

Particularitățile proiectării rețelei de televiziune digitală terestră DVBT-2 în Republica Moldova

Cristina BELENIUC, Tatiana URSACHI, Ion AVRAM

Technical University of Moldova

ion.avram@rc.utm.md

Abstract — DBV-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial) is the terrestrial digital transmission system specified in the DVB standard and offers the ideal solution for direct transmission of televisions programs to viewers. DVB-T system can be built on the existing distribution structure. It is very important to realize a frequency plan for an optimal coverage in networks like SFN (Single Frequency Network) or MFN (Multi Frequency Network). SFN - Single Frequency Network, an SFN network consists of several transmitters that emit all on the same frequency. The transmitters must transmit the same data bits on the same carrier at the same time, this case requires a precise synchronization

Index Terms — Digital Video Broadcasting - Terrestrial, Feeder, Broadcast Antenna, Television, OFDM.

I. INTRODUCERE

Transmisia DVB-T atât prin satelit cât și prin cablu folosește tehnologii de transmisie digitală economisind lățime de bandă a frecvenței utilizate, păstrând calitatea semnalului video prin utilizarea codării MPEG (Moving Pictures Experts Group) și oferă o acoperire excelentă atât a zonelor urbane, cât și rurale cu programe naționale și cu programe regionale, aplicabile pentru arii geografice specifice. Utilizarea în televiziunea modernă a tehnologiei digitale terestre implică încetarea transmisiilor analogice convenționale, ceea ce înseamnă substituirea vechilor servicii într-o perioadă de la 5 până la 10 ani, perioadă în care transmisiile digitale și analogice vor continua simultan. După încheierea acestei perioade de tranziție, televiziunea digitală va oferi mai multe programe de televiziune, care vor putea fi recepționate cu ajutorul unei antene mici și foarte ieftine, fără a fi necesară instalarea unei antene de satelit ori conectarea la un operator de televiziune prin cablu. DVB-T permite de asemenea și recepția mobilă datorită schemei de modulație OFDM. În plus, acest sistem permite adăugarea de alte servicii de mare viteză (Internet, comerț electronic, ș. a.) alături de transmisiile TV. Și un lucru extrem de important, care trebuie de luat în considerare este faptul că televiziunile comerciale nu mai sunt obligate să transmită codat așa cum se face acum în televiziunea satelit din considerente legate de dreptul de difuzare doar pentru o anumită țară.

II. ABORDAREA PROBLEMEI SPRE PROIECTAREA REȚELEI DE TELEVIZIUNE DIGITALĂ TERESTRĂ

Se va proiecta rețeaua de televiziune digitală terestră pentru recepția staționară pe teritoriul Republicii Moldova (ca exemplu pentru calcul se va utiliza sectorul Ungheni-Bălți). Recepționarea va fi efectuată cu ajutorul receptoarelor de televiziune staționare cu un dispozitiv special atașat la antenă existentă și situat în incinta localului amplasării receptorului de televiziune. Calculul trebuie să pornească de la faptul ca rețeaua de televiziune va fi creată independent de rețeaua existentă de televiziune analogică, cu prevederea integrării în continuare într-o rețea de televiziune digitală, precum și implementarea altor servicii, pe baza rețelei existente (transmisii de date,

inclusiv conectarea la Internet). Pentru proiectare se propune de a alege canalul 22, cu frecvența de 480 MHz.

Se vor considera necesare la calculul rețelei următorii factori: determinarea intensității câmpului emițătorului de televiziune, puterea de emisie a emițătorului, locul de instalare a stației de emisie, înălțimea amplasării antenei de emisie, aria aproximativă de acoperire cu semnal în funcție de forma reliefului ș.a.

III. PROIECTAREA REȚELEI DE TELEVIZIUNE

Locurile amplasării antenelor din rețeaua proiectată au fost alese: satul Cetireni, raionul Ungheni și satul Mîndreștii Noi, raionul Sîngerei.

Alegerea acestor zone se datorează următorilor factori:

- Puncte ridicate al vizibilității, care pot acoperi cea mai mare parte a zonei, în linia de vedere;
- Infrastructura gata pentru instalarea antenelor pe piloni (la Cetireni pilon cu H=245 m, la Mîndreștii Noi pilon cu H=350m), precum și localuri tehnice pentru amplasarea echipamentelor necesare;
- Personal tehnic calificat pentru deservirea echipamentelor și condiții de lucru necesare pentru întreținerea echipamentelor.

