă: de la cîteva minute pînă la cîteva ore.

Intrucît în momentul de față nu este posibil să se indice precis timpul de apariție a stratului E_s , nu se poate prezice nici timpul la care recepția este posibilă și nici durata acesteia. O particularitate caracteristică a reflexiei de către stratul sporadic E_s este semitransparența acestui strat. Nu toată energia undei care cade pe acest strat este reflectată de el, așa cum se întîmplă la reflexia de stratul F_2 , ci o parte din energie trece prin strat pierzîndu-se pentru recepție, încît numai o mică parte (uneori 0,1) se reflectă. Cu cît frecvența este mai mare cu atît mai mică este energia reflectată. De aceea cel mai frecvent este posibilă recepția emisiunilor stațiilor puternice (cu o putere de cel puțin 3—5 kW).

În lunile de vară, începînd din anul 1954, în regiunea Moscovei se recepționează emisiunile televizate din Praga (la distanță de aproximativ 1 800 km). Intensitatea cîmpului stației din Praga este uneori atît de mare, încît acoperă complet emisiunile stației din Moscova. Din cînd în cînd, stația îndepărtată produce numai perturbații pu-

ternice, care se manifestă sub formă de moar pe ecran și sub formă de pocnituri în difuzor. În limitele orașului Moscova însuși, ca și în imediata apropiere de alte centre de televiziune puternice, unde intensitatea câmpului creat de emițătorul local este mare, recepția de la distanțe foarte

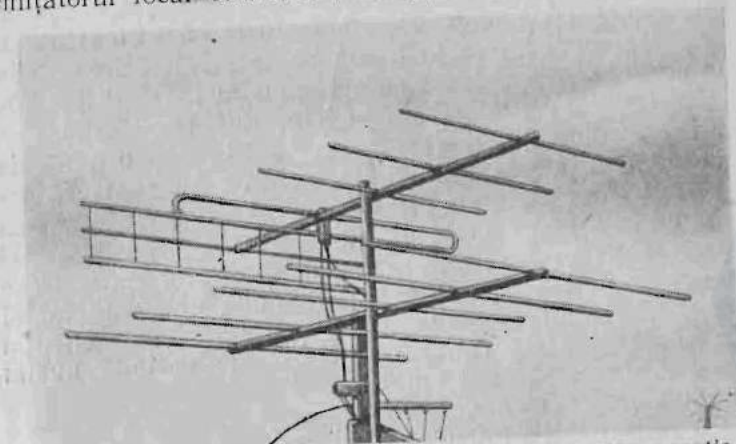


Fig. 28. Antena cu două etaje și cinci elemente pentru recepția la distanță mare a emisiunilor stațiilor de televiziune.

mari aproape că nu se observă. Emisiunile din Moscova se recepționează în diferite țări ale Europei de vest. În Ucraina este posibilă recepția din Italia, Danemarca, Elveția. În regiunile baltice se pot vedea emisiunile din Paris și Londra.

În U.R.S.S. și în alte țări, mulți radioamatori își perfecționează aparatura în mod special pentru recepția de la distanțe foarte mari a emisiunilor stațiilor de televiziune. Pentru aceasta se mărește sensibilitatea receptorului și se întrebuintează antene direcționale. Rezultate bune se obțin prin folosirea unei antene cu două etaje și cinci elemente, având coeficientul de amplificare 10—12 (fig. 28). În acest caz, atunci când este realizată posibilitatea rotirii antenei, se reușește să se urmărească deplasarea stratului sporadic și pe măsura înaintării acestuia se recepționează emisiunile citorva stații. De exemplu, dacă stratul sporadic a apărut undeva în regiunea Carpaților, deasupra României,

în Ucraina este posibilă recepția emisiunilor din Roma. Dacă stratul E_s începe să se deplaseze spre nord, același observator poate vedea succesiv emisiunile din Viena și Praga. Dacă stratul E_s se va deplasa spre nord-vest, observatorul va vedea emisiunile din Elveția și Germania de vest. Pe harta din fig. 29 este reprezentată deplasarea

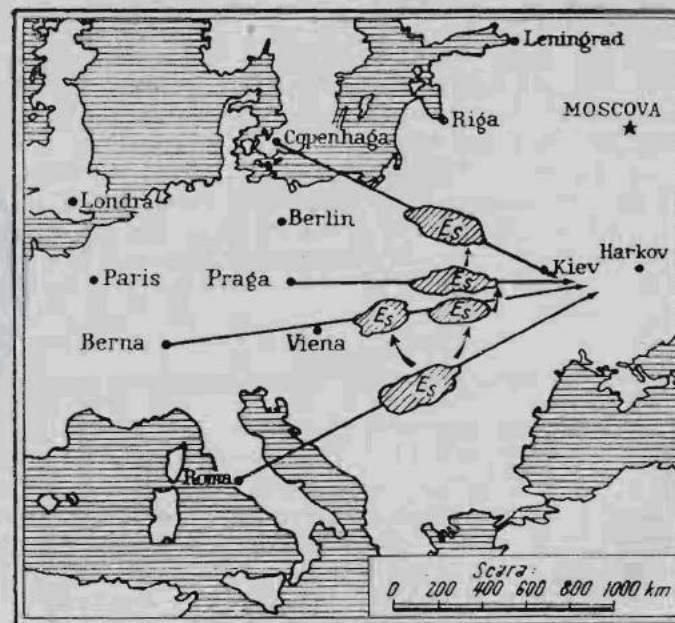


Fig. 29. Deplasarea stratului sporadic E_s .

