

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.13/30.12.2019.T.07.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI**

JABBOROV ALIBEK BOTIRQUL O'G'LI

**DVB-T2 STANDARTIGA EGA RAQAMLI TELEVISION SIGNALLARNI
OPTIMAL QABUL QILISHNI BAHOLASH VA
HALAQITBARDOSHLIKNI OSHIRISH USHLUBLARINI TADQIQ ETISH**

**05.04.02 – Radiotexnika, radionavigatsiya, radiolokatsiya va televideniye tizimlari va
qurilmalari. Mobil, optik tolali aloqa tizimlari**

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

Toshkent-2024

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati
mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of the doctor of philosophy (PhD) on
technical sciences**

Jabborov Alibek Botirqul o'g'li

DVB-T2 standartiga ega raqamli televizion signallarni optimal qabul qilishni
baholash va halaqitbardoshlikni oshirish uslublarini tadqiq etish..... 3

Жабборов Алибек Ботиркул угли

Исследование методов повышения помехоустойчивости и оценка
оптимального приема цифровых телевизионных сигналов стандарта
DVB-T2..... 19

Jabborov Alibek Botirqul ugli

Investigation of methods for improving noise immunity and evaluation of the
optimal reception of digital television signals of the DVB-T2 standard..... 37

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ

List of published works 41

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.13/30.12.2019.T.07.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI**

JABBOROV ALIBEK BOTIRQUL O'G'LI

**DVB-T2 STANDARTIGA EGA RAQAMLI TELEVISION SIGNALLARNI
OPTIMAL QABUL QILISHNI BAHOLASH VA
HALAQITBARDOSHLIKNI OSHIRISH USLUBLARINI TADQIQ ETISH**

**05.04.02 – Radiotexnika, radionavigatsiya, radiolokatsiya va televideniye tizimlari va
qurilmalari. Mobil, optik tolali aloqa tizimlari**

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2019.4.PhD/T1446 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitetida bajarilgan. Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.tuit.uz) hamda "ZiyoNet" Axborot-ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Yarmuxamedov Alisher Agbarovich

texnika fanlari nomzodi, dotsent

Rasmiy opponentlar:

Siddikov Ilxomjon Xakimovich

texnika fanlari doktori, professor

Nosirov Xabibullo Xikmatillo o'g'li

texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Yetakchi tashkilot:

O'zbekiston Respublikasi Mudofaa vazirligi

Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari

va aloqa harbiy instituti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti huzuridagi DSc.13/30.12.2019.T.07.02 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil "___" _____ soat ___ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100084, Toshkent shahri, Amir Temur ko'chasi, 108-uy. Tel.: (99871) 238-65-44; faks: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

Dissertatsiya bilan Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (___ raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100084, Toshkent, Amir Temur ko'chasi, 108-uy. Tel.: (+99871) 238-65-44).

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil "___" _____ kuni tarqatildi.
(2024 yil "___" _____ dagi №___ raqamli reestr bayonnomasi).

B. Sh. Maxkamov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

M. S. Saitkamolov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash kotibi, iqtisodiyot fanlari doktori, dotsent

D. Ya. Irgasheva

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, texnika fanlari doktori, professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda Yer usti raqamli teleeshittirish signallarini optimal qabul qilishda halaqitbardoshlikni oshirish uslublarini ta'minlash, raqamli televideniye signallarining qamrov zonasini oshirish va raqamli teleeshittirish tizimini takomillashtirish, raqamli ishlov berish hamda tizimning sifatli texnik ko'rsatkichlarini yaxshilash masalalariga alohida ahamiyat berilmoqda. Hozirgi davrda aholi zich joylashgan hududlarda ko'p qavatli binolarning mavjudligi, tabiiy va sun'iy halaqitlar ta'siri hamda Yer reliefi turli xil bo'lganligi sababli iste'molchilarni sifatli televizion signallar bilan ta'minlash ehtiyoji ortib borishiga olib kelmoqda, bu esa yuqori sifatli halaqitbardosh televizion tizimni takomillashtirishga bo'lgan talabni ortib borishini ko'rsatmoqda. Shu bois dunyoning yetakchi AQSh, Germaniya, Shvetsariya Buyuk Britaniya, Avstriya, Kanada, Xitoy, Yaponiya, Hindiston, Janubiy Koreya va Rossiya Federatsiyasi kabi davlatlarida Yer usti raqamli teleeshittirish signallarini optimal halaqitbardoshli qabul qilish, tizim halaqitbardoshligini oshirish uslublarini ta'minlash hamda yuqori sifatli texnik ko'rsatkichlarga ega tizimni yaratish muhim hisoblanmoqda.

Jahonda raqamli teleeshittirish signallarini optimal qabul qilishda halaqitbardoshlikni oshirish uslublarini ta'minlash, raqamli televideniye signallarining qamrov zonasini oshirish, raqamli ishlov berish, tizimning sifatli texnik ko'rsatkichlarini yaxshilash, uslublari, algoritmlarini, modellarini hamda dasturiy vositalarini ishlab chiqishga qaratilgan bir qancha ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ilmiy tadqiqotlarning katta qismi Yer usti raqamli teleeshittirish signallarini optimal qabul qilishda halaqitbardoshli kodlash, modulyatsiyalash, demodulyatsiyalash uslublarini takomillashtirishga qaratilgan. Shu jihatdan Yer usti raqamli teleeshittirish signallarini optimal halaqitbardoshli qabul qilish, tizim halaqitbardoshligini oshirish uslublarini ta'minlash, raqamli televideniye signallarining qamrov zonasini oshirish va ushbu tizim uchun algoritmlarini, modellarini, dasturiy vositalarini ishlab chiqish hamda optimal halaqitbardoshli tizimni yaratish kabi ko'plab muammolarni yechishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda Yer usti raqamli teleeshittirish signallarini optimal qabul qilishda halaqitbardoshlikni oshirish uslublarini ta'minlash, raqamli televideniye signallarining qamrov zonasini oshirishda keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. Raqamli O'zbekiston – 2030 strategiyasida “iste'molchilarga televizion signalni uzatish, Yer usti televizion eshittirish, kabel televideniyesi, IP-televideniye, ma'lumotlar uzatish tarmoqlari, mobil aloqa, Internet texnologiyalaridan foydalangan holda teleradioeshittirish, televizion va radio xizmatlarining barcha turlarini to'liq qamrab olgan holda raqamli eshittirishni takomillashtirish” raqamli rivojlanishning strategik maqsadlari va ustuvor yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Mazkur maqsadlarga erishishda televizion signallarni optimal qabul qilish, ishonchli qamrov zonasini oshirish, televizion signallarni halaqitbardoshligini oshirish uslublarini takomillashtirish muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

Mazkur dissertatsiya tadqiqoti O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 - yil 5-oktabr PF-6079 son “Raqamli O‘zbekiston - 2030” Strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risidagi Farmonlari, O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2017-yil 24-iyuldagi 29/789 son “Raqamli teleeshittirishlarga o‘tish va Yer usti analog teleeshittirishlarni to‘xtatishga doir amalga oshiriladigan chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 29-avgustdagi PQ-3245 son “Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasida loyiha boshqaruvi tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 28-aprel PQ-4699 son “Raqamli Iqtisodiyot va elektron hukumatni keng joriy etish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot Strategiyasi to‘g‘risida”gi, Qarorlari va Respublikada so‘nggi yillarda ushbu sohada qabul qilingan boshqa me‘yoriy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishi ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining IV “Axborotlashtirish va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish” ustuvor yo‘nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Telekommunikatsiya va raqamli aloqa tizimlari sohasida Yer usti raqamli teleeshittirish signallarini optimal halaqitbardoshli qabul qilish, tizim halaqitbardoshligini oshirish uslublarini ta‘minlash, raqamli televideniye signallarining qamrov zonasini oshirish va ushbu tizim uchun algoritmlarini, modellarini, dasturiy vositalarini ishlab chiqish hamda optimal halaqitbardoshli tizimni amaliyotga joriy qilish bo‘yicha keng qamrovli tadqiqotlar olib borilmoqda. Mazkur tadqiqot bo‘yicha Web of Science, Elsevier, Springer, Association for Computing Machinery, IEEE Xplore, Cyberleninka nashriyotlarining ma‘lumotlar bazasiga kiritilgan, asosan, IEEE Xplore and Scopus ro‘yxatidagi ilmiy jurnallarda oxirgi yillarda chop etilgan maqolalar o‘rganildi.

Bu sohada bir qator xorijiy olimlar, jumladan, V. A. Anjina, N.V. Nikolaychuk, S.V.Dvornikov, Y.V. Lebeda, Chan Van Ngia, G.V.Kulikov, Andrey Mixaylov, A.S. Ovsyannikova, A.A. Levoshko va boshqalar ilmiy izlanishlar olib borgan.

Shuningdek, Respublikamizda bu yo‘nalishda M.M.Muxiddinov, A.M. Nazarov, X.X.Madaminov, A.Sh.Shaxobiddinov, M.A. Djabborova, B.K. Abidov, I.A.Gavrilov, E.B.Tashmanov, T.G.Raximov, X.S.Soatov hamda boshqa olim va tadqiqotchilar ilmiy izlanishlar olib borishgan.

Dissertatsiyada ko‘rib chiqilayotgan muammolarga oid olib borilgan tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, Yer usti raqamli teleeshittirish signallarini optimal halaqitbardoshli qabul qilishda, halaqitbardoshli kodlash va dekodlash uslublari, raqamli modulyatsiya va demodulyatsiya rejimlari, raqamli televideniye signallarining yetarli darajada qamrov zonasini oshirish va raqamli teleeshittirish

tizimini takomillashtirish, tizimning sifatli texnik ko'rsatkichlarini yaxshilash, algoritmlari, uslublari tizimli ravishda va yetarli darajada o'rganilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalar universitetining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining 609715-EPP-1-2019-1-UZ-EPPKA2-CBHE-JP "SPACE.COM" "Kosmik tizimlar va aloqa muhandisligi bo'yicha yangi o'quv dasturi (New study program in space systems and communications engineering)" (2019-2023 yy.) mavzusidagi xalqaro loyihasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi. DVB-T2 standartiga ega raqamli televizion signallarni optimal qabul qilishni baholash va halaqitbardoshlikni oshirish uslublari tadqiq etishdan iborat.

Tadqiqot vazifalari:

Yer usti raqamli teleeshittirish signallarini halaqitbardoshligini oshirish uslublari, optimal qabul qilish uslublari va raqamli televideniye signallarining qamrov zonasini oshirish bo'yicha mavjud xorijiy va mahalliy tadqiqotlarni tahlil qilish;

teleuzatish stansiyalarining ishonchli qamrov hududlarini sifatli radiosignal bilan ta'minlashda, Yerni relefi va ob - havoning o'zgarishini e'tiborga olib, optimal texnik parametrlarni (uzatgich quvvati, antenaning kuchaytirish koeffitsiyenti, uzatish antenasining o'rnatish balandligi) tanlash tamoyilini ishlab chiqish;

raqamli televizion tizimda Xemming, Rid-Solomon, Bouz-Choudxuri Xokvingem va LDPC kodlari asosida imitatsion model yaratish va koder, aloqa kanali, dekoderlarning parametrlarini rostdash orqali halaqitbardoshlikni oshirish uslubini takomillashtirish;

raqamli televizion tizimda Gauss, Rays va Reley kanallarini tanlash orqali halaqitbardoshlikni oshirish imkoniyatini beruvchi yangi Bouz-Choudxuri-Xokvingem dekoder algoritmini ishlab chiqish;

eksperimental o'lchovlarga asoslanib, optimal qabul qilishni baholash orqali raqamli televizion tizimining halaqitbardoshli qabuliga erishishda, QPSK va QAM demodulyatorlarning sifat ko'rsatkichli parametrlarini (spektri, yulduzli diagrammalari, signal sathi, signal/shovqin nisbati E_b/N_0 , uzatuvchi qurilmaning quvvati, kanal chastotasi va modulyatsiya turi) tanlash tamoyilini ishlab chiqish.

Tadqiqotning obyekti sifatida Yer usti raqamli teleeshittirish tizimi olingan.