Coordonatele geografice a pilonilor, unde se va efectua amplasarea echipamentelor și antenei:

1. s. Cetireni
 - latitudinea $47^{\circ} 12' 08''$;
 - longitudinea $27^{\circ} 53' 13''$;
 - zonă cu mici obstacole, aproape neînsemnate.
2. s. Mîndreștii Noi
 - latitudinea $47^{\circ} 43' 46''$;
 - longitudinea $28^{\circ} 01' 56''$;
 - zonă cu mici obstacole, aproape neînsemnate.

Selectarea echipamentului pentru rețeaua de televiziune

Principalele echipamente pentru rețeaua de radiodifuziune este emițătorul TV și sistemul radiant (instalația antenă-feeder).

Tendențele actuale mondiale în ceea ce privește dezvoltarea echipamentului de difuzare a televiziunii sunt:

1. folosirea tehnologiilor de economisire a energiei electrice;
2. aplicarea noilor soluții tehnice, pentru a reduce greutatea și dimensiunile echipamentelor;

3. utilizarea componentelor standardizate pentru emițătoare cu diferită putere de emisie;
4. reducerea costului, îmbunătățind indicatorii de calitate ai emițătoarelor.
- 5.

IV. ANTENA DE EMISIE

În componența unității antenei de emisie, în afară de amplificarea puterii semnalului de intrare, este inclus neapărat și sistemul radiant prin care se conectează emițătorul la antenă.

Cerințele de bază care trebuie să fie îndeplinite de antenele de emisie, este nedeteriorarea radiațiilor și crearea valorilor uniforme ale intensității câmpului electromagnetic în zona de acoperire.

Cei mai importanți parametri ai antenei de emisie TV sunt:

- câștigul antenei;
- forma diagramei de directivitate în polarizarea verticală și orizontală;
- polarizarea undelor de emisie etc.

Pentru crearea intensității câmpului maxim în zona de acoperire se mărește puterea de radiație, dar la altitudini joase, la ridicarea antenei intensitatea câmpului electromagnetic în zona din apropiere poate depăși normele sanitare admise.

Potrivit datelor inițiale pentru calcularea rețelei de televiziune se folosește canalul 22, cu frecvența de 480 MHz. Au fost analizate două antene de la diferiți producători: Kathrein și Huawei, dar selectarea antenei a rezultat din catalogul companiei KATHREIN (Germania).

KATHREIN - este lider mondial în ceea ce privește fabricarea conexiunii antenei de bază. Compania produce o gamă largă de echipamente - antenă, cu o bandă de frecvențe între 25 și 3800 MHz, inclusiv antene sectorizate și omnidirectionale, care pot fi utilizate pentru diversificarea metodelor de acoperire eficientă a teritoriului cu semnal de televiziune digitală terestră DVBT-2.

Tabel I. Parametrii principali ai antenelor KATHREIN și Huawei

Denumirea parametrului	Valoarea (Kathrein)	Valoarea (Huawei)
Banda frecvențelor de lucru, MHz	470-860	470-860
Polarizarea	orizontală	orizontală
Diagrama de directivitate cu neregularitatea, dB	3	3
Câștigul, nu mai mic	15,3	13
Puterea maximă, W	3000	2500
Impedanța de intrare, Ω	50	50
Conectorul antenă - priză, 50 Ω	Conector EIA 7/8	Conector EIA 7/8
Atenuarea în cablu, dB	0,2 - 0,5	0,3 - 0,7

Viteza maximă a vântului, km/h	225	225
Greutatea, kg	420	450

V. FEEDER-UL

Parte din orice sistem de transmisiune este feederul. Selectarea parametrilor cablului afectează caracteristicile emițătorului. Prin urmare, având inițial datele de bază ale antenei, au fost comparate produsele companiilor Andrew și Radio Frequency Systems (RFS). În rezultat s-a selectat cablul coaxial al companiei Andrew.

Cablul modelul HJ11-50 este un cablu coaxial standard cu dielectric aerian, cupru ondulat, cu diametrul de 4 inch și înveliș din plastic negru. Parametrii de bază ai cablului sunt indicați în tabelul II.