stratului E_s pentru care în Ucraina devine posibilă recepția citorva stații.

Reflexia undelor radio de stratul E_s creează posibilitatea de a se stabili legături la distanțe foarte mari pe UUS. În acest caz se întrebuintează antene de recepție și de emisie direcționale, ceea ce permite stabilirea legăturii cu un emițător având puterea doar de câteva zeci de wați. Amatorii din orașul Gorki care lucrează în banda de 7 m au reușit în vara anului 1956 să stabilească legătura cu radioamatorii din Rostov pe Don, Sverdlovsk, Barnaul. Ra-

radioamatorii din Rostov pe Don au stabilit în același timp legătura cu Ufa, Kirov. La astfel de distanțe, legătura prin radio în această gamă este posibilă numai datorită reflexiei undelor radio de stratul sporadic. Este caracteristică că aceiași radioamatori din orașul Gorki nu au reușit să stabilească legătura la distanțe mai mici (cu orașele Ivanovo, Vladimir, Kirov).

Posibilitățile legăturii la distanțe foarte mari, pe UUS, prin reflexia undelor de stratul E_s , nu sînt nici pe departe complet studiate. Rămîne încă discutabilă problema dacă perturbațiile create de stațiile de televiziune îndepărtate sînt importante pentru recepția locală a emisiunilor stațiilor de televiziune și dacă este posibil să nu se țină seamă de posibilitățile recepției de la distanțe foarte mari, așa cum se face în prezent, la repartitia și alegerea lungimilor de undă de lucru ale noilor stații. Observațiile radioamatorilor pe UUS vor ajuta să se rezolve această problemă.

Difuzia de către straturile ionosferice neomogene

Fenomenele examinate mai sus — reflexia de către straturile F_2 și E_s — nu pot asigura comunicații regulate pe UUS. Încărcarea gamei undelor scurte necesită căutarea unor noi game pentru comunicații, ceea ce a dus la încercările de a studia posibilitățile comunicației la distanță pe UUS.

Începînd din anul 1950 au început să se efectueze cercetări teoretice și experimentale asupra posibilității comunicației regulate pe UUS la o distanță de peste 1 000 km. Drept bază pentru aceasta a servit studierea mai amănunțită a structurii straturilor ionizate ale atmosferei, prin care se stabilise structura lor neomogenă. Încă nu s-a stabilit ce anume reprezintă aceste neomogenități. Se poate imagina că ele reprezintă un fel de nor, în care densitatea de electroni se deosebește de densitatea de electroni a mediului înconjurător. Prin urmare și constanta dielectrică a norului se deosebește de constanta dielectrică a mediului înconjurător.

Dimensiunea neomogenităților este apreciată de cercetători la 100—200 m, adică pentru UUS dimensiunea

neomogenităților este mult mai mare decît lungimea de undă. Prezența neomogenităților provoacă difuzia undelor radio. Acest fenomen a fost descoperit, în gama undelor scurte încă din anii 1930—1940. În timpul funcționării unui emițător puternic, pe unde scurte, s-au recepționat semnale slabe în limitele zonei de tăcere. S-a stabilit că aceste semnale își aveau originea în regiunea ionosferei, de care se reflectau undele radio. Acest fenomen a fost denumit „difuzie inversă”. Prin observații ulterioare s-a constatat că undele de difuzie ale semnalelor deși foarte slabe, se pot auzi, în timpul fedingului semnalului principal, dincolo de limitele zonei de tăcere. O astfel de difuzie a fost denumită „difuzie directă”.

Difuzia datorită neomogenităților ionosferei are loc în același fel cu difuzia datorită neomogenităților troposferei, adică unda care cade pe un strat ionizat este împrăștiată de zona de reflexie, care servește drept sursă pentru această difuzie secundară. Dar pe timpul în care s-a observat acest fenomen, nimeni nu s-a gîndit că datorită lui este posibilă realizarea unor comunicații regulate pe unde mai scurte decît acelea care se pot reflecta în condițiile date.