Tadqiqotning predmetini raqamli televizion signallarni optimal qabul qilishni baholash va halaqitbardoshlikni oshirish muammolarini samarali hal qilishda halaqitbardoshli kodlash uslublari, dekodlash algoritmi, raqamli demodulyatsiyalar va dasturiy ta'minotlar tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot davomida induksiya usullari, ehtimollar nazariyasi, matematik tahlil, algoritmlash, modellash, taqqoslash, kompyuter texnologiyalaridan foydalanish yo'li bilan imitatsion modelashtirish usullari

hamda desimetrli diapazonda elektromagnit muhitni tadqiq qilishning nazariy va eksperimental usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

teleuzatish stansiyalarining ishonchli qamrov hududlarini sifatli radiosignal bilan ta'minlashda, Yerni relefi va ob - havoning o'zgarishini e'tiborga olib, optimal texnik parametrlarni (uzatgich quvvati, antenaning kuchaytirish koeffitsiyenti, uzatish antenasi o'rnatish balandligi) tanlash tamoyili ishlab chiqilgan;

raqamli televizion tizimda Xemming, Rid-Solomon, Bouz-Choudxuri-Xokvingem va LDPC kodlari asosida imitatsion model yaratilgan va koder, aloqa kanali, dekoderlarning parametrlarini rostdash orqali halaqitbardoshlikni oshirish uslubi takomillashtirilgan;

raqamli televizion tizimda Gauss, Rays va Reley kanallarini tanlash orqali halaqitbardoshlikni oshirish imkoniyatini beruvchi yangi Bouz-Choudxuri-Xokvingem dekoder algoritmi ishlab chiqilgan;

eksperimental o'lchovlarga asoslanib, optimal qabul qilishni baholash orqali raqamli televizion tizimining halaqitbardoshli qabuliga erishishda, QPSK va QAM demodulyatorlarning sifat ko'rsatkichli parametrlarini (spektri, yulduzli diagrammalari, signal sathi, signal/shovqin nisbati E_b/N_0 , uzatuvchi qurilmaning quvvati, kanal chastotasi va modulyatsiya turi) tanlash tamoyili ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijasi quyidagilardan iborat:

Okamura - Xata va Vvedenskiy modellari asosida ishonchli qamrov zonalarini sifatli signal bilan ta'minlashda optimal texnik parametrlarni tanlash imkoniyatini beruvchi dasturiy ta'minot ishlab chiqilgan;

raqamli televizion tizimda Xemming, Rid-Solomon, Bouz-Choudxuri-Xokvingem va LDPC kodlar asosida halaqitbardoshlikni oshiruvchi modellarning dasturiy ta'minotlari ishlab chiqilgan;

QPSK va QAM demodulyatorlar asosida halaqitbardoshlikni oshirish imkoniyatini beruvchi modellarning dasturiy ta'minotlari ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi taklif etilayotgan uslublar va algoritmlarni boshqa zamonaviy uslublar bilan miqdoriy va sifat jihatidan taqqoslash orqali aniq va samarali natijalarga erishilganligi hamda mos guvohnomalar va joriy qilinganlik to'g'risidagi dalolatnomalar bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati teleuzatish stantsiyalarining ishonchli qamrov hududlarini sifatli signal bilan ta'minlashda optimal texnik parametrlarni tanlash imkonini taqdim etuvchi analitik ifoda, raqamli televizion tizimda Xemming, Rid-Solomon, Bouz-Choudxuri-Xokvingem va LDPC kodlar modeli, halaqitbardoshlikni oshirish imkoniyatini beruvchi yangi Bouz-Choudxuri-Xokvingem dekoder algoritmi hamda halaqitbardoshlik kodlarning parametrlarini rostdash yordamida halaqitbardoshlikni oshirish uslubi takomillashtirilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati Okamura - Xata va Vvedenskiy modellarining dasturiy ta'minotlari asosida ishonchli qamrov zonalarini sifatli signal bilan ta'minlashda optimal texnik parametrlarni tanlash imkoniyatini beruvchi hamda raqamli televizion tizimda Xemming, Rid-Solomon, Bouz-Choudxuri-Xokvingem, LDPC kodlar, QPSK, QAM demodulyatorlar asosida halaqitbardoshlikni oshirish imkoniyatini beruvchi modellarning dasturiy ta'minotlarining ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.

Raqamli televizion signallarni optimal qabul qilishni baholash va halaqitbardoshlikni oshirish uslublarini tadqiq qilish bo'yicha olingan natijalar asosida:

teleuzatish stansiyalarining ishonchli qamrov hududlarini sifatli radiosignal bilan ta'minlashda, Yerni relefi va ob - havoning o'zgarishini e'tiborga olib, optimal texnik parametrlarni (uzatgich quvvati, antenaning kuchaytirish koeffitsiyenti, uzatish antenasi o'rnatish balandligi) tanlash tamoyili hamda eksperimental o'lchovlarga asoslanib, optimal qabul qilishni baholash orqali raqamli televizion tizimining halaqitbardoshli qabuliga erishishda, QPSK va QAM demodulyatorlarning sifat ko'rsatkichli parametrlarini (spektri, yulduzli diagrammalari, signal sathi, signal/shovqin nisbati E_b/N_0 , uzatuvchi qurilmaning quvvati, kanal chastotasi va modulyatsiya turi) tanlash tamoyili "Toshkent radioteleuzatish markazi"ning axborot xizmatlari jarayonlariga joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi raqamli texnologiyalar vazirligining 2023-yil 8-sentyabrdagi 33-8/6164-son ma'lumotnomasi). Natijada DVB-T2 raqamli televideniye tizimida, raqamli televizion signallarning parametrlarini tadqiq etish va aniqlash vaqtini 3-4 barobarga qisqartirish, tizim samaradorligini 10-20% gacha oshirish mumkinligi ko'rsatilgan;

raqamli televizion tizimda Xemming, Rid-Solomon, Bouz-Choudxuri Xokvingem va LDPC kodlari asosida imitatsion model yaratilgan va koder, aloqa kanali, dekoderlarning parametrlarini rostdash orqali halaqitbardoshlikni oshirish uslubi hamda raqamli televizion tizimda Gauss, Rays va Reley kanallarini tanlash orqali halaqitbardoshlikni oshirish imkoniyatini beruvchi yangi Bouz-Choudxuri-Xokvingem dekoder algoritmi O'zbekiston Respublikasi "Elektromagnit moslashuv markazi" davlat unitar korxonasining axborot xizmatlari jarayonlariga joriy qilingan (O'zbekiston Respublikasi raqamli texnologiyalar vazirligining 2023-yil 8-sentyabrdagi 33-8/6164-son ma'lumotnomasi). Natijada DVB-T2 standartida yangi uslubdagi halaqitbardoshli kodlashlarni qo'llanilganda, "signal/shovqin" nisbatini yutug'i o'rtacha 3-5 dB oshishi va uzatish tezligini birinchi avlod standartiga nisbatan o'rtacha 30-45% oshirish mumkinli aniqlangan.

Tadqiqot natijalarining aprobsatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 2 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 28 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy Attestatsiya komissiyasining falsafa doktori dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarni chop etishga tavsiya etilgan nashrlarida 13 ta maqola, jumladan 9 tasi

xorijiy, 4 tasi respublika jurnallarida nashr qilingan, hamda EHM uchun dasturiy mahsulotlar ro'yxatga olinganligi to'g'risida 11 ta guvohnoma olingan.

Dissertatsiyaning tuzulishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati, shartli belgilar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 116 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYA ISHINING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurligi asoslangan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari taraqqiyotining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, ishning maqsadi va vazifalari belgilab olingan hamda tadqiqot obyekti va predmeti aniqlangan, olingan natijalarning ishonchligi asoslangan, ularning nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amalda joriy qilish holati, nashr etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiya ishining birinchi bobida, **“O'zbekiston Respublikasida DVB-T2 standartidagi Yer usti raqamli televizion eshittirish holatining tahlili”** ushbu dissertatsiyada O'zbekiston Respublikasidagi Yer usti raqamli televizion eshittirish holatining tahlili, raqamli teleeshittirishning rivojlanishi va holatining tahlili, DVB-T2 standartini joriy qilish va tuzish, asosiy texnik xarakteristikalar, halaqitbardoshlikni ta'minlash yuzasidan amalga oshiriladigan texnik tadbirlar, shu bilan birga raqamli televizion signallarni optimal qabul uslublarining tahlili, tadqiqot o'tkazish uchun zarur natijalar, tahlillar keltirilgan.

Raqamli teleeshittirishni tuzish jarayonida raqamli teleuzatgich qurilmalarini optimal joylashtirish va aholini qamrov zonasini kengaytirish, ko'rsatilgan xizmatlar sifatini oshirish, halaqitbardoshlikni oshirish, televizion signallarni optimal qabul qilish va raqamli televideniye signallarining qamrovini oshirish uslublarini ta'minlash muammolari tahlil qilingan.

Dissertatsiyaning ushbu bobida Yer usti raqamli televizion eshittirish tizimida halaqitbardoshlikni oshirish uslublari va raqamli televizion signalni optimal qabul qilish tadqiqotning muhim vazifalaridan biri ekanligi aniqlangan.

Shuningdek, ushbu bobda raqamli televizion eshittirishning asosiy texnik xarakteristikalar, televizion kanallarni halaqitbardoshli va optimal qabul qilishni ta'minlash bo'yicha asosiy texnik tadbirlar tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, uzatkichni chiqish (chiqish quvvati, signal modulyatsiya turi, himoya oralig'i, belgilar tezligi) parametrlaridan tashqari, talab etilgan MER (modulyatsiya xatolik koeffitsiyenti) qiymat sathini ta'minlashda, tizimga teskari aloqani joriy qilish orqali tizim samaradorligini va halaqitbardoshligini oshirish mumkin bo'ladi. MERning belgilangan qiymati ta'minlanganda: ma'lumotlarning uzatish tezligini pasayishiga olib keladi, tizimning halaqitbardoshligi oshishi, himoya oralig'ini kengayishi va belgi tezligini oshishi orqali amalga oshadi. DVB-T2 standartida yangi tadqiqot natijalaridan biri, signal yulduzlarini aylantirilishi, tizim halaqitbardoshligini yaxshilaydi. Signal yulduzlarini aylantirilishi natijasida “signal/shovqin” nisbatini yutug'ini 5 detsibelgacha ta'minlash imkonini beradi.

Dissertatsiya ishida qo'yilgan maqsadga erishish uchun o'tkazilgan tadqiqotlar dissertatsiya doirasida ishlab chiqilgan tadqiqot metodologiyasi asosida olib borildi. Tadqiqot metodologiyasi Yer usti raqamli televizion eshittirish tizimida halaqitbardoshlikni oshirish uslublari tahlili, raqamli televideniye signallarining yetarli darajada qamrov zonasini oshirish va raqamli teleeshittirish tizimini takomillashtirish vazifalari, tizimning sifatli texnik ko'rsatkichlarini yaxshilash omillari, texnik muammolarni hal qilish uslublari, modellari va algoritmlarini ishlab chiqish, raqamli televizion signalni halaqitbardoshligini oshirish va optimal qabul qilishni baholash uchun dasturiy vositalarini ishlab chiqishni o'z ichiga oladi.

Dissertatsiyaning **“Raqamli televizion uzatgichning ishonchli qamrov zonasini va halaqitbardoshlikni belgilaydigan parametrlarga bo'lgan talablarni aniqlash”** deb nomlangan ikkinchi bobida, DVB-T2 standartiga ta'sir etuvchi turli omillarni inobatga olgan holda raqamli televizion uzatgichning ishonchli qamrov zonasini hisoblash va tadqiqot ishlari keltirilgan. Nuqtada qamrov zonasini yoki ishonchli qabul qilish zonasini aniqlash uchun B.A. Vvedenskiy modelidan foydalanilgan holda ishonchli qabul qilish zona radiusi quyidagicha ifodalanadi (1):

$$r = \sqrt{\frac{2,18\sqrt{PG} \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot K_r}{E \cdot \lambda}} \quad (1)$$

bu yerda P – uzatgich quvvati, kVt;

G – uzatish antennasining kuchaytirish koeffitsiyenti, dB;

h_1 – uzatish antennasining o'rnatish balandligi, m;

h_2 – qabul qilish antennasining o'rnatish balandligi, m;

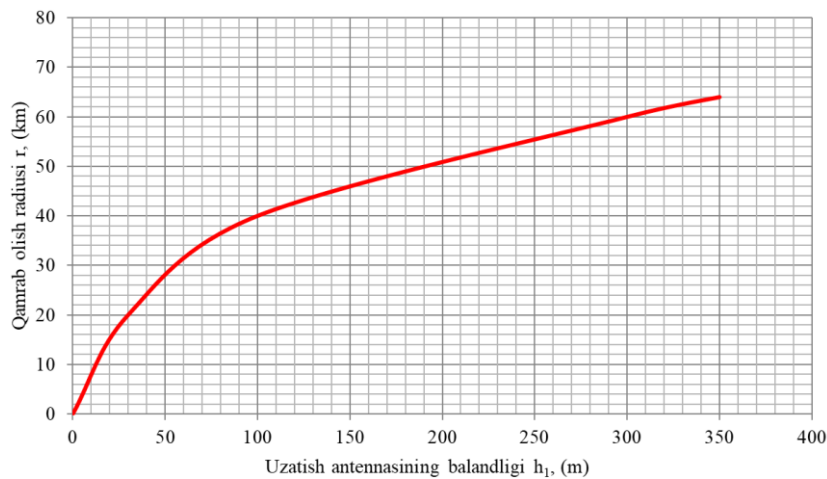
K_r – Yer yuzasining egrilik koeffitsiyenti;

E – qabul qilish joyidagi maydon kuchlanganligi, dBmkV/m;

λ – to'lqin uzunligi, m.

(1) ifodaga muvofiq qamrab olish zonasining uzatish antennasining balandligiga bog'liqlik grafigi 1-rasmda keltirilgan.

Metr diapazonidagi va ayniqsa detsimetr diapazonidagi to'lqinlar Yer yuzasini deyarli tekis ko'rinishga ega bo'lgan holda, to'g'ri chiziqli tarqalganligi sababli, to'g'ridan-to'g'ri ko'rish zonasini oshirish, ya'ni antennani Yer yuzasidan ko'tarish orqali stansiyaning ta'sir etish radiusini sezilarli kengaytirish mumkin bo'ladi. Nurlanish quvvatini oshirish esa, to'g'ridan-to'g'ri ko'rish zonasidagi maydon kuchlanganligini deyarli kengaytirmagan holda oshiradi. Qamrab olish zonasining uzatish markazidan 10 km dan ortiq masofada B.A. Vvedenskiy formulasi bo'yicha baholash qiymatlari yaqin bo'lib, me'yoriy qiymatdan o'rtacha 1,8-2% oraliq'ida farq qiladi.