Tabel II. Parametrii principali ai cablurilor comparate

Denumirea parametrului	Valoarea (Andrew)	Valoarea (RFS)
Materialul necesar pentru izolare	polietilen	polietilen
Diametrul, mm	110	75
Impedanța de intrare, Ω	50 Ω ± 0,5	50 Ω ± 0,5
Banda de frecvențe, MHz	1 - 1000	1 - 1000
Temperatura de lucru, °C	- 40 - + 85	- 40 - + 85
Materialul dielectricului	polipropilen	polipropilen
Cantitatea minimă de curbe	15	10
Cantitatea admisă de curbe	30	20
Capacitatea, pF/m	22	22
Puterea maximă, kW	1100	1100

VI. EMIȚĂTORUL TV DIGITAL

Pentru determinarea tipului de emițător, este necesar să se calculeze puterea de ieșire, luându-se în considerare pierderile în feeder și câștigul antenei

$$E = P_{TX} + G_A - A_f \quad (2.1),$$

unde $P_{TX} = E - G_A + A_f = 43 - 15.3 + 2.1 = 30$ dBW.

Potrivit cerințelor către emițătoarele digitale se standardizează următorii parametri:

- clasa de emisie (X7FWX);
- banda de frecvențe III-V;
- tipul de modulare - QPSK (Quadrature Phase Shift Keyng) (regimul 2K, 8K și/sau 4K);
- abaterea puterii de la valoarea nominală trebuie să fie în limitele, nu mai mult de +/- 10%;
- prezența interfețelor pentru recepționarea fluxurilor de transport MPEG 2 (4);
- parametri de transmisie: rata de cod, interval de protecție și viteza fluxului digital;

- valoarea coeficientului de eroare de bit, măsurată înainte de decodorul Viterbi - nu mai mult de 10^{-9} ;
- abaterea de la frecvența centrală în spectrul de ieșire a semnalului de ieșire de la frecvența medie a canalului de lucru - în limitele de +/- 100 Hz;
- incidența vibrațiilor transmise din partea emițătorului de emisie în feederul antenei - nu mai mult de -60 dB în raport cu puterea efectivă a unui emițător radio.

Utilizând cerințele indicate se alege un dispozitiv de emisie pentru rețeaua de televiziune proiectată.

În prezent, piața conține o gamă largă de emițătoare care nu diferă în mod substanțial unele de altele. S-au analizat produsele companiilor Rohde&Schwarz și Sony Ericsson.

Ca urmare, a fost selectat un emițător de televiziune digitală fabricat de compania Rohde&Schwarz modelul NV 8206, cunoscut în întreaga lume pentru indicatorii de calitate: valoarea pierderilor echivalente de zgomot mici, nivelul scăzut al benzii componentelor spectrale, stabilitate ridicată, consum de energie electrică minimă și control eficient la distanță.

Emițătoarele din familia dată includ următoarele componente:

- excitator;
- amplificatoare de putere, inclusiv sursa de alimentare;
- rack-ul emițătorului.

Emițătorul Rohde&Schwarz NV 8206 răcit cu apă, este conceput pentru standardele TV analog (B/G, D/K, M/N, I), cu standardul de codificare de culoare (SECAM, PAL, NTSC), precum și pentru standardele TV digital (DVB-T / -H, ATSC, etc).

Amplificatorul are propria sursă de alimentare, care este construită în modulul amplificator și prin urmare răcirea se efectuează cu sistemul de răcire cu lichid.

Amplificatorul este conceput ca un sistem complet al modulului și poate fi înlocuit chiar în timpul funcționării emițătorului, fără scurgeri de lichid de răcire din sistemul de răcire fără a perturba alte module.

Un modul important este coderul DVB-T. El are patru interfațe ASI (Asynchronous Serial Interface), care formează un sistem complet de prelucrare a semnalului (interfața de intrare, întârzierea, etc). Modulul central de comandă servește pentru a monitoriza și controla toate transmisițiile. Acesta oferă utilizatorului acces la toți parametrii sistemului și, în special, parametrii încorporați în coder. Acest lucru permite să utilizeze numai o singură interfață de control de la distanță pentru monitorizarea tuturor modulelor funcționale ale emițătorului.