În ultimii 20 ani au fost studiate neomogenitățile ionosferei, dimensiunile lor, mișcarea lor orizontală și s-au făcut încercări de a stabili cauzele apariției și legile proprii acestor neomogenități. Totuși, abia în 1950 au început încercările de folosire a fenomenului de difuzie pentru comunicațiile la distanță pe UUS. În 1951 în Statele Unite sub conducerea savantului Bayley s-au inițiat experiențe pentru urmărirea sistematică a recepției semnalelor cu frecvența de 50 MHz, la distanța de 1 250 km de emițător. S-au întrebuintat pentru aceasta antene de emisie și de recepție cu directivitate mare (rombice) și un emițător cu puterea de 20 kW. Aceste experiențe au dat rezultate încurajatoare: în timp de aproximativ o jumătate de an, în care s-au efectuat observațiile, nu s-a înregistrat nici un caz de întrerupere a legăturii. Într-adevăr, semnalul era foarte slab, însă suficient pentru o recepție sigură. Nivelul semnalului varia în decurs de 24 ore. Desigur că aceste observații nu sînt nici pe departe suficiente pentru a afirma dacă o astfel de metodă de comunicație este sigură și pentru alte trasee, la alte distanțe; de ase-

menea ele nu indică cum e mai bine să se aleagă frecvențele de lucru și care trebuie să fie puterea emițătorului.

Aceste prime experiențe au determinat pe savanții din lumea întreagă să se ocupe de studierea teoretică și experimentală a difuziei undelor radio în ionosferă. În anii următori au fost propuse câteva teorii care dau formule pentru calculul intensității cîmpului undei de difuzie a semnalului. Nu a fost însă posibil să se verifice valabilitatea acestor formule.

Abia la sfîrșitul anului 1955 au fost publicate rezultatele observațiilor făcute timp de 4 ani în S.U.A. și Canada asupra recepției regulate la distanțe foarte mari a undelor metrice.

La efectuarea observațiilor au luat parte o serie de instituții de cercetări științifice și radioamatori. Observațiile s-au efectuat pe șapte trasee diferite cu lungimi de 1 200—2 300 km. Trei dintre traseele studiate se găseau între 50 și 70° latitudine nordică, adică intersectau zona aurorelor polare. În această zonă legăturile pe unde scurte sînt supuse unor întreruperi foarte dese și de aceea găsirea posibilității unor alte forme de comunicații prezintă un interes mare. Celelalte trasee se găseau la latitudini medii (30—45° latitudine nordică).

Emisiunile s-au făcut pe frecvențele de 27, 50 și 107 MHz. S-au folosit emițătoare care la intrarea antenei generau o putere de aproximativ 30 kW. Pentru recepție și emisie s-au folosit antene rombice identice, cu directivitate mare și cu cîștigul de aproximativ 20 dB. Diagramele de directivitate ale antenelor erau calculate în așa fel, încît maximul lobului principal să fie orientat spre punctul de mijloc al drumului la o înălțime de 100—120 km. Receptoarele aveau o lățime de bandă de ordinul a 2 kHz și o impedanță de intrare de 600 Ω .

Observațiile s-au efectuat în permanență, ziua și noaptea; în toți anii pe nici unul din trasee nu s-a observat vreo întrerupere a comunicației, deși nivelul semnalului recepționat varia în limite largi, deosebindu-se uneori de valoarea medie cu 20 dB. S-a observat că intensitatea cîmpului semnalului recepționat a variat regulat. Nivelul semnalului în punctul mediu al drumului atinge valoarea maximă la mijlocul zilei și cea minimă pe la orele 19—21

după ora locală. Cele mai mari valori ale intensității cîmpului s-au observat în timpul zilelor de vară. Iarna ele erau ceva mai mici, iar primăvara și toamna cu mult mai mici.

Uneori s-au recepționat semnale reflectate de stratul sporadic E_s și de urmele meteoritilor. În aceste cazuri, nivelul semnalului creștea simțitor sau se observau salturi izolate de scurtă durată. Aceste nivele ridicate ale semnalului au fost privite ca fenomene întimplătoare și nu au fost luate în considerație în analiză.

Mai înainte rămăsese neclar în ce parte anume a ionosferei se produce reflexia difuză a undelor radio. Experiențele efectuate au arătat că această difuzie are loc ziua la o înălțime de 75—80 km, iar noaptea la o înălțime de 85—90 km, adică sub stratul E , dar ceva mai sus decît stratul absorbant D .

Așa cum era și de așteptat, pe baza teoriilor elaborate mai înainte, intensitatea cîmpului undei de difuzie datorită ionosferei depinde de frecvența de lucru, scăzînd invers proporțional cu o anumită putere a frecvenței. Nu s-a reușit să se stabilească precis dependența intensității cîmpului, de frecvență. În unele cazuri, indicele puterii varia în limitele 2—4. Prin urmare, practic pentru acest tip de comunicație sînt utilizabile frecvențele pînă la 100 MHz. O proprietate foarte prețioasă a tipului examinat de propagare a undelor radio este stabilirea față de întreruperile la care este supusă comunicația pe unde scurte.