1-rasm. Qamrab olish zonasining uzatish antenasining balandligiga bog‘liqlik grafigi

Bundan tashqari, Raqamli televizion tizimda aholiga sifatli televizion signal dasturlarini yetkazib berishda belgilangan nuqtada qamrov yoki ishonchli qabul qilish zonasini tadqiq etish uchun B.A. Vvedenskiy modeli (2) yuqori samarali tadqiqot natijalarini beradi, ushbu (2) modelda ob-havoning sharoitlari inobatga olinmagan.

$$E_{\text{MK}} = \frac{2,18\sqrt{PG}}{\lambda r^2} h_1 h_2 K_r \quad (2)$$

B.A. Vvedenskiy modeliga qo‘shimcha $\xi_{\text{oho}k}$ -ob-havoning o‘zgarish koeffitsiyentini kiritib (yomg‘ir-0,98, qor-0,97 va sel-0,95) yangi takomillashgan B.A. Vvedenskiy modelini (3) yaratamiz:

$$E_{Yatemk} = \frac{2,18\sqrt{PG}}{\lambda r^2} h_1 h_2 K_r \xi_{\text{oho}k} \quad (3)$$

Bu yerda P – uzatgich quvvati, - 2 kVt;

G – uzatish antenasining kuchaytirish koeffitsiyenti, -12 dB;

h_1 – uzatish antenasining o‘rnatish balandligi, - 375 m;

h_2 – qabul qilish antenasining o‘rnatish balandligi, 10 m;

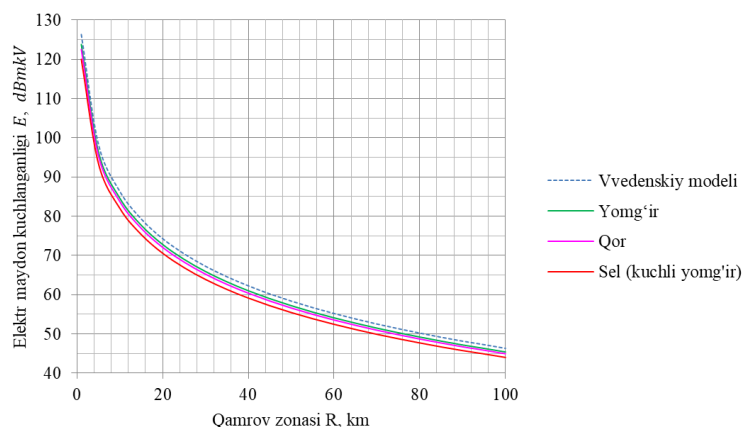
k_r – Yer yuzasining egrilik koeffitsiyenti, -1;

λ – to‘lqin uzunligi, c- $3 \cdot 10^8$ m/s., chastota F - 490 MHz;

Televizion kanal raqami – 23;

$\xi_{\text{oho}k}$ - Ob -havoning o‘zgarish koeffitsiyenti;

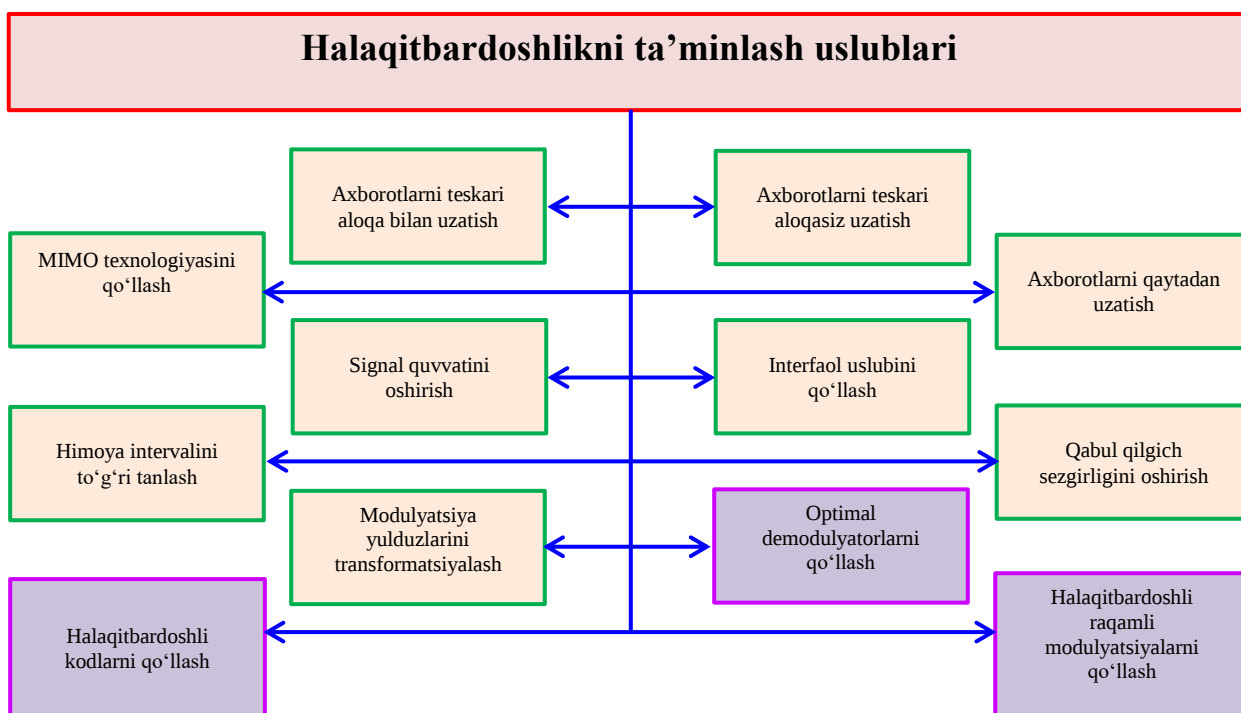
E_{Yatemk} -yangi takomillashtirilgan elektr maydon kuchlanganlik. Taklif etilgan yangi takomillashgan (3) model orqali ishonchli qabul qilish zonasini har xil ob-havo sharoitlarini inobatga olgan holda tadqiq etildi, tadqiqot natijalari 2-rasmda keltirilgan.



2- rasm. Elektr maydon kuchlanganligini qamrov zonasiga bog‘liqlik grafigi

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, yangi takomillashgan (3) model orqali ishonchli qabul qilish zonasini har xil ob-havo sharoitlarini inobatga olgan holda tadqiq etilgan natijalar, B.A. Vvedenskiy modeli (2) orqali aniqlangan tadqiqot natijalaridan o‘rtacha 4,2% farq qilishi aniqlandi, ishonchli qamrov zonasining masofasi har xil ob-havo sharoitida o‘rtacha 3-5 km gacha kamayishi mumkinligi tasdiqlandi hamda teleuzatish stansiyalarining ishonchli qamrov hududlarini sifatli signal bilan ta‘minlashda optimal texnik parametrlarni tanlash tamoyili ishlab chiqildi.

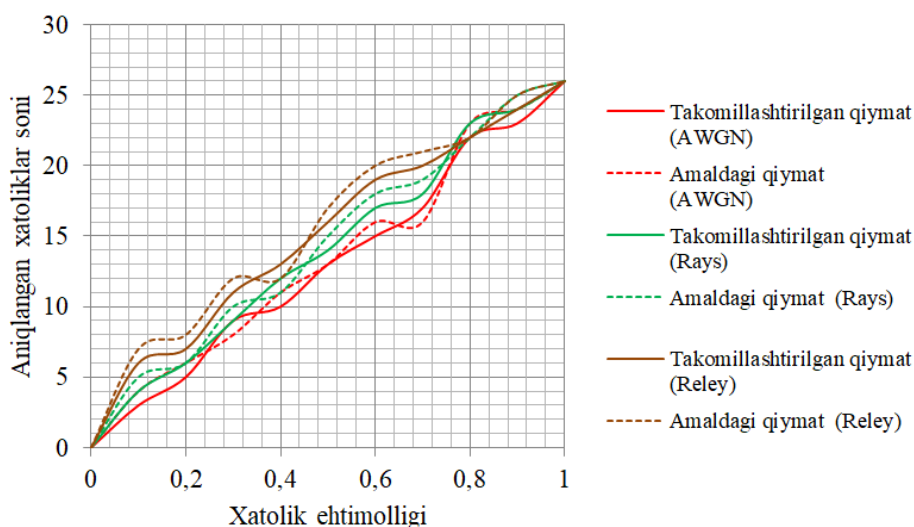
Dissertatsiyaning **“Yer usti raqamli televizion eshittirishda halaqitbardoshlikni oshirish uslubini takomillashtirish”** deb nomlangan uchinchi bobida, Yer usti raqamli televizion tizimda halaqitbardoshlikni oshirish uslublarini tahlillari keltirilgan. Hozirgi vaqtgacha raqamli teleeshittirish tizimlarida halaqitbardoshlikni oshirishni quyidagi uslublari mavjud bo‘lib, 3-rasmida keltirilgan.



3- rasm. Yer usti raqamli televizion tizimda halaqitbardoshlikni oshirish uslublari

Hozirgi davrda ko‘rib chiqilayotgan muammolarga oid olib borilgan tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, Yer usti raqamli teleeshittirish signallarini optimal halaqitbardoshli qabul qilishda, halaqitbardoshli kodlash va dekodlash uslublari, raqamli modulyatsiya rejimlari, raqamli televideniye signallarining yetarli darajada qamrov zonasini oshirish va raqamli teleeshittirish tizimini takomillashtirish, tizimning sifatli texnik ko‘rsatkichlarini yaxshilash, algoritmlari, uslublari tizimli ravishda va yetarli darajada o‘rganilmaganligi aniqlandi.

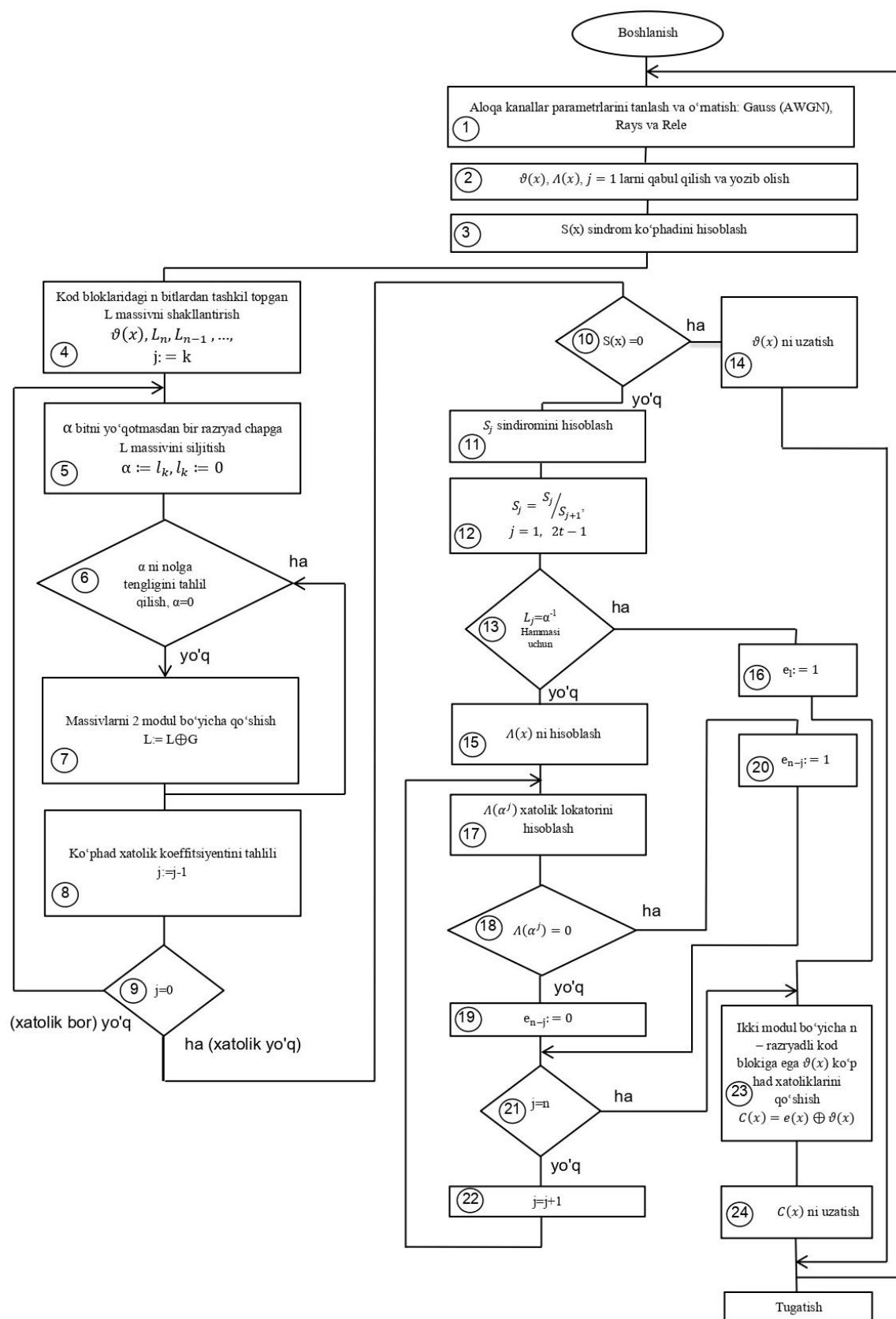
Shuningdek, raqamli televizion tizimda Bouz-Choudxuri-Xokvingem kod modeli yaratilgan hamda uning parametrlarini rostdash yordamida halaqitbardoshlikni oshirish uslubi takomillashtirilgan. 4-rasmda tadqiqot natijalari, ya’ni Bouz-Choudxuri-Xokvingem kodi uchun aniqlangan xatoliklar sonining xatoliklar ehtimolligiga bog‘liqligi (31,26) keltirilgan.



4-rasm. Bouz-Choudxuri-Xokvingem kodi uchun aniqlangan xatoliklar sonining (OY) xatoliklar ehtimolligiga (OX) bog‘liqligi grafigi (31,26)

Taklif etilgan uslubda, natijalar shuni ko‘rsatadiki, bunday BChX kod axborotni xatolikdan himoya qiladi, katta karralikdagi xatoliklarni to‘g‘rilaydi va aloqa kanaliga halaqitlarning ta’sir ehtimolligi qancha kichik bo‘lsa, ikkilik simvollarning qabul qilinishidagi xatolik shuncha kichik bo‘lishi aniqlandi.