Sistemul standard de răcire este o unitate exterioară, situată în afara rack-ului. El cuprinde un ansamblu de pompe pentru fiecare rack ale emițătorului. Ansamblul este format din două pompe conectate în serie, pentru a spori credibilitatea, precum și modulul de control și mixer. Sistemul standard de schimbare a caldurii pentru fiecare set de pompe se instalează în afara încăperii. Sistemul standard de schimbare a caldurii este echipat cu două ventilatoare funcționale, pentru a îmbunătăți fiabilitatea, în redundanță activă. Ca agent frigorific este utilizat Antifrogen N.

VII. MĂSURAREA PARAMETRILOR DE BAZĂ ALE EMIȚĂTOARELOR DE TELEVIZIUNE DIGITALĂ TERESTRĂ

Măsurarea puterii de ieșire a emițătorului se efectuează cu ajutorul wattmetrului după schema, prezentată în figura 1.

Prin intermediul modulatorului emițătorului se instalează consecutiv regimurile de lucru ale purtătoarelor emițătorului 2K, 8K și tipurile de modulație QPSK, 16QAM, 64QAM cu parametrii, corespunzători vitezei maxime de transport a datelor. De la generatorul semnalelor de testare către una din intrările modulatorului se aplică fluxul de transport de date respectiv, ce conține secvențe aleatorii și clipuri video de test.

Tabelul III. Caracteristicile tehnice principale ale emițătoarelor Rohde&Schwarz și Sony Ericsson

Denumirea parametrului	Valoarea (Rohde&Schwarz)	Valoarea (Sony Ericsson)
Banda de frecvență, MHz	470 - 862	470 - 862
Puterea	TV digitală: DVB-T 1.2 kW	TV digitală: DVB-T 1.2 kW
Standardele de codare a culorilor	PAL, SECAM, NTSC	PAL, SECAM, NTSC
Dimensiunile, mm	600 x 2000 x 800	800 x 2500 x 1000
Umiditatea admisă	95%	75%
Alimentarea	230 V/400 V ±15 %, 50 (60) Hz ±2 %	230 V/400 V ±15 %, 50 (60) Hz ±2 %
Temperatura de lucru	de la +1 °C până la +45 °C	de la +1 °C până la +45 °C
Temperatura exterioară	De la -30 °C până +50 °C	De la -30 °C până +50 °C
Modularea	QPSK, 16QAM sau 64QAM	QPSK, 16QAM sau 64QAM

Determinarea valorii puterii de ieșire a emițătorului se efectuează conform indicațiilor wattmetrului puterii de absorbție.

Pentru modificarea puterii de ieșire a emițătorului se acceptă utilizarea metodei, indicate în FOCT 20532 pentru măsurarea puterii emițătoarelor de televiziune analogică în nivelul de atenuare.

Valorii puterii de emisie ale emițătorului pentru regimurile purtătoarelor 2K și 8K și tipurilor de modulație QPSK, 16QAM, 64QAM nu trebuie să difere de la cea nominală cu mai mult de ± 10 %.

În cazul în care nivelul semnalului emițătorului la ieșirea cuplorului direcționat depășește nivelele de intrare admisibile ale mijloacelor de măsurare, este necesar de utilizat un atenuator suplimentar.

Controlul se efectuează în următoarea consecutivitate:

- cu ajutorul organelor de dirijare ale modulatorului emițătorului se stabilesc consecutiv parametrii semnalului

emis al emițătorului, ce corespund vitezei maxime pentru fiecare tip de modulație;

- la intrările ASI și SPI ale modulatorului de la generatorul semnalelor de testare se transmit fluxurile de viteze corespunzătoare, ce conțin tabele televizate de testare și clipuri video de testare;

- Emisia semnalelor se controlează prin vizualizarea programului selectat pe ecranul receptorului digital de măsurare; în caz că receptorul de măsurare nu are regim de vizualizare a clipurilor video, la schema de măsurare se va conecta suplimentar un receptor TV digital pentru controlul imaginii;

- totodată, cu ajutorul receptorului digital de măsurare se controlează informația privind parametrii de transmisie (TPS) și viteza transmisiei.