În timpul izbucnirilor bruște ale absorbției, provocate de creșterea radiației ultraviolete a soarelui, cînd crește densitatea de ionizare a stratului D și se produce fedingul semnalului pe unde scurte, intensitatea semnalului la frecvențele de peste 30—35 MHz crește. La frecvențele de 25—27 MHz, nivelul semnalului scade întrucîtva, deoarece asupra acestor unde influențează creșterea absorbției în stratul D .

Creșterea nivelului intensității cîmpului undei de difuzie se observă de asemenea în timpul perturbațiilor ionosfero-magnetice, legate de pătrunderea unor corpuscule în straturile inferioare ale atmosferei. Acest fenomen servește adesea drept cauză pentru întreruperea completă a legăturilor pe unde scurte în zonele polare.

Cercetările experimentale efectuate au permis să se stabilească o serie de particularități și avantaje ale legăturilor pe unde metrice, datorită difuziei lor de către neomogenitățile straturilor ionosferice, domeniul posibil de utilizare cit și condițiile ce se cer aparaturii pentru acest tip de legătură.

S-a stabilit că cele mai bune rezultate se obțin pentru lungimi de traseu cuprinse între 1 000—2 300 km. Pentru distanțe mai mici, intensitatea semnalului scade mult. Distanțele mai mari nu pot fi acoperite de o singură reflexie de ionosferă, iar prin reflexii de difuzie multiple, nivelul semnalului scade foarte mult.

Cel mai indicat este să se folosească banda de frecvențe de la 30 la 60 MHz. După cum s-a mai arătat, intensitatea cimpului scade mult cu mărirea frecvenței de lucru, ceea ce determină limita superioară a benzii utilizate. Frecvențele sub 30 MHz suferă o absorbție și comunicația pe aceste frecvențe este supusă întreruperilor proprii undelor scurte.

Acest tip de propagare a undelor radio impune cerințe mari pentru aparatura utilizată. Emițătorul trebuie să aibă o putere însemnată. De exemplu, pentru legătură telegrafică cu o singură cale, în condiții arctice, la frecvența de 35 MHz, este necesară o putere în emițător de cel puțin 5 kW.

Pentru a evita recepția semnalelor întârziate, care sosesc de la meteoriți sau de la stratul E_s , care apar lateral față de traseul principal, este necesară întrebuințarea antenelor cu directivitate foarte mare și îngustarea benzii de trecere a receptorului. Practic diagrama de directivitate a antenei nu poate să fie mai îngustă de 8° , iar lățimea benzii nu poate fi mai îngustă de 2 kHz.

Pentru a evita influența fedingurilor este de dorit să se întrebuințeze două antene de recepție, distanțate la aproximativ 10 lungimi de undă, în direcție perpendiculară pe direcția de propagare. Este preferabilă folosirea undelor polarizate orizontal.

Principalele avantaje ale tipului de legătură examinat pot fi socotite cele ce urmează.

Lipsa întreruperilor comunicației în timpul perturbațiilor ionosferice, ceea ce asigură o comunicație permanentă în condițiile complexe ale regiunilor arctice.

Posibilitatea funcționării permanente, ziua și noaptea, pe aceeași frecvență (cînd se lucrează pe unde scurte, frecvențele de lucru se schimbă în funcție de anotimp și oră).

Micșorarea nivelului paraziților. Nivelul paraziților este determinat în special de zgomotele cosmice și de zgomotele datorite soarelui. Pe traseele arctice, nivelul zgomotelor crește în timpul viscoalelor datorită mișcării zăpezii și a cristalelor de gheață.

Tipul de propagare a undelor radio examinat poate asigura legătura radiotelegrafică cu o siguranță de 99,5%. În regiunile arctice siguranța comunicației scade cu cel mult 0,5%.

Printre dezavantajele acestui tip de comunicație pot fi considerate condițiile înalte ce se cer aparaturii folosite și utilitatea lui numai pentru transmiterea unei benzi înguste de frecvențe.

Fenomenul difuziei undelor radio de către neomogenitățile ionosferei și-a găsit deja o utilizare practică. Siguranța acestui tip de legătură în regiunile arctice a determinat folosirea lui anume în această zonă. Prima linie de comunicație la distanță foarte mare pe UUS a legat țărmlul S.U.A. cu Islanda, prin Groenlanda. În acest fel, pentru acoperirea unei distanțe de peste 3 000 km a fost necesară numai o singură stație intermediară. Această linie este prevăzută pentru transmiterea unei căi telefonice și a opt căi telegrafice (imprimatoare).

Există informații asupra instalării unor astfel de linii și în Anglia: o linie leagă extremitatea nordică și cea sudică ale insulei britanice, iar a doua leagă Gibraltarul de Anglia. Pentru viitorul apropiat se proiectează instalarea unei linii de legătură pe UUS care să lege Europa cu Australia și Noua Zeelandă prin Orientul Mijlociu.