Ushbu bobda, raqamli televizion tizimda halaqitbardoshlikni oshirish imkoniyatini beruvchi yangi Bouz-Choudxuri-Xokvingem dekodeer algoritmi ishlab chiqilgan. BChX dekodeer algoritmi uchun dastlabki ma’lumotlar quyidagilardir: Gauss (AWGN), Rays va Reley kanali, kanaldan qabul qilingan n - razryadli kodli blok $\vartheta(x)$, BChX kodi $g(x)$ polinomini hosil qiluvchi koeffitsiyentlar va $GF(2^m)$ maydoni belgilarining $(n=2^m-1)$ massivini ifodalovchi m -razryadli blok. Halaqitbardoshlikni oshirish imkoniyatini beruvchi yangi Bouz-Choudxuri-Xokvingem dekodeer algoritmi 5-rasmda keltirilgan bo‘lib, bu yerda e_{n-j} -xatolar polinomining j -chi koeffitsiyenti. $\vartheta(x)$ da har doim ham t xato bo‘lmasligini hisobga olib, BChX kodini dekodeer algoritmini bajarishni tezlashtirish uchun dekodeer kamroq murakkablik bilan amalga oshiriladigan holatlarni tanlash kerak bo‘ladi. Sindromli polinom $S(x)$ quyidagi formuladan hisoblanadi



5- rasm. Halaqitbardoshlikni oshirish imkoniyatini beruvchi yangi Bouz-Choudxuri-Xokvingem dekoder algoritmi

$$S(x) = R_{g(x)}[\vartheta(x)] = \sum_{j=0}^{m-1} S_j x^j \quad (4)$$

bu yerda S_j - ikkilik o'zgaruvchi (0,1). Polinomlarni bo'lish ikkilik koeffitsiyentlar orqali amalga oshiriladi. $x = \alpha^j, j = 1, \dots, 2t$ nuqtalardagi $S(x)$ sindromli polinomning qiymatlari S_j sindromlari deb ataladi:

$$S_j = S(\alpha^j) = \sum_{i=0}^{m-1} S_i x^{ij} \quad (5)$$

Dekodlashning keyingi bosqichi $e(x)$ xatolik polinomini hisoblash:

$$j = \begin{cases} 1, \text{ agar } \Lambda(\alpha^j) = 0 \\ 0, \text{ b aks holda} \end{cases} \quad (6)$$

$\Lambda(x)$ polinom qiymatlari $GF(2^m)$ maydonning barcha elementlari uchun hisoblanadi. BChX kodini dekodlashning oxirgi bosqichi - xatolik polinomi va kodli so'zni ikki moduli bo'yicha qo'shish orqali xatolarni to'g'rilashdir.

$$\vartheta'(x) = \vartheta(x) \oplus e(x) \quad (7)$$

Bu yerda (7) dekodlash bosqichi tugaydi va yana aloqa kanalini tanlash va o'rnatish orqali, signallarni halaqitbardoshli qabul qilinishini ta'minlash uchun qabul qilingan ikkilik signalni dekodlash mumkin bo'ladi. BChX kodini yangi uslubdagi ishlab chiqilgan dekodlash algoritmining joriy etilishi bilan raqamli televideniye signallarini optimal qabul qilishning halaqitbardoshligi 15-25% gacha ortishi tasdiqlandi.

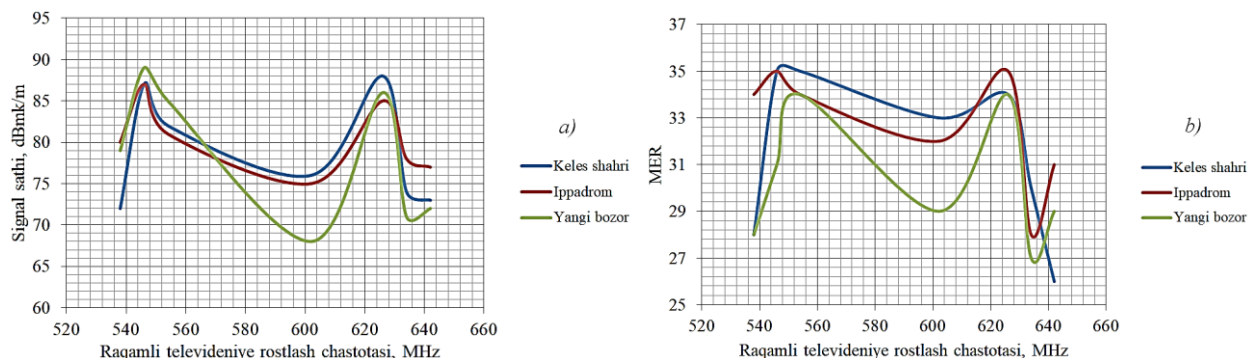
Dissertatsiyaning **“Raqamli televizion signalni optimal qabul qilishni baholashda eksperimental tadqiqotlar”** deb nomlangan to'rtinchi bobida, halaqitbardoshlikni oshirish imkoniyatini beruvchi QPSK, QAM demodulyatorlarning va real vaqt masshtabida raqamli televizion qabul qiluvchining kirishida quvvat satxini aniqlovchi model va dasturiy ta'minotlar ishlab chiqildi. Modellash natijalari shuni ko'rsatdiki, E_b/N_0 35 db ga teng bo'lganda xatolik bilan qabul qilingan bitlar sonining va bitli xatolik ehtimolligining E_b/N_0 ga bog'liqliliklari nolgacha kamayishi va optimal halaqitbardoshlik darajasini oshirish, modulyatsiya yulduzlar parametriga bog'liqligi aniqlandi.

Shuningdek, raqamli teleeshittirish signallarining sifat ko'rsatkichlarini eksperimental tadqiqotlari keltirilgan. “EMMM” DUK bilan hamkorlikda dissertatsiya ilmiy ishi bo'yicha Toshkent shahri, Toshkent viloyati bo'yicha eksperimental ilmiy tadqiqot ishlari o'tkazildi.

Ilmiy tadqiqot ishida, Yer usti raqamli televideniye tizimini tashkil etishda raqamli signalni sifat ko'rsatkichlarini belgilab beruvchi omillardan biri bo'lgan halaqitbardoshlikka urg'u berildi. Olib borilgan eksperimental tadqiqotlar natijalari, ya'ni: signal sathi va modulyatsiya xatoligi MER larni chastotaga bog'liqligi 6a,b-rasmda keltirilgan. Aloqa kanallari orqali yo'qotilayotgan foydali ma'lumotlarning bitlar yig'indisidan iborat oqimlarini halaqitbardoshligini ta'minlashda qo'llaniladigan kodlash uslublari va ularning samarali jihatlari tadqiq etildi.

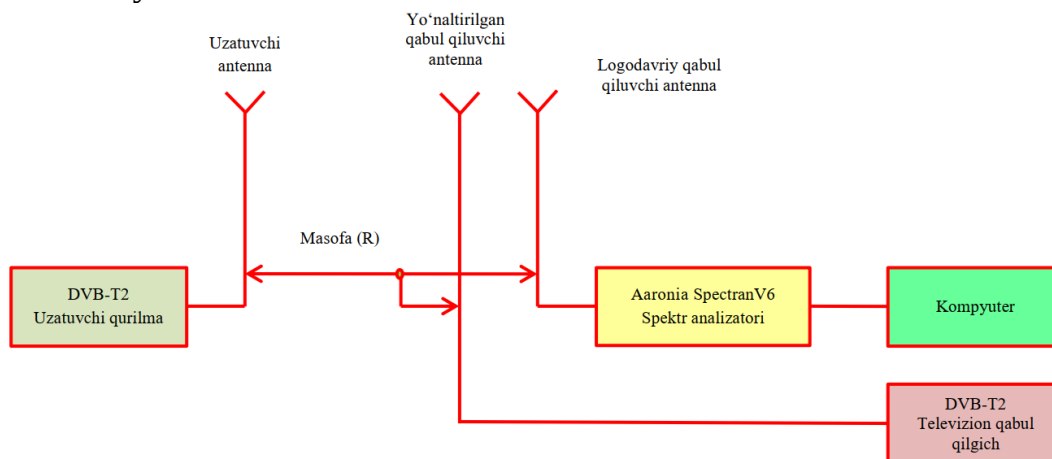
Ushbu bobda spektr analizator majmuasi (Aaronia Spectran V6) yordamida real vaqt masshtabida 4 ta nuqta obyektlarida eksperimental tadqiqotlar (Islom Krimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti hududida, Yangi yo'l

posyolkasida, Chernyayevka (G'isht ko'prik) posyolkasida va Sirg'ali tumanida) olib borildi.



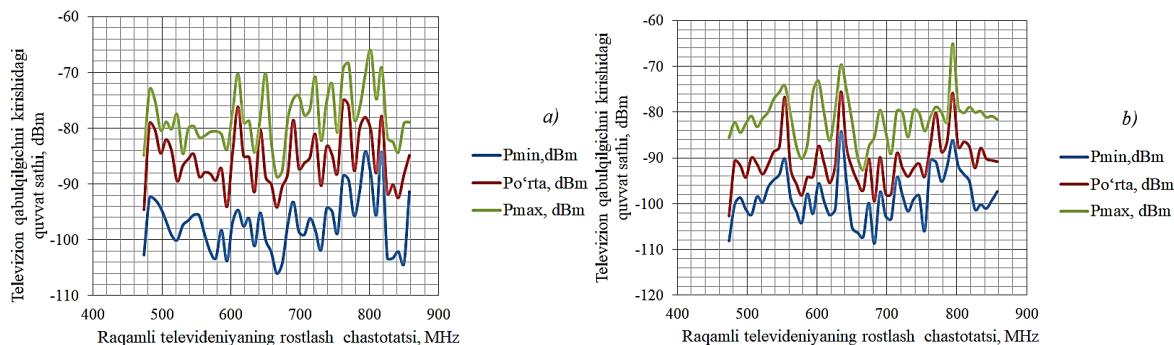
6-rasm. a) signal sathi, b) modulyatsiya xatoligi MER larni chastotaga bog'liqlik diagrammasi

Eksperimental tadqiqotlar 7-rasmga keltirilgan DVB-T2 standart tadqiqot tizim sxemasi yordamida olib borildi.



7- rasm. DVB-T2 standart tadqiqot tizim sxemasi

Yer usti raqamli eshittirish qabul qilgichining kirishidagi quvvat sathining ($P_{\min}$, $P_{o'rt}$, $P_{\max}$) chastotaga bog'liqliklari 8a,b -rasmga keltirilgan.



8-rasm. DVB-T2 Yer usti raqamli eshittirish qabul qilgichining kirishidagi quvvat sathining ($P_{\min}$, $P_{o'rt}$, $P_{\max}$) chastotaga bog'liqlik diagrammalari:

a) Chernyayevka (G'isht ko'prik) posyolkasi, b) Yangi yo'l posyolkasi

Eksperimental o'lovlar va tadqiqotlarda "Yoshlar", "O'zbekiston" va "Toshkent" dasturiy kanallar obyektiv kuzatildi, natijalarga ko'ra, 4 ta nuqta obyektlaridagi o'lovchan parametrlar, ya'ni raqamli qabul qilgichni kirishidagi quvvat sathi berilgan standartdan o'rtacha 0,78-0,91 marotabaga yoki 11-22% farq qilganligi aniqlandi. Raqamli televizion signalni halaqitbardoshligini oshirish va optimal qabul qilishni baholash bo'yicha bajarilgan amaliy tadqiqotlar natijasi nazariy hisob-kitoblar, xulosalar, texnik o'lovlarining nazariy natijalari bilan mutanosibli orqali tasdiqlandi hamda tavsiyalar ishlab chiqildi.

XULOSA

"DVB-T2 standartiga ega raqamli televizion signallarni optimal qabul qilishni baholash va halaqitbardoshlikni oshirish uslublarini tadqiq etish" mavzusidagi dissertatsiya bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalar taqdim etiladi:

1. Halaqitbardoshli kodlar asosida ishlab chiqilgan model va dasturiy ta'minotlar orqali Yer usti raqamli teleeshittirish tizimini sifatli tashkil etishda qabul qilinayotgan raqamli televizion signalni sifat ko'rsatkichlarini belgilab beruvchi omillardan biri bo'lgan optimal halaqitbardoshlikni oshirish uslubi takomillashtirildi.

2. Qamrab olish zonasining uzatish markazidan 10 km dan ortiq masofada B.A.Vvedenskiy ifodasi bo'yicha baholash qiymatlari yaqin bo'lib, me'yoriy qiymatdan o'rtacha 1,8-2% oralig'ida farq qilishi asoslab berildi.

3. DVB-T va DVB-T2 standartlarida bir xil BER qiymatlarga erishilganda, DVB-T2 standartida yangi uslubdagi halaqitbardoshli kodlashlarni: BChX va LDPC qo'llanilganda, "signal/shovqin" nisbatini yutug'i o'rtacha 3-5 dB tashkil etdi.

4. DVB-T va DVB-T2 standartlarida "signal/shovqin" nisbati bir xil bo'lganda, DVB-T2 standartida uzatish tezligini birinchi avlod standartiga nisbatan o'rtacha 30-45% oshirish mumkinligi aniqlandi.

5. Raqamli televizion tizimda halaqitbardoshlikni oshirish imkoniyatini beruvchi yangi Bouz-Choudxuri-Xokvingem dekode algoritmi ishlab chiqildi. Halaqitbardoshlikni oshirish imkoniyatini beruvchi yangi uslubdagi ishlab chiqilgan dekode algoritmining joriy etilishi bilan raqamli televideniye signallarini optimal qabul qilishning halaqitbardoshligi 15-25% gacha ortdi.

6. Halaqitbardoshlikni oshirish imkoniyatini beruvchi QPSK va QAM demodulyatorning model va dasturiy ta'minotlari asosida olingan natijalar raqamli televideniye tizimida, raqamli televizion signallarning parametrlarini tadqiq etish va aniqlash vaqtini 3-4 barobarga qisqartirish, tizim samaradorligini 10-20% gacha oshirish imkonini berdi.