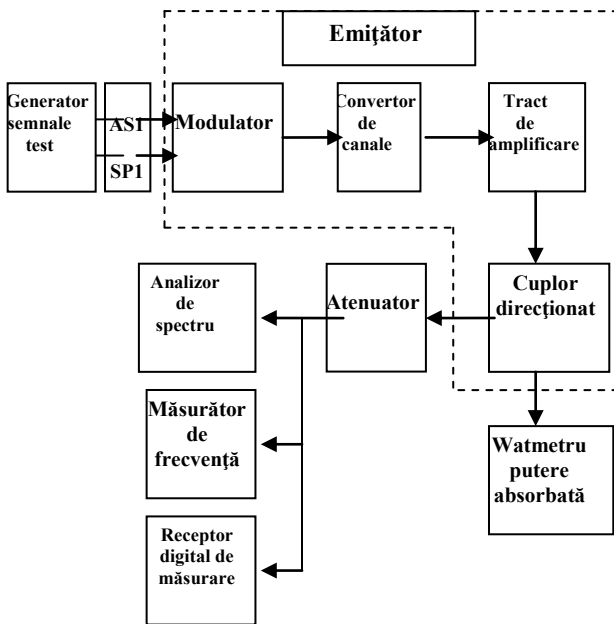


Figura 1 Schema măsurării parametrilor emițătorului

Controlul se efectuează pentru regimul purtătoarelor 2K și 8K la direcționarea fluxurilor către intrările ASI și SPI ale modulatorului.

În toate regimurile, pe ecranul receptorului digital de măsurare sau receptorului TV digital trebuie să lipsească distorsiunile imaginii TV, iar parametrii măsurați și viteza de transmisie trebuie să corespundă.

Modificarea coeficientului BER înainte de decodarea internă Viterbi și valoarea medie pătrată a erorilor de modulație MER (Modulation Error Ratio) a emițătorului se efectuează concomitent cu măsurarea transmisiei fluxurilor de date. Pentru aceasta, la una din intrările modulatorului, de la generatorul semnalelor de testare se direcționează fluxuri de date de viteză corespunzătoare, ce conțin secvențe aleatorii și pachete cu zerouri.

Nivelul semnalului măsurat la intrarea receptorului digital de măsurare trebuie să fie suficient pentru excluderea influenței perturbațiilor exterioare sau zgomotului receptorului de măsurare.

Valoarea măsurată BER la intrarea decodării interne nu trebuie să depășească 10^{-9} , iar MER trebuie să fie nu mai puțin de 35 dB.

Măsurările se efectuează în cazul lucrului emițătorului în regimurile cu parametrii, analogici punctului precedent

în banda de frecvențe de la 30 MHz până la 2,5 GHz pentru emițătoarele din banda III și în banda de frecvențe de la 30 MHz până la 4 GHz pentru emițătoarele din benzile IV și V. Lărgimea de bandă a filtrului analizorului de spectru se stabilește 100 kHz în cazul măsurărilor pe frecvențele până la 1 GHz și 1 MHz în cazul măsurărilor pe frecvențele mai înalte de 1 GHz.

Valoarea atenuării introduse în circuitul de măsurare de către cuplul direcționat, atenuator și cablul de conectare trebuie să fie cunoscută pentru întreaga bandă de măsurare și luată în considerație în rezultatele măsurărilor. La efectuarea măsurărilor este necesar de a exclude influența perturbațiilor externe prin ecranare suplimentară a analizorului de spectru și circuitului de măsurare.

Valorile măsurate ale puterii emisiilor laterale ale emițătorului nu trebuie să depășească minus 60 dB în raport cu puterea de emisie a emițătorului.

VIII. RECEPTORUL SET-TOP-BOX

Alegerea standardului european pentru Republica Moldova privind radiodifuziune digitală DVB-T, va permite cetățenilor de a ajusta televizoarele lor pentru vizualizarea televiziunii digitale și să nu cumpere cât mai curând televizoare noi scumpe.

Cele mai multe televizoare, care se folosesc astăzi, nu pot să recepționeze semnalul digital. Dar aceasta nu înseamnă că televizoarele ar trebui să fie înlocuite până la sfârșitul anului 2017. Oricare va fi bun, chiar și acel mai vechi set TV, doar ca trebuie să fie dotat cu o intrare normală pentru antenă.

Dispozitivul intermediar între televizor și mediul de propagare va servi decodorul, un așa-numit set-top-box, instalat între antena de recepție și televizorul propriu zis. Set-top-boxul se conectează la o antenă de exterior existentă, recepționează un semnal digital, pe care îl convertește în semnal analogic și îl transmite la intrarea televizorului - publicului îi rămâne doar să selecteze canalul dorit.