Evident că fenomenul de difuzie a undelor radio în ionosferă nu poate fi folosit de radioamatori, care lucrează cu emițătoare de mică putere.

Reflexia de către urmele meteoriților și de către aurorele polare

Încă în anul 1931, inginerul sovietic N. A. Ivanov, astronom amator, a descoperit că la trecerea unui meteorit variază audibilitatea emisiunilor radio pe unde scurte. În-

tr-adevăr, după cum s-a arătat mai sus, undele radio se reflectă de urmele unui meteorit la fel ca și de straturile ionosferice.

Acest fenomen se observă clar cu ajutorul radioloca-toarelor. Observații speciale asupra meteoriților, cu ajutorul instalațiilor de radiolocație, s-au efectuat pentru prima oară în U.R.S.S. în anul 1946, când Pământul a trecut printr-un flux puternic de meteoriți.

Pentru observații, antena stației de radiolocație se îndreaptă sub un unghi mic față de orizont. La trecerea unui meteorit prin zona de acțiune a radiolocatorului, pe ecranul indicatorului se observă un ecou caracteristic. Observațiile au arătat că reflexia are loc la o înălțime de 70—120 km, la o distanță de 700—1000 km de stație. Pe măsură ce norul ionic al urmei meteoritului se risipește și dispare, ecoul radio slăbește și se stinge. S-a observat că reflexii mai puternice se obțin pe undele mai lungi. La undele cu frecvențe de peste 100 MHz, reflexiile se observă foarte rar.

Observațiile asupra meteoriților cu ajutorul radiolocației au dus la ideea posibilității de a folosi reflexia undelor radio de urmele meteoriților pentru legătură. Primele experiențe au fost efectuate de radioamatorii din Canada și S.U.A. cu peste 7 ani în urmă. Ei au reușit să realizeze legături de scurtă durată, lucrând pe undele de 10—20 m lungime de undă la o distanță de 1500—2000 km și folosind emițătoare cu puterea de aproximativ 500 W.

Acum câțiva ani, s-a comunicat în presă că în Canada a fost elaborat și a intrat în exploatare un sistem relativ simplu de legătură pe unde metrice, care folosește reflexia undelor radio de urmele meteoriților și care este construit conform schemei din fig. 30.

La ambele capete ale traseului se amplasează un emițător și un receptor cu antene direcționale. Antenele radiază sub un astfel de unghi față de orizont, încât razele lor se intersectează la o înălțime de 70—120 km deasupra suprafeței pământului.

Emițătoarele și receptoarele sînt conectate în permanență. Emițătorul radiază oscilații neterminate. Cît timp în partea centrală a traseului nu se produce o ionizare datorită meteoriților, nu există recepție. La apariția unui meteorit semnalul reflectat de urma lui poate fi recepționat.

Imediat ce semnalul este recepționat se conectează în mod automat modulatorul, care rămîne conectat tot timpul cît legătura este posibilă. După cîteva secunde de la apariția meteoritului, urma acestuia se resoarbe. Condițiile pentru legătură nu mai există, recepția se întrerupe și mo-

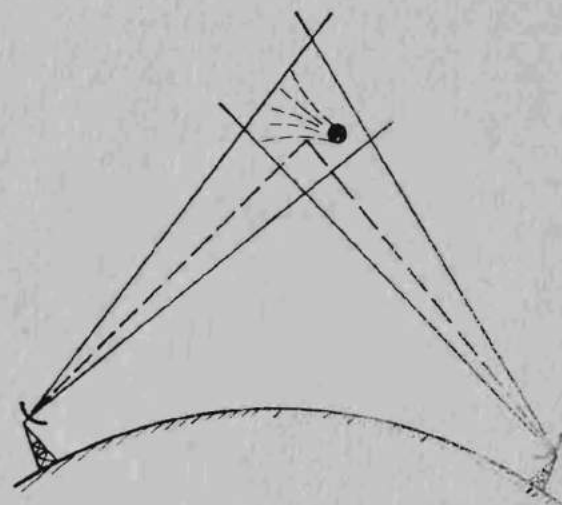


Fig. 30. Schema legăturii prin reflexia de către urmele meteoriților.

dulatorul se deconectează automat. Intreaga emisiune durează cel mult cîteva secunde. Procesul de conectare și de deconectare se repetă de cîteva ori pe minut. În acest fel ar părea că emisia are loc prin impulsuri.

Pentru ca în timpul scurt în care este posibilă legătura să se transmită textul necesar, transmisiunea trebuie să se facă cu viteze mari (aproximativ 2000 cuvinte pe minut). Se folosește un sistem special de radioteleimprimator, care realizează astfel de viteze de lucru mari. Textul se înscrie în prealabil cu ajutorul unui cifru special.