7. Eksperimental o'lovchan parametrlar, ya'ni raqamli qabul qilgichni kirishidagi quvvat sathi berilgan me'yoriy standartdan o'rtacha 0,78-0,91 marotabaga yoki 11-22% farq qilingani aniqlandi hamda optimal halaqitbardoshli qabul qilishni ta'minlashda, sifatli texnik ko'rsatkichlarni yaxshilash uchun amaliy tavsiyalar berildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.13/30.12.2019.Т.07.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

ЖАББОРОВ АЛИБЕК БОТИРКУЛ УГЛИ

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ
ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ И ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНОГО ПРИЕМА
ЦИФРОВЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ СТАНДАРТА DVB-T2**

**05.04.02 – Системы и устройства радиотехники, радионавигации, радиолокации и
телевидения. Мобильные, волоконно-оптические системы связи**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № B2019.4.PhD/T1446.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете им. И.Каримова.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице Научного совета (www.tuit.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Ярмухамедов Алишер Агбарович
кандидант технических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Сиддилов Илхомжон Хакимович
доктор технических наук, профессор

Носиров Хабибулло Хикматилло угли
доктор философии по техническим наукам (PhD),
доцент

Ведущая организация:

**Военный институт информационно-коммуникационных технологий и связи
Министерства обороны Республики Узбекистан**

Защита диссертации состоится «___» _____ 2024 г. в ___ часов на заседании Научного совета DSc.13/30.12.2019.T.07.02 при Ташкентском университете информационных технологий. (Адрес: 100084, г.Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.:(99871) 238-64-43; факс:(99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезми (регистрационный номер № _____). Адрес: 100084, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44.

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2024 г.
(протокол реестра №___ от «___» _____ 2024 г.).

Б.Ш. Махкамов

Председатель научного совета по
присуждению учёных степеней,
доктор экономических наук,
профессор

М.С. Саиткамолов

Ученый секретарь научного совета по
присуждению учёных степеней,
доктор экономических наук, доцент

Д.Я. Иргашева

Председатель научного семинара при
Научном совете по присуждению
учёных степеней, доктор технических
наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое значение придается вопросам обеспечения методов повышения помехоустойчивости наземного цифрового телевизионного вещания при оптимальном приеме сигналов, увеличения зоны покрытия сигналов цифрового телевидения и совершенствования системы цифрового телевизионного вещания, цифровой обработки и улучшения качественных технических показателей системы. В настоящее время в густонаселенных районах в связи с наличием многоэтажных зданий, влиянием природных и искусственных помех и разнообразием рельефа Земли возрастает потребность в обеспечении потребителей качественными телевизионными сигналами, а это свидетельствует о возрастающем спросе на улучшение качественной помехоустойчивой телевизионной системы. В связи с этим в ведущих странах мира, таких как США, Германия, Швеция, Великобритания, Австрия, Канада, Китай, Япония, Индия, Южная Корея и Российская Федерация, особое внимание уделяется вопросам обеспечения оптимального приема сигналов наземного цифрового телевизионного вещания, методам повышения помехоустойчивости систем, а также создания системы с качественными техническими показателями.

В мире проводится ряд научных исследований, направленных на обеспечение методов повышения помехоустойчивости при оптимальном приеме сигналов цифрового телевидения, увеличение зоны покрытия сигналов цифрового телевидения, цифровую обработку, улучшение качественных технических показателей системы, разработку методов, алгоритмов, моделей и программных средств. Большая часть научных исследований направлена на совершенствование методов помехоустойчивого кодирования, модуляции, демодуляции при оптимальном приеме сигналов наземного цифрового телерадиовещания. В связи с этим для решения многих проблем, таких как оптимальном приеме сигналов наземного цифрового телевидения, обеспечение методов повышения помехоустойчивости системы, увеличение зоны покрытия сигналов цифрового телевидения и разработка алгоритмов, моделей, программных средств и создание оптимальной помехоустойчивой системы уделяется особое внимание.

В нашей республике принимаются широкомасштабные меры по обеспечению методов повышения помехоустойчивости наземного цифрового телевизионного вещания при оптимальном приеме сигналов, увеличению зоны покрытия сигналов цифрового телевидения. В Стратегии Цифровой Узбекистан - 2030 «предусмотрена передача телевизионного сигнала потребителям, наземное телевизионное вещание, кабельное телевидение, совершенствование цифрового вещания с полным охватом всех видов услуг IP-телевидения, сетей передачи информации, мобильной связи, телерадиовещания с использованием Интернет-технологий» является одной из стратегических целей и приоритетных направлений цифрового развития.

Одной из важных задач в достижении этих целей является оптимальный прием телевизионных сигналов, увеличения зоны покрытия, совершенствование методов повышения помехоустойчивости телевизионных сигналов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в ряде указов и постановлений Президента Республики Узбекистан, №-УП-6079 об утверждении Стратегии «Цифровой Узбекистан - 2030» от 5 октября 2020 года и мер по ее эффективной реализации, в Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан № 29/789 «О дальнейших мерах по переходу на цифровое телевидение и прекращению наземного аналогового телевидения» от 24 июля 2017 года, в Постановлениях Президента № ПП-3245 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления проектами в сфере информационно-коммуникационных технологий» от 29 августа 2017 года, № ПП-4699 «О мерах по широкому внедрению цифровой экономики и электронного правительства» от 28 апреля 2020 года, № ПП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» от 28 января 2022 года, а также в других нормативных документах, принятых в этой области в последние годы в Республике.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Диссертация выполнена в рамках приоритетного направления развития науки и технологий Республики Узбекистан IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. В области телекоммуникаций и систем цифровой связи проводятся обширные исследования по оптимальному помехоустойчивому приему сигналов наземного цифрового телевизионного вещания, поиску путей повышения помехоустойчивости системы, увеличения зоны покрытия сигналов цифрового ТВ, разработки алгоритмов, моделей, программных средств для этой системы и реализации оптимальной помехоустойчивой системы. По данному исследованию были изучены статьи, опубликованные в последние годы в научных журналах, включенных в IEEE Xplore и Scopus, входящих в базы данных Web of Science, Elsevier, Springer, Association for Computing Machinery, IEEE Xplore, Cyberleninka.

Ряд зарубежных ученых в этой области проводили научные исследования, в том числе, В. А. Анжина, Николайчук Н.В., С. В. Дворников, Е.В. Лебеда, Чан Ван Нгия, Г. В. Куликов, Андрей Михайлов, А.С. Овсянникова, А.А. Леошко и другие.

Также в этом направлении в нашей республике проводили научные исследования М.М.Мухиддинов, А.М.Назаров, Х.Х.Мадаминов, А.Ш.Шахобиддинов, М.А. Джабборова, Б.К. Абидов, И.А.Гаврилов, Э.Б.Ташманов, Т.Г.Рахимов, Х.С.Соатов и другие ученые и исследователи.

Результаты анализа рассмотренных в диссертации проблем показали, что при оптимальном приеме сигналов наземного цифрового телевизионного вещания используемые помехоустойчивые методы кодирования и декодирования, режимы цифровой модуляции и демодуляции, увеличение зоны покрытия сигналов цифрового телевидения и совершенствования системы цифрового телевизионного вещания, улучшения качества технических показателей системы, алгоритмов, методов не изучены системно и достаточно.

Связь темы диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках международного проекта плана научных исследований Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезми по теме 609715-EER-1-2019-1-UZ-EPPKA2-SBHE-JP 609715-EER-1-2019-1-UZ-EPPKA2-SBHE-JP «SPACE.COM» «Новая учебная программа по космическим системам и технике связи (New study program in space systems and communications engineering)» (2019-2023 гг.).

Цель исследования является исследование методов повышения помехоустойчивости и оценка оптимального приема цифровых телевизионных сигналов стандарта DVB-T2.

Задачи исследования:

анализ существующих зарубежных и отечественных исследований методов повышения помехоустойчивости сигналов наземного цифрового телевизионного вещания, оптимальных методов приема и увеличения зоны покрытия сигналов цифрового телевидения;

разработка принципа выбора оптимальных технических параметров (мощность передатчика, коэффициент усиления антенны, высота установки передающей антенны) при обеспечении надежных зон покрытия телепередающих станций качественным радио сигналом, с учетом рельефа Земли и изменения погоды;

в системе цифрового телевидения создать имитационный модель кодов Хэмминга, Рида-Соломона, Боуз-Чоудхури-Хоквингема и LDPC, а также усовершенствовать метод повышения помехоустойчивости за счет корректировки параметров кодера, канала связи, декодеров;

разработка нового алгоритма декодера Боуз-Чоудхури-Хоквингема, позволяющий повысить помехоустойчивость за счет выбора каналов Гаусса, Райса и Релея в цифровой телевизионной системе;

для достижения помехоустойчивого приема системы цифрового телевидения путем оценки оптимального приема на основе экспериментальных измерений, разработать принцип выбора параметров качества (спектр, диаграммы созвездия, уровень сигнала, отношение сигнал/шум E_b/N_0 , мощность передающего устройства, частота канала и тип модуляции) демодуляторов QPSK и QAM.

Объектом исследования является система наземного цифрового телевизионного вещания.

Предметом исследования являются помехоустойчивые методы кодирования, алгоритм декодирования, цифровая демодуляция и программное обеспечение для оценки оптимального приема сигналов цифрового телевидения и эффективного решения задач повышения помехоустойчивости.

Методы исследования. В процессе исследования были использованы современные методы индукции, теории вероятностей, математического анализа, алгоритмизации, моделирования, сравнения, имитационного моделирования с использованием компьютерных технологий, а также теоретические и экспериментальные методы исследования электромагнитной среды в дециметровом диапазоне.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан принцип выбора оптимальных технических параметров (мощность передатчика, коэффициент усиления антенны, высота установки передающей антенны) при обеспечении надежных зон покрытия телепередающих станций качественным радио сигналом, с учетом рельефа Земли и изменения погоды;

в системе цифрового телевидения создан имитационный модель кодов Хэмминга, Рида-Соломона, Боуз-Чоудхури-Хоквингема и LDPC, а также усовершенствован метод повышения помехоустойчивости за счет корректировки параметров кодера, канала связи, декодеров;

разработан новый алгоритм декодера Боуз-Чоудхури-Хоквингема, позволяющий повысить помехоустойчивость за счет выбора каналов Гаусса, Райса и Релея в цифровой телевизионной системе;

для достижения помехоустойчивого приема системы цифрового телевидения путем оценки оптимального приема на основе экспериментальных измерений, разработан принцип выбора параметров качества (спектр, диаграммы созвездие, уровень сигнала, отношение сигнал/шум E_b/N_0 , мощность передающего устройства, частота канала и тип модуляции) демодуляторов QPSK и QAM;

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

на основе моделей Окамура-Хата и Введенского разработано программное обеспечение, позволяющее подобрать оптимальные технические параметры для обеспечения надежных зон покрытия качественным сигналом;

в системе цифрового телевидения программное обеспечение моделей, повышающих помехоустойчивость, разработано на основе кодов Хэмминга, Рида-Соломона, Боуз-Чоудхури-Хоквингема и LDPC;

на основе демодуляторов QPSK и QAM разработано программное обеспечение моделей с возможностью повышения помехоустойчивости.

Достоверность результатов исследований. Достоверность результатов исследования основана на том, что предложенные методы и алгоритмы

количественно и качественно сопоставлены с другими современными методами, имеют четкие и эффективные результаты, а также имеют соответствующие сертификаты и свидетельства о внедрении.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научную значимость результатов исследования составляет аналитическое выражение, дающее возможность выбора оптимальных технических параметров для обеспечения надежных зон покрытия теле передающих станций качественным сигналом, кодовая модель Хэмминга, Рида-Соломона, Боуз-Чоудхури-Хоквингема и LDPC, новым алгоритмом декодера Боуз-Чоудхури-Хоквингема, обеспечивающий возможность повышения помехоустойчивости в системе цифрового телевидения, а также усовершенствованием метода повышения помехоустойчивости путем корректировки параметров помехоустойчивых кодов.

Практическая значимость результатов исследования основана на программном обеспечении моделей Окамура-Хата и Введенского, которые дают возможность выбора оптимальных технических параметров для обеспечения надежных зон покрытия качественным сигналом, а также в системе цифрового телевидения это объясняется разработкой программных моделей, позволяющих повысить помехоустойчивость на основе кодов Хэмминга, Рида-Соломона, Боуз-Чоудхури-Хоквингема, LDPC и QPSK, QAM демодуляторов.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов для оценки оптимального приема сигналов цифрового телевидения и по исследованию методов повышения помехоустойчивости:

разработанный принцип выбора оптимальных технических параметров (мощность передатчика, коэффициент усиления антенны, высота установки передающей антенны) при обеспечении надежных зон покрытия телепередающих станций качественным радио сигналом, с учетом рельефа Земли и изменения погоды, а также достижении помехоустойчивого приема системы цифрового телевидения путем оценки оптимального приема на основе экспериментальных измерений, разработанный принцип выбора параметров качества (спектр, диаграммы созвездие, уровень сигнала, отношение сигнал/шум E_b/N_0 , мощность передающего устройства, частота канала и тип модуляции) демодуляторов QPSK и QAM внедрены в процессы информационного обслуживания «Ташкентского телерадиопередающего центра» (справка Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан от 8 сентября 2023 № 33-8/6164). Результаты, полученные в системе цифрового телевидения DVB-T2, позволяют сократить время исследования и определения параметров сигналов цифрового телевидения в 3-4 раза, повысить эффективность системы увеличивается до 10-20 %;

созданный имитационный модель кодов Хэмминга, Рида-Соломона, Боуз-Чоудхури-Хоквингема и LDPC в системе цифрового телевидения, а также усовершенствованный метод повышения помехоустойчивости за счет корректировки параметров кодера, канала связи, декодеров и разработанный

новый алгоритм декодера Боуз-Чоудхури-Хоквингема, позволяющий повысить помехоустойчивость за счет выбора каналов Гаусса, Райса и Релея в цифровой телевизионной системе внедрены в процессы информационных услуг Государственного унитарного предприятия (ГУП) «Центр электромагнитной совместимости» Республики Узбекистан (справка Министерства цифровых технологий Республики Узбекистан от 8 сентября 2023 № 33-8/6164). Результаты при использовании новой методики помехоустойчивого кодирования в стандарте DVB-T2: БЧХ и LDPC, выигрыш по отношению «сигнал/шум» может составить в среднем 3-5 дБ, при одинаковом соотношении «сигнал/шум» в стандартах DVB-T и DVB-T2 можно увеличить скорость передачи в стандарте DVB-T2 в среднем на 30-45% по сравнению со стандартом первого поколения.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования обсуждались на 2 международном и 2 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 28 научных работ, в том числе 13 научных статей, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, из них: 9 в международных журналах и 4 в республиканских журналах, а также получены 11 свидетельств об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, заключения, списка использованной литературы и приложения. Основная часть диссертации составляет 116 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследований, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведен список внедрений в практику результатов исследования, список апробаций результатов работы, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе данной диссертационной работы «**Анализ состояния наземного цифрового телевидения стандарта DVB-T2 в Республике Узбекистан**» проведен анализ состояния наземного цифрового телевидения в Республике Узбекистана, анализ развития и состояния цифрового телевидения, внедрение стандарта и структуры DVB-T2, основные технические характеристики, технические мероприятия по обеспечению помехоустойчивости, одновременно с анализом оптимального приема

приведены методы обработки телевизионных сигналов, анализ необходимых результатов для проведения исследований.