În prezent, costul unui decodor variază între 20-100 de dolari americani, în funcție de producător și scade rapid (există soluții, care costa mai puțin de 15 dolari).

Set-top-box-ul (STB), este capabil de a recepționa programe TV digitale cu definiție standard SDTV (Standard Definition TV) din diferite canale fizice. Imaginea este afișată pe un televizor obișnuit, cu 625 linii, dar sunetul se poate reproduce la orice sistem stereo. Remarcăm faptul că, pentru trecerea la televiziune cu definiție înaltă HDTV utilizatorii vor avea nevoie de a schimba televizoarele lor existente pe unele de ultimă generație.

Astfel, a fost făcută o alegere a configurației rețelei de televiziune proiectate, pe baza datelor de intrare, calculul zonelor de acoperire și alegerea echipamentelor pentru semnalul TV de difuzare digitală.

Trebuie remarcat faptul că, în plus față de echipamentul luat în considerare, rețeaua de obicei este formată din:

1. Stația terestră de recepție a TV digitale prin satelit pentru formarea unui pachet de programe difuzate, din programele primite de la sateliți;

2. Stația de recepție a semnalelor din canalele de fibră optică în formarea unui pachet de programe regionale;

3. Echipament cu sistem de acces condiționat hardware care asigură furnizarea serviciilor cu plată;

4. Echipament pentru organizarea și transportarea programelor de televiziune la stația de radiodifuziune și televiziune;

5. Echipament privind sincronizarea rețelelor cu o singură frecvență pentru radiodifuziunea digitală.

IX. METODA DE CALCUL LA PROIECTAREA REȚELEI DVB-T

Calculul suprafeței de acoperire a teritoriului de către rețeaua de televiziune digitală este operațiune care se realizează, de obicei, de către specialiști, cu un software special. Cu toate acestea, cu ajutorul metodei de mai jos se poate calcula aria de acoperire pentru condițiile standard cu o eroare, care nu depășește 10 ... 15%.

După cum s-a menționat în zona Bălți-Ungheni se va folosi canalul de televiziune 22, cu frecvența de 480 MHz.

Ordinea de calcul este următoare:

1. Determinarea valorilor minime ale câmpului electromagnetic pe baza recomandărilor internaționale.

2. Determinarea distanței de la emițător la zona de acoperire a transmisiunii televiziunii.

Calculul este făcut pentru probabilități de recepție în 95 %. În acest caz se va introduce factorul de corecție pentru unele situații.

În tabelul IV sunt indicate cerințele de recepție: densitatea minimă mediană a fluxului de putere și concentrația minimă a câmpului median în banda V, pentru probabilitatea de acoperire de 70% și 95% din locuri, recepția la echipamentul portabil la primul etaj în interior.

Zona de acoperire la emisie pe baza datelor inițiale

În conformitate cu recomandările Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor, calculul distanței de la emițător pînă la hotarul zonei de acoperire recepția semnalului este calculată pentru fiecare 10 de grade față de punctul de referință zero.

Reieșind din datele care acoperă zona rezidențială a localităților, determinăm distanța maximă pentru acoperire zonei conform figurei 2.

Tabelul IV Cerințele la recepție

Probabilitatea de acoperire a teritoriului: 70 %

Coeficientul de corecție a locului de amplansare a antenei C_c (dB)	4				
Densitatea minimă a fluxului de putere pentru 50% timp și 50% loc Φ_{med} (dB)W/m ²)	-81,3	-76,8	-73,8	-69,1	-67,3
Concentrația minimă a câmpului median pentru 50% timp și 50% loc E_{med} (dB)μV/m))	60	66	72	78	84

Probabilitatea de acoperire a teritoriului: 95 %

Coeficientul de corecție a locului de amplansare a antenei C_c (dB)	4				
Densitatea minimă a fluxului de putere pentru 50% timp și 50% loc Φ_{med} (dB)W/m ²)	-85,8	-79,8	-73,8	-67,8	-61,3
Concentrația minimă a câmpului median pentru 50% timp și 50% loc E_{med} (dB)μV/m))	62	68	76	79	85