Prin folosirea reflexiei de către urmele meteoriților este posibil lucrul în banda de frecvențe de la 30 la 60 MHz, cu o lățime a benzii de trecere a receptorului de 3 kHz. Acest tip de legătură nu este influențat de furtunile magne-

tice, ceea ce este foarte important la latitudinile mari. De aceea prima linie de legătură de acest fel a fost instalată între golful Shelley și Port-Arthur (S.U.A.), adică în regiunea aurelor polare, unde furtunile magnetice sînt deosebit de frecvente. Întinderea liniei reprezintă aproximativ 1 600 km. În cei doi ani de funcționare, această linie s-a dovedit suficient de sigură și de economică.

Undele radio ale gamei metrice se pot reflecta de zonele aurelor polare. Dacă în emisfera nordică, în regiunea în care se observă aurele polare, antenele de emisie și de recepție se orientează spre nord, la apariția aurelor polare este posibilă realizarea legăturii radio între puncte așezate la o distanță de peste 1 000 km unul de altul. Cînd aurele polare nu au loc, legătura între aceleași puncte nu se realizează.

În cazul acestei forme de propagare a undelor radio nu sînt necesare pentru legături emițătoare puternice și antene complexe și de aceea reflexia de către aurele polare poate fi folosită pentru legăturile dintre radioamatori.

Radioamatorii din Canada au efectuat multiple experiențe de legătură la distanță pe frecvențele de 28—148 MHz, prin reflexia undelor de către aurele polare. E interesant că reflexia de aurora polară s-a înregistrat la o stație situată la 1 200 km sud de limita zonei aurelor polare.

Reflexia undelor radio de către aurele polare permite efectuarea observațiilor asupra lor cu ajutorul radioloca-toarelor.

CAPITOLUL VI

PARAZIȚI LA RECEPȚIA UUS

Condițiile recepției nu sînt determinate de valoarea absolută a intensității cîmpului semnalului, ci de raportul dintre intensitatea cîmpului semnalului și nivelul parazi-ților. Pentru fiecare formă de legătură intensitatea cîmpului semnalului trebuie să depășească nivelul paraziților de un număr mai mare sau mai mic de ori. Cunoșcînd acest coefi-cient al nivelului paraziților se poate stabili intensitatea necesară a cîmpului la locul de recepție. Aici vom examina numai paraziții exteriori în raport cu aparatura de recepție, fără a ne ocupa de zgomotele interioare ale receptorului.

În gama UUS acționează paraziți industriali, paraziți de origine cosmică și paraziți atmosferici. Paraziții indus-triali sînt creați de diferitele instalații electrice. Paraziți puternici creează instalațiile de raze Roentgen. În orașe sînt importanți paraziții datorii pornirii motoarelor auto-mobilelor. Importanți sînt de asemenea și paraziții datorii armonicilor stațiilor radio pe unde scurte.

În ultimul timp au început să se observe paraziți în televiziune creați de stații de televiziune îndepărtate. Acești paraziți se manifestă mai ales la o distanță de 40—60 km de centrul de televiziune, adică acolo unde intensitatea cîmpului centrului de televiziune local este mică și se întrebuițează receptoare sensibile și antene cu coeficient mare de amplificare. Acești paraziți de interferență se manifestă sub forma unui zgomot în canalul de sunet și sub formă de moar pe ecranul tubului cinescop.

Alt tip de paraziți sînt creați de avioane. La trecerea unui avion prin apropierea antenei de recepție, acesta re-flectă energia undelor radio, ceea ce creează paraziți de

interferență. Acolo unde avioanele zboară des deasupra unui oraș, acești paraziti sînt foarte importanți. Astfel în S.U.A., lupta împotriva parazitilor creați în televiziune de avioane a devenit o problemă pentru unele regiuni.

Paraziții cosmici se datoresc radiației radio a Galacticii și a Soarelui. Acești paraziti apar ca un zgomot la intrarea receptorului. Radiația radio a Soarelui se manifestă ca un parazit pentru radiorecepție în cazul folosirii unor antene pentru recepție cu directivitate mare și numai în cazurile în care antenele sînt orientate spre Soare. Deosebit de puternici sînt acești paraziti în anii de activitate solară maximă. Radiația radio a Galacticii reprezintă un parazit și pentru antenele nedirective.

Sensibilitatea unui receptor în gama UUS este determinată de nivelul zgomotelor în rezistența ohmică a circuitului de antenă. Sub acțiunea parazitilor din Galactică ar părea că crește nivelul zgomotului creat de rezistența ohmică a antenei. Pentru aprecierea cantitativă a parazitilor din Galactică se folosește coeficientul β , care indică de cîte ori crește nivelul zgomotelor la intrarea receptorului, la apariția parazitilor din Galactică. În gama undelor metrice, dependența coeficientului β de frecvență (în megaherți) coincide bine cu expresia

$$\beta = \frac{1.8 \cdot 10^3}{f} \quad (19)$$

adică parazitii sînt mai intenși la frecvențe mai joase.