Проанализированы проблемы оптимального размещения передающих устройств цифрового телевидения и расширения зоны охвата населения, улучшения качества предоставляемых услуг, повышения помехоустойчивости, оптимального приема телевизионных сигналов и методов повышения качества предоставляемых услуг в процессе создания цифрового телевизионного вещания.

В данной главе диссертационной работы определено, что методы повышения помехоустойчивости в системе наземного цифрового телевизионного вещания и оптимального приема цифрового телевизионного сигнала являются одной из важных задач исследования.

Также в данной главе анализируются основные технические характеристики телевизионного вещания, основные технические меры по обеспечению помехоустойчивого и оптимального приема телевизионных каналов. Результаты исследования показали, что помимо выходных параметров передатчика (выходная мощность, тип модуляции сигнала, защитный интервал, символьная скорость) можно повысить эффективность и надежность системы за счет введения в систему обратной связи, обеспечивая при этом необходимый уровень значения MER (коэффициент ошибки модуляции). Обеспечение заданного значения MER: приводит к снижению скорости передачи данных, реализуется за счет увеличения производительности системы, расширения интервала защиты и увеличения символьной скорости. Одним из новых результатов исследований стандарта DVB-T2 является то, что вращение сигнальной звезды улучшает производительность системы. За счет вращение сигнальных звезд можно обеспечить повисить отношения «сигнал/шум» до 5 децибел.

Для достижения цели, поставленной в диссертации, исследование было проведено на основе разработанной в рамках диссертации методологии исследования. Методология исследования включает в себя анализ методов улучшения помехоустойчивости в системе наземного цифрового телевизионного вещания, задачи увеличения зоны покрытия сигналов цифрового телевидения и совершенствования системы цифрового телевидения, факторы улучшения качества технических показателей системы, разработку методик, моделей и алгоритмов решения технических задач, разработку программных средств для улучшения помехоустойчивости цифрового телевизионного сигнала и оценки оптимального приема.

Во второй главе диссертации под названием **«Определение требований к параметрам, определяющим надежную зону покрытия и помехоустойчивость передатчика цифрового телевидения»**, приведены расчетные и исследовательские работы по надежному покрытию цифрового телевизионного передатчика с учетом различных факторов, влияющих на данный стандарт DVB-T2. Для определения зоны покрытия или зоны

надежного приема используя модель Б.А. Введенского, радиус зоны надежного приема выражается следующим образом(1):

$$r = \sqrt{\frac{2,18\sqrt{PG} \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot K_r}{E \cdot \lambda}} \quad (1)$$

здесь P – мощность передатчика, кВт;
 G – коэффициент усиления передающей антенны, дБ;
 h_1 – высота установки передающей антенны, м;
 h_2 – высота установки приемной антенны, м;
 K_r – коэффициент кривизны земной поверхности;
 E – напряженность поля в приемнике, дБмкВ/м;
 λ – длина волны, м.

График зависимости зоны покрытия от высоты передающей антенны согласно выражению (1) представлен на рисунке 1.

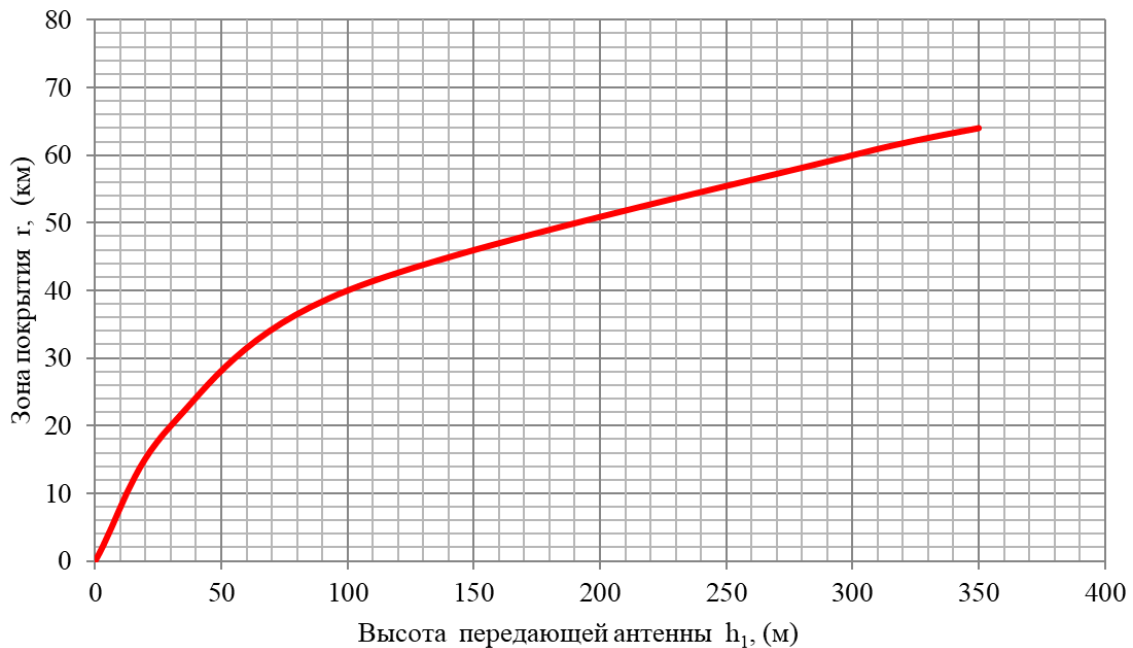


Рис. 1. График зависимости зоны покрытия от высоты передающей антенны

Поскольку волны в метровом, а особенно в дециметровом диапазоне, распространяются прямолинейно, при практически плоском виде земной поверхности, то за счет увеличения зоны прямой видимости можно будет существенно расширить радиус действия станции, то есть подняв антенну над поверхностью Земли. Увеличение мощности излучения увеличивает напряженность поля в прямой видимости, не увеличивая ее. На расстоянии более 10 км от центра передачи зоны покрытия по формуле Б.А. Введенского расчетные значения близки и отличаются от нормативного значения в среднем на 1,8-2%.

Кроме того, для изучения зоны покрытия или надежного приема в фиксированной точке при доставке качественных программ телевизионного сигнала населению в системе цифрового телевидения модель Б.А. Введенского (2) обеспечивает высокоэффективные результаты исследований, в этой модели (2) не учитываются погодные условия.

$$E_{\text{мк}} = \frac{2,18\sqrt{PG}}{\lambda r^2} h_1 h_2 K_r \quad (2)$$

Путем введения дополнительного $\xi_{\text{кип}}$ -коэффициента изменения погоды (дождь-0,98, снег-0,97 и ливень-0,95) в модель Б.А. Введенского, создаём новый усовершенствованный модель Б.А. Введенского (3):

$$E_{\text{нунэп}} = \frac{2,18\sqrt{PG}}{\lambda r^2} h_1 h_2 K_r \xi_{\text{оноик}} \quad (3)$$

Здесь P – мощность передатчика, – 2 кВт;

G – коэффициент усиления передающей антенны, -12 дБ;

h_1 – высота установки передающей антенны, - 375 м;

h_2 – высота установки приемной антенны, 10 м;

K_r – коэффициент кривизны земной поверхности, -1;

λ - длина волны, с- $3 \cdot 10^8$ м/с., частота F - 490 МГц;

Номер телеканала – 23;

$\xi_{\text{кип}}$ - коэффициент изменения погоды;

$E_{\text{нунэп}}$ -новый усовершенствованный напряженность электрического поля.

С помощью предложенной новой усовершенствованной модели (3) была исследована зона надежного приема при различных погодных условиях, результаты исследования представлены на рисунке 2.

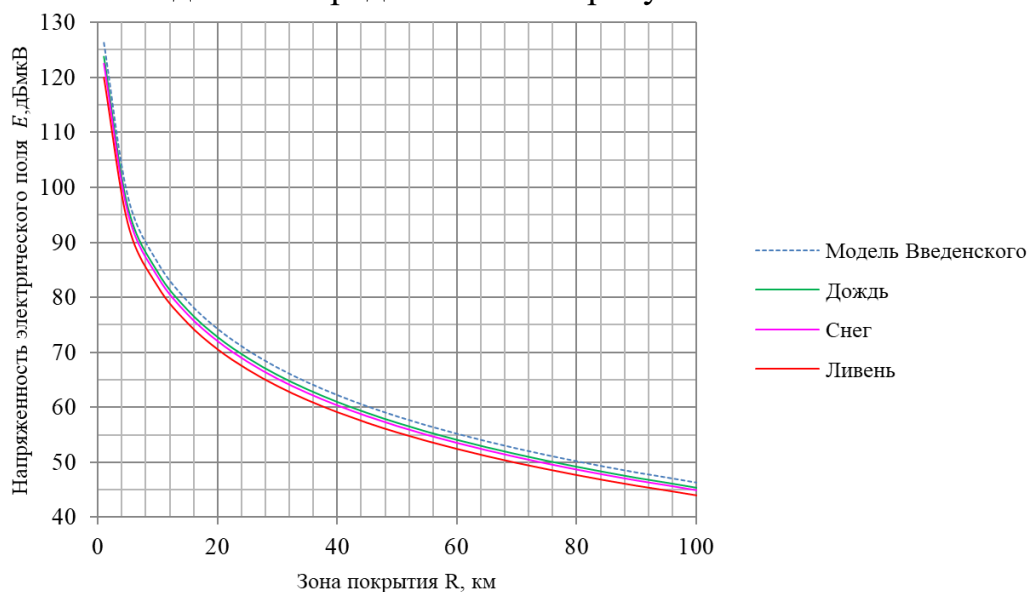


Рис. 2. График зависимости напряженности электрического поля от зоны покрытия

По результатам исследования зона надежного приема посредством новой усовершенствованной (3) модели с учетом различных погодных условий установлено ее отличие в среднем на 4,2% от результатов исследований, определенных по модели Б.А. Введенского (2), подтверждено, что расстояние зоны надежного покрытия может сокращаться в среднем до 3-5 км в различных погодных условиях, а также разработан принцип выбора оптимальных технических параметров для обеспечения надежных зон покрытия теле передающих станций качественным сигналом.

В третьей главе диссертации под названием **«Совершенствование метода повышения помехоустойчивости в наземном цифровом телевизионном вещании»** приводится анализ методов повышения помехоустойчивости в системе наземного цифрового телевидения. До настоящего времени известны следующие методы повышения помехоустойчивости в системах цифрового вещания, которые представлены на рисинке 3.



Рис. 3. Методы повышения помехоустойчивости в системе наземного цифрового телевидения

Результаты анализа рассматриваемых проблем за текущий период показали, что при оптимальном приеме сигналов наземного цифрового телевизионного вещания используются помехоустойчивые методы кодирования и декодирования, режимы цифровой модуляции, увеличение зоны покрытия сигналов цифрового телевидения и совершенствование системы цифрового телевизионного вещания, алгоритмы, методы улучшения качественных технических показателей системы не изучены системно и достаточно.

Также в системе цифрового телевидения была создана кодовая модель Боуз-Чоудхури-Хоквингема и усовершенствован метод повышения помехоустойчивости путем корректировки ее параметров. На рисунке

4, представлены результаты исследования, то есть зависимости количества обнаруженных ошибок от вероятности ошибок для кода Боуза-Чоудхури-Хокингема (31,26).

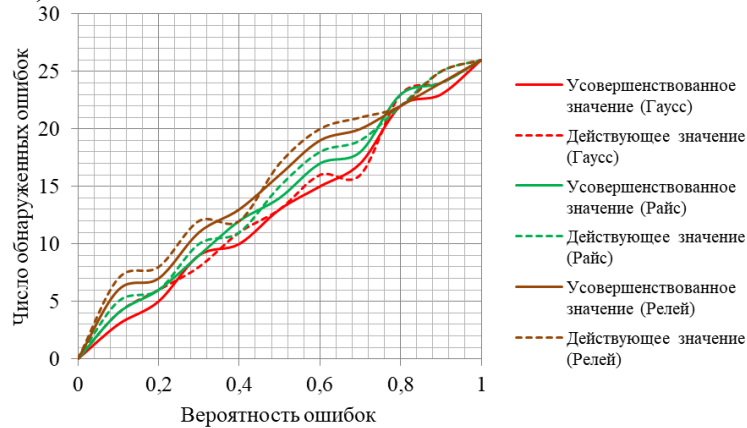


Рис.4. График зависимости количества обнаруженных ошибок от вероятности ошибок для кода Боуза-Чоудхури-Хокингема (31,26)

В предлагаемом методе результаты показывают, что такой БЧХ код защищает информацию от ошибок, исправляет двоичные ошибки, при этом установлено, что чем меньше вероятность помех в канале связи, тем меньше ошибка приема двоичных символов.