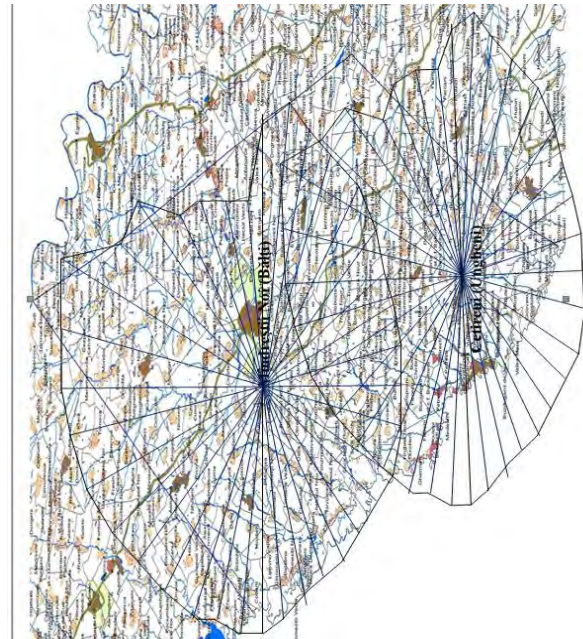


Figura 2 Acoperirea zonei Bălți – Ungheni

X. CALCULUL ZONEI DE ACOPERIRE A REȚELEI CONFORM MODELULUI OKUMURA-HATA

Zona de acoperire este de obicei numită zona din jurul stației de emisie, la hotarul căreia este garantată o recepție cu calitatea specificată. Calitatea recepției depinde de mai mulți factori: caracteristicile tehnice ale instalației de recepție, profilul terenului, condițiile construcțiilor în locul de recepție, timpul zilei și a anului, condițiile meteorologice, etc. În plus, atunci când se determină zona de acoperire trebuie de luat în considerație că diagrama de directivitate a antenei de emisie are o formă de cerc, în timp ce conform standardelor directivitatea admisă a diagramei reale în planul azimutului poate ajunge pînă la 3 dB, care este echivalent cu dublarea puterii radiate și, în consecință, conduce la o denaturarea diagramei ideale.

Limita zonei de acoperire este definită ca locul geometric al punctelor în care intensitatea câmpului sunt normate valori la nivel de 50% din timp și 50% de locuri de recepție. O astfel de valoare este calculată pe baza caracteristicilor tehnice acceptate de echipamentele de recepție, ținând cont de mediul interferențelor.

Condiții de recepție la un moment și loc dat sunt determinate de intensitatea câmpului electric.

Aceast parametru, la rândul său, depinde de următoarele valori:

- condițiile de propagare a undelor (atenuarea);

- polarizarea undelor;
- relieful terenului;
- înălțimea instalării antenelor de emisie și recepție;
- puterea de ieșire a emițătorului.

Raza zonei de acoperire, adică distanța din centrul de emisie pînă la instalațiile de recepție, la care se pot oferi valorile de mai sus a intensității câmpului, este determinată de propagarea așa-numitelor curbe de date în Recomandările Uniunii Internaționale a Telecomunicațiilor (Recommendation ITU-R P.1546-1).

Curbele propagării generalizează rezultatele multiplelor măsurări pe teren efectuate în Europa și America de Nord. Ele sunt construite pentru benzi de frecvențe diferite (de la 100 MHz și 2000 MHz) și pentru diferite altitudini a antenei de emisie (de la 10 m pînă la 1200 m).

O altă variantă pentru calcularea zonei de acoperire este oferită în 1968 de către Y. Okumura prin modele empirice de propagarea a undelor pe baza rezultatelor măsurătorilor efectuate în mai multe orașe din Tokyo (Japonia). În 1980, M. Hata, utilizînd modelul Okumura, a dedus o expresie matematică. Această expresie este acum cunoscut ca modelul Okumura-Hata și are forma:

$$E_R = 39,82 + P_{BS} - 6,16 \log f + 13,82 \log h_{BS} + a(h_{MS}) - (44,96 - 5,55 \log h_{BS})(\log R)^\gamma$$

unde:

E_R – intensitatea cîmpului electric, dBμV/m;

P_{BS} – puterea necesară pentru emițătorul BS, dBW;

f – frecvența, MHz;

h_{BS} – înălțimea efectivă a antenei emițătorului BS la distanța 3 - 45 km, m;

h_{MS} – înălțimea antenei receptorului de la sol, m;

R – distanța pînă la emițător, km;

$$a(h_{MS}) = (1,1 \cdot \log f - 0,7) \cdot h_{MS} - (1,56 \cdot \log f - 0,8)$$

$$\gamma = 1, \text{ pentru } R \leq 50 \text{ km.}$$

Formula este recomandată de Uniunea Internațională a Telecomunicațiilor pentru calculul intensității cîmpului electromagnetic în banda frecvențelor UHF.