Paraziții atmosferici nu sînt importanți în gama UUS. Ei se reduc în special la paraziti datoriti furtunilor locale. În regiunile nordice se observă un alt tip particular de paraziti: în timpul viscoalelor, particulele de zăpadă și de gheață se mișcă cu viteze imense. În acest caz, datorită frecării, ele se electrizează, ceea ce creează paraziti sub formă de zgomote. Nivelul unor astfel de zgomote este cu atît mai mare, cu cît este mai mare și viteza vîntului.

Pentru o recepție satisfăcătoare diferitele tipuri de emisiuni necesită diferite raporturi între nivelul semnalului și zgomote. Cerințele cele mai ridicate le prezintă

televiziunea. Aici este de dorit a avea un raport semnal/zgomot de cel puțin 30 dB. Pentru aceasta, intensitatea cîmpului semnalului trebuie să fie de la 100 $\mu\text{V/m}$, în banda de frecvențe de la 50 la 80 MHz, și pînă la 1000 $\mu\text{V/m}$, în banda de frecvențe de peste 200 MHz. În orașe, unde paraziti exteriori sînt puternici, intensitatea cîmpului trebuie să atingă 5000 $\mu\text{V/m}$. Prezența parazitilor mărește puterea necesară a emițătorului.

INCHEIERE

Am făcut cunoștință pe scurt cu principalele particularități ale propagării UUS. În repetate rânduri s-a arătat că nu toate fenomenele din acest domeniu sînt complet studiate.

Propagarea undelor radio reprezintă un proces foarte complex, supus influenței diferitelor fenomene ale naturii. Asupra condițiilor de propagare a UUS au influență atît procesele care au loc departe de limitele atmosferei pămîntești (aparitia petelor solare, exploziile din Soare, razele cosmice, meteoriții), cît și procesele care au loc în apropierea suprafeței pămîntului (în ionosferă și troposferă) și pe însăși suprafața pămîntului (clădiri, instalații și mișcarea vehiculelor). Condițiile de propagare a undelor radio variază în funcție de ora din zi, anotimp, activitatea solară și de timp.

Pentru studierea unor fenomene complexe este necesar un număr de observații. Condițiile de propagare a undelor radio trebuie observate în momente, distanțe și regiuni diferite. Generalizînd aceste observații, cercetătorii pot pune în evidență anumite legi, le pot justifica din punct de vedere teoretic, pot obține formule de calcul, sau din experiențe pot obține corecții empirice la formulele calculate. Aceasta va permite ca în viitor calculul liniilor de radiocomunicații și de radiodifuziune să se facă mai corect, va da posibilitatea să se prezică întreruperile probabile ale legăturilor și să se prevadă metodele de luptă împotriva lor. În condițiile dezvoltării actuale a radioamatorismului, un rol mare în studierea fenomenelor de propagare a undelor radio îl au observațiile radioamatorilor. Este important însă ca radioamatorii să-și înregistreze observațiile cît mai sistematic și atent posibil.

să indice data, ora observației și tipul sau particularitățile aparaturii folosite de ei.

Un mare interes îl prezintă observațiile asupra recepției la distanță foarte mare a UUS. Aici sînt încă multe probleme nestudiate. Sînt interesante atît cazurile de propagare troposferică a UUS la distanțe de 200 km și mai mult (este posibilă pînă la 600—800 km), cît și cazurile de propagare prin ionosferă (peste 1 000—1 500 km).

Astfel de observații s-au efectuat deja. În vara anului 1956, radioamatorii Morozov din Poltava și Sotnikov din Moscova au efectuat observații asupra recepției la distanță foarte mare a emisiunilor de televiziune ale stațiilor străine, care lucrează în banda de frecvențe de la 40 la 60 MHz și sînt situate la distanțe de peste 1 000 km. Jurnalele observațiilor prezintă o valoare mare. Analiza și compararea acestor observații a permis să se stabilească o particularitate interesantă a reflexiei undelor radio de stratul sporadic E_s și să se explice de ce recepția la distanțe foarte mari este posibilă mai des decît indică datele stațiilor ionosferice.

Observațiile asupra legăturii pe UUS la foarte mari distanțe, stabilite de radioamatorii din S.U.A., au dat posibilitate unui cercetător american să construiască hărți pentru deplasarea stratului E_s și să calculeze viteza mișcării lui. Aceleași rezultate au fost obținute și în U.R.S.S. prin prelucrarea datelor recepției în regiunea Moscova de la centrul de televiziune din Praga. Din păcate, radioamatorii din apropierea Moscovei nu au efectuat observații sistematice și de aceea determinarea deplasării stratului E_s a fost posibilă numai timp de cîteva zile.