В этой главе разработан новый алгоритм декодера Боуз-Чоудхури-Хоквингема, позволяющий повысить помехоустойчивость в системе цифрового телевидения. Исходными данными для алгоритма декодирования БЧХ являются следующие: канал Гаусса (AWGN), Райса и Релея, n -разрядный кодовый блок $\vartheta(x)$, полученный из канала, код БЧХ представляет собой m -разрядный блок, представляющий массив коэффициентов и символов ($n=2^m-1$) поля $GF(2^m)$, образующих полином $g(x)$. Новый алгоритм декодера Боуз-Чоудхури-Хоквингема, обеспечивающий возможность повышения помехоустойчивости, представлен на рисунке 5, где e_{n-j} – j -й коэффициент полинома ошибки. Учитывая, что $\vartheta(x)$ не всегда имеет ошибку, для ускорения выполнения алгоритма декодирования БЧХ необходимо выбирать случаи, когда декодирование выполняется с меньшей сложностью. Синдромный полином $S(x)$ рассчитывается по следующей формуле

$$S(x) = R_{g(x)}[\vartheta(x)] = \sum_{j=0}^{m-1} S_j x^j \quad (4)$$

здесь S_j - двоичная переменная (0,1). Деление полиномов осуществляется через двоичные коэффициенты. Значения синдромного полинома $S(x)$ в точках $x = \alpha^j, j = 1, \dots, 2t$ называются синдромами S_j :

$$S_j = S(\alpha^j) = \sum_{i=0}^{m-1} S_i x^{ij} \quad (5)$$

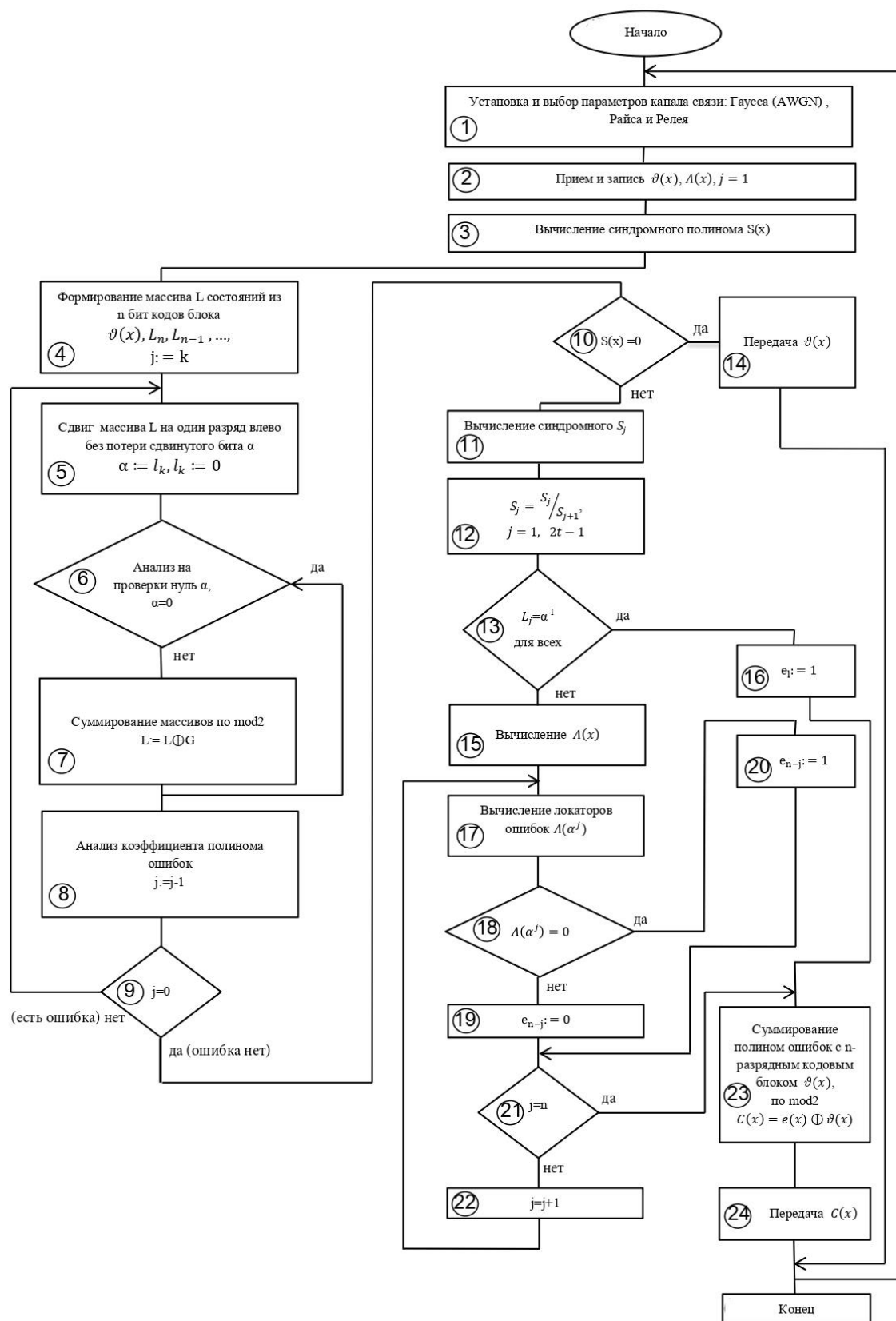


Рис.5. Новый алгоритм декодера Боуз-Чоудхури-Хоквингема с возможностью повышения помехоустойчивости

Следующим этапом декодирования является вычисление полинома ошибки $e(x)$.

$$j = \begin{cases} 1, & \text{если } \Lambda(\alpha^j) = 0 \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (6)$$

Значения полинома $\Lambda(x)$ рассчитываются для всех элементов поля $GF(2^m)$. Последним этапом декодирования кода БЧХ является исправление ошибок путем сложения полинома ошибки и кодового слова по модулю два.

$$\vartheta'(x) = \vartheta(x) \oplus e(x) \quad (7)$$

На этом этап декодирования (7) заканчивается и снова путем выбора и установки канала связи можно декодировать полученный двоичный сигнал, чтобы обеспечить помехоустойчивый прием сигналов. С внедрением вновь разработанного алгоритма декодирования кода БЧХ подтверждено, что эффективность оптимального приема сигналов цифрового телевидения возрастает до 15-25%.

Четвертая глава диссертации под названием «Экспериментальные исследования по оценке оптимального приема сигналов цифрового телевидения» разработаны модели и программное обеспечение для определения уровня мощности на входе QPSK, QAM-демодуляторов и приемников цифрового телевидения реального времени, которые дают возможность повысить помехоустойчивость. Результаты моделирования показали, что при E_b/N_0 , равном 35 дБ, зависимость количества ошибочно принятых битов и вероятности битовой ошибки от E_b/N_0 сводится к нулю и повышается помехоустойчивый уровень связи, определено, что модуляция зависит от параметра созвездия.

Также представлены экспериментальные исследования показателей качества сигналов цифрового телевизионного вещания. Совместно с ДУК «ЭМММ» проведены экспериментальные научно-исследовательские работы в городе Ташкент, Ташкентской области для выполнения диссертационной научной работы.

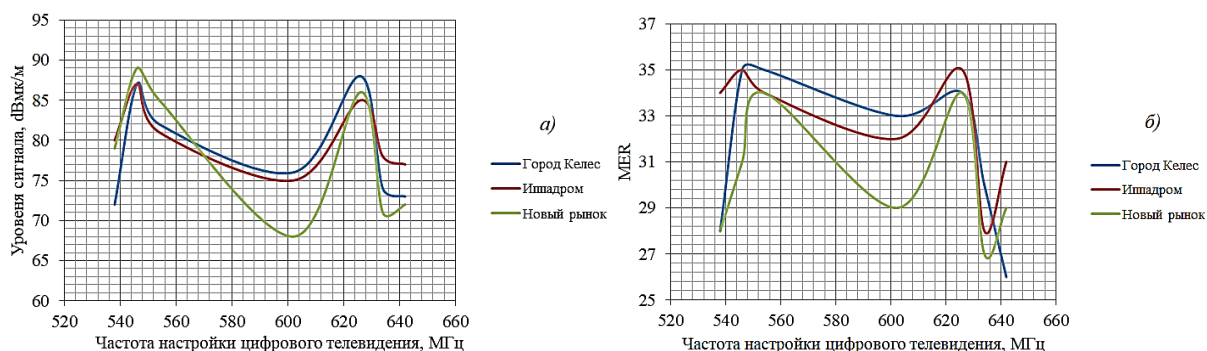


Рис.6. Диаграммы зависимости а) уровня сигнала, б) ошибки модуляции MER от частоты

В научно-исследовательской работе особое внимание уделялось повышению помехоустойчивости, которая является одним из факторов, определяющих показатели качества цифрового сигнала при организации системы наземного цифрового телевидения. Представлены результаты проведенных экспериментальных исследований, а именно: зависимости уровня сигнала и ошибка модуляции MER от частоты (рис. 6 а,б). Изучены методы кодирования и их эффективность для обеспечения помехоустойчивости потоков полезной информации, теряемых по каналам связи.

Также в данной главе в режиме реального времени проводились экспериментальные исследования на 4-х точечных объектах (на территории Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова, в поселке Янги Йул, в поселке Черняевка (Кирпичный мост) и в Сергелийском районе) с использованием комплекса анализатора спектра (Aaronia Spectran V6).

Экспериментальные исследования проводились с использованием стандартной схемы исследовательской системы DVB-T2, представленной на рисунке 7.



Рис. 7. Схема стандартной исследовательской системы DVB-T2

Частотные зависимости уровня мощности ($P_{\min}$, $P_{\text{сред}}$, $P_{\max}$) на входе приемника наземного цифрового вещания DVB-T2 представлены на рис. 8 а,б.

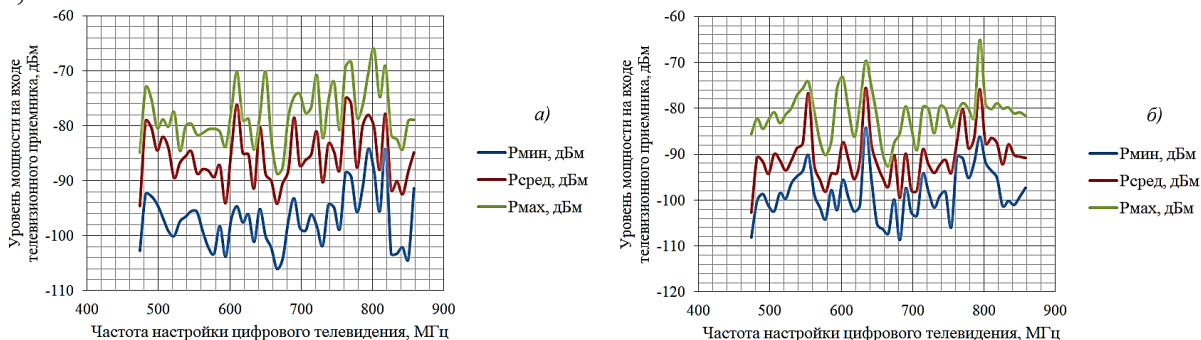


Рис. 8. Графики частотной зависимости уровня мощности ($P_{\min}$, $P_{\text{сред}}$, $P_{\max}$) на входе приемника наземного цифрового вещания DVB-T2:
а) поселок Черняевка (Кирпичный мост), б) поселок Янги йул

В экспериментальных измерениях и исследованиях программные каналы «Ёшлар», «Узбекистан» и «Ташкент» наблюдались объективно, по результатам измеренные параметры на 4-х точечных объектах, то есть уровень мощности на входе цифрового приёмника, были в среднем в 0,78-0,91 раза выше данного стандарта, или была обнаружена разница в 11-22%. Результаты практических исследований по повышению помехоустойчивости сигналов цифрового телевидения и оценке оптимального приема подтверждены теоретическими расчетами, разработаны выводы, корреляция с теоретическими результатами технических измерений и рекомендации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате диссертационного исследования на тему «Исследование методов повышения помехоустойчивости и оценка оптимального приема цифровых телевизионных сигналов стандарта DVB-T2» представлены следующие выводы:

1. Способ повышения оптимальной помехоустойчивости, являющейся одним из факторов, определяющих показатели качества принимаемого цифрового телевизионного сигнала при качественной организации системы наземного цифрового телевизионного вещания, посредством моделей и программного обеспечения, разработанных на основе помехоустойчивых кодов, был усовершенствован.

2. Обосновано, что на расстоянии более 10 км от центра передачи зоны покрытия по формуле Б.А. Введенского расчетные значения близки и отличаются от нормативного значения в среднем на 1,8-2%.

3. При достижении одинаковых значений BER в стандартах DVB-T и DVB-T2, при использовании новой методики помехоустойчивого кодирования в стандарте DVB-T2: BCH и LDPC прирост отношения «сигнал/шум» был в среднем 3-5 дБ.

4. При одинаковом соотношении «сигнал/шум» в стандартах DVB-T и DVB-T2 было обнаружено, что скорость передачи в стандарте DVB-T2 может быть увеличена в среднем на 30-45% по сравнению со стандартом первого поколения.

5. Разработан новый алгоритм декодера Боуз-Чоудхури-Хоквингема, обеспечивающий возможность повышения помехоустойчивости в системе цифрового телевидения. С внедрением вновь разработанного алгоритма декодера, обеспечивающего возможность повышения помехоустойчивости, эффективность оптимального приема сигналов цифрового телевидения возросла до 15-25%.

6. Результаты, полученные на основе моделей и программного обеспечения демодуляторов QPSK и QAM, обеспечивающих возможность повышения помехоустойчивости в системе цифрового телевидения, позволили сократить время исследования и определения параметров

сигналов цифрового телевидения за счет в 3-4 раза, а эффективность системы увеличивается до 10-20 %.