Modelul Okumura-Hata (în forma sa originală) este foarte potrivit pentru a prezice intensitatea cîmpului în condițiile orașelor mari, cu clădiri dense, acolo unde raza de la centrul de emisie pînă la punctul de recepție este mai puțin de 50 km.

Modelul Okumura-Hata este destul de simplu, și dacă este configurat, poate fi folosit pentru a prognoza zonele de acoperire a rețelei. Cu toate acestea, limitările acestui model reduc universalitatea sa. În ciuda acestor limitări predefinite gama de frecvență și restricțiile înălțimii antenei receptorului, modelul va fi utilizat pentru a calcula cîmpul electromagnetic pentru zona de acoperire.

Cu ajutorul programului Glob View (figura 3) [2] determinăm înălțimea efectivă de instalare a antenei de emisie folosind coordonatele:

- latitudinea 47° 12' 08";
- longituda 27° 53' 13".

Folosind modelul Okumura-Hata, se calculează puterea emițătorului pe baza valorilor $E_R=88$ dBW

$$P_{BS} = E_{med} - 39,82 - 6,16 \log f + 13,82 \log h_{BS} + a(h_{MS}) - (44,9 - 6,55 \log h_{BS}) \cdot (\log R)^\gamma$$

$$P_{BS} = 43 \text{ dBW.}$$

Se determină intensitatea cîmpului electromagnetic pentru fiecare direcție peste fiecare 10°:

$$E_R = 39,82 + P_{BS} - 6,16 \log f + 13,82 \log h_{BS} + a(h_{MS}) - (44,96 - 5,55 \log h_{BS})(\log R)^\gamma$$

unde:

$f = 480$ MHz;

$h_{ms} = 10$ m;

$$a(h_{MS}) = (1,1 \cdot \log f - 0,7) \cdot h_{MS} - (1,56 \cdot \log f - 0,8) - (1,56 \cdot 2,88 - 0,8) = 19,11$$

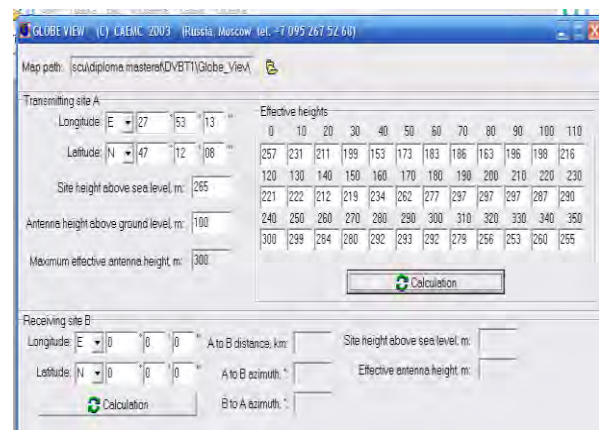


Figura 3 Calculul înălțimii efective a antenei de emisie

Valoarea minimă a intensității cîmpului electromagnetic, indicată în tabelul de mai sus este de 193,71 dBμV/m, deci îndeplinește cerințele prevăzute în Recomandările Uniunii Internaționale de Telecomunicații, pentru o acoperire de 95% din zona de acoperire la recepția cu echipament portabil într-o încăpere la primul etaj.

REFERINȚE

- [1]. Цифровое вещание: от студии к телезрителю. Б.А. Локшин под редакцией проф. Л. С. Вилечкина, М.: Компания Сайрус системс, 2001. - 446 с.
- [2]. Цифровое наземное телевизионное вещание. Справочник по ЦНТВ, Издательство: Горячая Линия - Телеком, 2005 г., 349 стр.
- [3]. Pentru aprobarea Programului privind tranziția de la televiziunea analogică terestră la cea digitală terestră. Hotărârea Guvernului al Republicii Moldova Nr. 240 din 08.05.2015. Publicat : 05.06.2015 în Monitorul Oficial Nr. 139-143, art Nr : 352..
- [4]. www.broadcasting.ru