Observațiile radioamatorilor asupra recepției emisiunilor de televiziune în S.U.A. în benzile de 50—80 și 170—200 MHz au demonstrat în mod convingător că undele mai scurte se propagă prin troposferă la o distanță de cel mult 800 km, iar cele mai lungi se propagă cel mai des prin ionosferă la distanțe de peste 1 000 km.

O valoare mai mare ar prezenta observațiile radioamatorilor care lucrează în gama UUS, asupra recepției la distanță foarte mare a emisiunilor de televiziune. În cazul recepției ionosferice (emisiunea unui centru de tele-

viziune la o distanță de peste 1 000 km), e interesant să se observe direcția în care recepția a fost cea mai bună. În cazul propagării troposferice (emisiunea unui centru de televiziune așezat la o distanță până la 800 km) trebuie să se noteze în afară de aceasta starea timpului (senin, înnorat, vânt) și, dacă e posibil, presiunea și temperatura aerului.

La stabilirea legăturii pe UUS la distanțe mari e de dorit să se noteze aceleași date și în afară de aceasta, dacă legătura a avut loc în ambele sensuri.

De asemenea, un interes mare îl prezintă stabilirea unei comunicații pe UUS pe un teren accidentat, muntos, sau cu multe construcții.

De fiecare dată, la efectuarea observațiilor este necesar să se înregistreze data și ora observației, unda de lucru, datele aparaturii utilizate (sensibilitatea receptorului, tipul antenei și amplasarea ei, puterea emițătorului), locul recepției (printre clădiri înalte, la loc deschis, printre arbori etc.) și amplasarea stației de emisie, distanța, calitatea și durata recepției, prezența fedingurilor, direcția de sosire a undei (e interesant să se compare cu direcția spre corespondent, determinată pe hartă) și datele asupra timpului (în cazul propagării troposferice).

Rezultatele observațiilor (pe timp de 2 — 3 luni) trebuie adresate Institutului Energetic din Moscova, decorat cu Ordinul Lenin (Moscova, str. Krasnokazarmennaia, nr. 14, Catedra de antene și de propagare a undelor radio), unde vor fi comparate cu rezultatele observațiilor altor radioamatori și folosite în scopuri științifice.

BIBLIOGRAFIE

- V. F. Anisimov, *Recepția la distanță a emisiunilor de televiziune*, Editura DOSAAF, 1956.
- M. P. Doluhanov, *Cum se propagă undele radio*, Sviazisdat, 1954.
- I. P. Jerebțov, *Tehnica undelor metrice*, Editura DOSAAF, 1955.
- A. M. Kușev, *Undele radio ultrascurte și utilizarea lor*, Editura „Znanie”, 1955.
- A. F. Plonskii, *Radiocomunicațiile de amatori pe unde metrice*, Gosenergoizdat, 1953.
- S. A. Pressman, *Undele centimetrice*, Gosenergoizdat, 1954.
- I. S. Șklovskii, *Radiocastrologia*, Gostehizdat, 1953.
- P. O. Cecik, *Radiotehnica și electronica în astronomie*, Gosenergoizdat, 1953.

CUPRINSUL

	Pag.
Introducere	3
Capitolul I. Noțiuni de bază referitoare la propagarea undelor radio	6
Capitolul II. Structura și proprietățile electrice ale suprafeței pământului și ale atmosferei	12
Suprafața pământului	12
Troposfera	13
Ionosfera	16
Capitolul III. Propagarea UUS în limitele orizontului vizibil	21
Propagarea la distanțe mult mai mici decât vizibilitatea directă	22
Propagarea la distanțe apropiate de limita vizibilității directe	25
Influența accidentelor de teren de la suprafața pământului	28
Capitolul IV. Propagarea troposferică a UUS	37
Difracția	37
Refracția și apariția „ghidului de unde atmosferic”	40
Reflexia de către neomogenitățile straturilor troposferei	48
Difuzia undelor radio de neomogenitățile straturilor troposferice	48
Capitolul V. Propagarea ionosferică a UUS	54
Reflexia de către stratul regulat F_2	54
Reflexia de către stratul sporadic E_s	56
Difuzia de către straturile ionosferice neomogene	60
Reflexia de către urmele meteoritilor și de către aurorele polare	65
Capitolul VI. Paraziți la recepția UUS	69
Încheiere	72
Bibliografie	75

Redactor—responsabil de carte: Ing. Varia Mihai
Tehnoredactor: Horowitz Strul

Dați la cules 25.05.59. Bun de tipar 13.09.59. Hârtie cărți școlare de 65 g/m², 54×84/16. Coli editoriale 3,51. Coli de tipar 4,75. Comanda RU 4776 A 04190; E 20075.
Indicele de clasificare pentru bibliotecile mari 621.396.11.020.6
Indicele de clasificare pentru bibliotecile mici 621.

Tiparul executat la Întreprinderea Poligrafică nr. 3, b-dul 6 Martie 29
București, R.P.R.