7. Обосновано, что экспериментально измеренные параметры, то есть уровень мощности на входе цифрового приемника, отличаются от заданного норматива в среднем в 0,78-0,91 раза или на 11-22%, и даны практические рекомендации улучшить качественные технические показатели с целью обеспечения оптимального приема.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.13/30.12.2019.T.07.02 AT TASHKENT UNIVERSITY OF
INFORMATION TECHNOLOGIES**

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER
ISLAM KARIMOV**

JABBOROV ALIBEK BOTIRKUL UGLI

**INVESTIGATION OF METHODS FOR IMPROVING NOISE IMMUNITY
AND EVALUATION OF THE OPTIMAL RECEPTION OF DIGITAL
TELEVISION SIGNALS OF THE DVB-T2 STANDARD**

**05.04.02 – Radio engineering, radionavigation, radiolocation and television systems and
devices. Mobile, fibrous-optical communication systems**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) DEGREE
OF TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent-2024

The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of higher education, science and innovations of the Republic of Uzbekistan under number B2019.4.PhD/T1446.

Dissertation has been prepared at the Tashkent State Technical University named after Islom Karimov.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (rasume)) has been posted on the website of the Scientific Council (www.tuit.uz) and on Information-education portal "ZiyoNet" (www.ziynet.uz).

Scientific adviser:	Yarmukhamedov Alisher Agbarovich Candidate of technical sciences, assistant professor
Official opponents:	Siddikov Ilkhomjon Khakimovich doctor of Technical Sciences, professor Nosirov Khabibullo Khikmatullo ugli doctor of philosophy in technical sciences PhD, assistant professor
Leading organization:	Military institute of information and communication technologies and communications of the Ministry of Defense of the Republic of Uzbekistan

The defense of dissertation will take place on the "___" _____2024 at _____ at the meeting of Scientific Council number DSc.13/30.12.2019.T.07.02 at Tashkent University of Information Technologies (Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur str., 108. Tel.: (99871) 238-64-43; fax: (99871) 238-65-52; e-mail:tuit@tuit.uz).

The dissertation could be reviewed in the Information Resource Centre at Tashkent University of Information Technologies Named after Muhammad al-Khwarizmi (registrated number No___). Address: 100084, Tashkent, Amir Temur str., 108. Tel.: (99871) 238-65-44.

The abstract of the dissertation is sent out on "___" _____ 2024.
(Mailing report №___ on "___" _____ 2024).

B.Sh. Makhkamov
Chairman of the scientific Council
awarding scientific degrees, doctor of
economic sciences, professor

M.S. Saitkamolov
Scientific secretary of Scientific Council
awarding Scientific degrees, doctor of
economic sciences, assistant professor

D.Ya. Irgasheva
Chairman of the academic Seminar under
the Scientific Council awarding
Scientific degrees, doctor of technical
sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is to study methods for increasing noise immunity and assess the optimal reception of digital television signals of the DVB-T2 standard.

The object of the research is terrestrial digital television broadcasting system was taken.

The scientific novelty of the research work is as follows:

a principle has been developed for selecting optimal technical parameters (transmitter power, antenna gain, transmitting antenna installation height) while providing reliable coverage areas of television transmitting stations with a high-quality radio signal, taking into account the Earth's topography and weather changes;

in the digital television system, a simulation model of Hamming, Reed-Solomon, Bose-Chaudhuri-Hocquengham and LDPC codes was created, and a method for increasing noise immunity was improved by adjusting the parameters of the encoder, communication channel, and decoders;

a new algorithm for the Bowes-Chaudhuri-Hocquengham decoder has been developed, which allows increasing noise immunity by selecting Gaussian, Rice and Rayleigh channels in a digital television system;

To achieve noise-resistant reception of a digital television system by assessing optimal reception based on experimental measurements, a principle has been developed for selecting quality parameters (spectrum, constellation diagrams, signal level, signal-to-noise ratio E_b/N_0 , transmitting device power, channel frequency and modulation type) of QPSK demodulators and QAM;

Implementation of research results.

Based on the results obtained to assess the optimal reception of digital television signals and to study methods for increasing noise immunity:

a developed principle for selecting optimal technical parameters (transmitter power, antenna gain, transmitting antenna installation height) while providing reliable coverage areas of television transmitting stations with a high-quality radio signal, taking into account the Earth's topography and weather changes, as well as achieving noise-resistant reception of a digital television system by assessing optimal reception Based on experimental measurements, the developed principle for selecting quality parameters (spectrum, constellation diagrams, signal level, signal-to-noise ratio E_b/N_0 , transmitting device power, channel frequency and modulation type) of QPSK and QAM demodulators was introduced into the information service processes of the Tashkent TV and Radio Transmission Center (certificate of the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan dated September 8, 2023 No. 33-8/6164). Results obtained in the DVB-T2 digital television system, they can reduce the time of research and determination of the parameters of digital television signals by 3-4 times, increase the efficiency of the system by up to 10-20%;

created a simulation model of Hamming, Reed-Solomon, Bowes-Chaudhury-Hocquengham and LDPC codes in a digital television system, as well as an improved method for increasing noise immunity by adjusting the parameters of the encoder, communication channel, decoders and developed a new Bowes-Chaudhury-Hocquengham decoder algorithm, allowing to increase noise immunity by selecting Gaussian, Rice and Rayleigh channels in the digital television system are introduced into the processes of information services of the State Unitary Enterprise (SUE) "Center for Electromagnetic Compatibility" of the Republic of Uzbekistan (certificate of the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan dated September 8, 2023 No. 33-8/6164). Results when using the new noise-resistant coding technique in the DVB-T2 standard: BCH and LDPC, the gain in the signal-to-noise ratio can be on average 3-5 dB, with the same signal-to-noise ratio in the DVB-T and DVB- standards T2 can increase the transmission speed in the DVB-T2 standard on average by 30-45% compared to the first generation standard.

The structure of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusions, a conclusion, and a list of references. The main part of the dissertation is 116 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED SCIENTIFIC WORKS

I bo'lim (I часть, part I)

1. Ярмухамедов А.А., Жабборов А.Б. Исследования и расчёт зон уверенного приёма цифровых телевизионных сигналов стандарта DVB-T2 // Мухаммад ал-хоразмий авлодлари, 1(11)/2020., ст 82–84. (05.00.00. №10)

2. Ярмухамедов А.А., Жабборов А.Б. Окамура - Хата ва введенский моделлари дан фойдаланилган ҳолда майдон кучланганлигини рақамли ер усти телевизион эшиттириш DVB-T2 стандартининг қамров зонаси радиусига боғлиқлигини тадқиқ этиш // Мухаммадал-хоразмий авлодлари, 3(17)/2021., 138–143 бетлар. (05.00.00. №10)

3. Yarmukhamedov A.A., Jabborov A.B. Study of the dependence of the field strength on the radius of the coverage area of digital terrestrial television broadcasting of the DVB-T2 standard using the Okamura- Khata and Vvedensky models // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 8, Issue 4, April 2021, pp.17275-17283. (05.00.00. Osiyo mamlakatlari nashrlari №8)

4. Yarmukhamedov A.A., Jabborov A.B. Investigation of Characteristics of Quadrative - Amplitude Modulation Affecting Interference-Resistant Reception // RA Journal of applied research Vol. 08 Issue: 03 March-2022, pp.204 208. (№ 12. Index Copernicus, № 14. ResearchBib, № 15. Directory of Research Journals Indexing, № 16. Directory Indexing of International Research Journals-Cite Factor, № 19. Scientific Indexing Services, № 23. Scientific Journal Impact Factor, № 35. Crossref. Impact Factor: SJIF = 7.036)

5. Jabborov A.B. Analysis and investigation of characteristics of quadrative phase modulation affecting interference-resistant reception // Galaxy international interdisciplinary research journal (GIIRJ) Vol. 10, Issue 12, Dec. (2022). pp.2099-2104. (№ 23. Scientific Journal Impact Factor. Impact Factor: SJIF = 8.057)

6. Yarmukhamedov A.A., Jabborov A.B. Modeling and investigation of noise immunity Hamming code to provide increased immunity in DVB-T2 standard digital television system // Technical science and innovation 1/2023, pp. 133–144. (OAK Rayosatining 2019 - yil 28 fevraldagi 262/9.2-son qarori)

7. Yarmukhamedov A.A., Jabborov A.B. Requirements for the parameters determining the quality and immunity of signal reception in the television distribution network DVB-T2 standard signal // Journal of Engineering and Technology (JET) Vol. 13, Issue 1, Jun 2023, pp.119-126. (05.00.00. Osiyo mamlakatlari nashrlari №31)

8. Yarmukhamedov A.A., Jabborov A.B. Investigation and simulation of optimal noise-resistant reception in DVB-T2 standard digital television system using Matlab/Simulink program environment // JMEA Journal of Modern

Educational Achievements Vol. 2, Issue 1, Jun 2023, pp.84-99. (№ 23. Scientific Journal Impact Factor. Impact Factor: SJIF = 7,34)

9. Yarmukhamedov A.A., Jabborov A.B. Modeling and study of the noise-resistant code of Bose-Chowdhury-Hokvingham to ensure an increase in noise immunity in the digital television system of the DVB-T2 standard // JMEA Journal of Modern Educational Achievements Vol. 4, 2023, pp.29-39. (№ 23. Scientific Journal Impact Factor. Impact Factor: SJIF = 7,34)

10. Yarmukhamedov A.A., Jabborov A.B. Modeling and investigation of noise immunity reed-Solomon code to provide increased immunity in DVB-T2 standard digital television system// American Journal of Interdisciplinary Research and Development Vol. 14, March 2023, pp.97-105. (№14. ResearchBib, № 23. Scientific Journal Impact Factor. Impact Factor: SJIF = 6,959)

11. Yarmukhamedov A.A., Jabborov A.B. Modeling and investigation of the LDPC immunity code to provide increased immunity in the DVB-T2 standard digital television system // Texas Journal of Multidisciplinary Studies 26.03.2023., pp.77-84.(№ 23. Scientific Journal Impact Factor. Impact Factor: SJIF = 6,772)

12. Ярмухамедов А.А.,Жабборов А.Б. Исследование и моделирование оптимального помехоустойчивого приема вцифровой телевизионной системе стандарта DVB-T2 с помощьюпрограммной среде MATLAB/SIMULINK// Мухаммад ал-хоразмий авлодлари, 2(24)/2023., ст 167-173. (05.00.00. №10) (05.00.00. №10)

13. Yarmukhamedov A.A., Jabborov A.B., Baymatova N.T. Investigation and Simulation of a Noise-Resistant 16-Qam Demodulator in A Dvb-T2 Standard Digital Tv System Using the Matlab/Simulink Program Environment// Journal of Advanced Zoology. Volume 44 Issue S-5 Year 2023 Page 1908:1924. (№ 1.Web of Science, № 3 Scopus.)

II bo‘lim (II часть, part II)

14. Ярмухамедов А.А., Жабборов А.Б. Анализ методов повышения помехоустойчивости цифровых телевизионных систем // “Иқтисодий тинг тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот-коммуникация технологияларининг аҳамияти». Республика илмий-техник анжуманининг маърузалар тўплами. Тошкент-2020. 5-6 март. ст.343-346.

15. Жабборов А.Б. Основные рекомендации по повышению помехоустойчивости и охвату населения республики Узбекистан вещанием сигнала стандарта DVB-T2 // “Рақамли технологиялар: соҳаларда амалий жорий этишнинг ечимлари ва муаммоларит». Республика илмий-техник анжуманининг маърузалар тўплами. Тошкент-2021. 28-29 апрел. ст.96-98

16. Jabborov A.B. Decoding algorithm for the Bowes-Chaudhuryhakwengham (BCH) code to provide increased immunity in the DVB-T2 standard digital television system // International Conference on Advance Research in Humanities, Sciences and Education Australia, conference. July15th 2023,Vol. 7 No. 1. pp.226-232.

17. Jabborov A.B. Experimental studies to evaluate the optimal reception of television signals // International Conference on Advance Research in Humanities, Sciences and Education October 30 th 2023, pp.97-100.

18. Nazarov A.M., Yarmuxamedov A.A., Jabborov A.B. Raqamli televizion signallarni ishonchli kabul kilish zonalarini hisoblash uchun dastur.// O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellectual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. № DGU 06163, 11.03.2019 y.

19. Nazarov A.M., Yarmuxamedov A.A., Xudoyberganov Sh.K, Yusupov Ya.T., Jabborov A.B. QPSK modulyatsiyalangan signallar vaqt diagrammalarini hisoblash uchun dastur.// O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellectual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. № DGU 06561, 04.06.2019 y.

20. Nazarov A.M., Yarmuxamedov A.A., Xudoyberganov Sh.K, Yusupov Ya.T., Jabborov A.B. QAM modulyatsiyalangan signallarni vaqt diagrammalarini hisoblash uchun dastur. // O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellectual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. № DGU 06561, 19.02.2020y.

21. Yarmuxamedov A.A., Jabborov A.B. Okamura - Xata va Vvedenskiy formulasi bo'yicha maydon kuchlanganligi qamrov zonasi radiusiga bog'liqligini hisoblash uchun dastur. // O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellectual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. №DGU10019, 19.01.2021y.

22. YamuxamedovA.A., JabborovA.B. Matlab/Simulink dasturiy muhitidan foydalangan holda DVB-T2 raqamli televidenie tizimida xalaqitbardoshli optimal qabul qilishni modellashtirish va hisoblash dasturi. // O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellectual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. № DGU 21840, 01.02.2023 y.

23. Yamuxamedov A.A., Jabborov A.B. Matlab/Simulink dasturiy muhitidan foydalangan holda DVB-T2 raqamli televidenie tizimidagi 16-QAM demodulyatorining xalaqitbardoshligini modellashtirish va hisoblash dasturi. // O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellectual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. № DGU 22013, 07.02.2023 y .

24. Yamuxamedov A.A., Jabborov A.B. Matlab/Simulink dasturiy muhitidan foydalangan holda DVB-T2 raqamii televidenie tizimida xalaqitbardoshli Bouza-CHoudxuri-Xokvingema (BCHX) kodini modellashtirish va hisoblash dasturi. // O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellectual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. № DGU 22834, 03.03.2023 y.

25. Yamuxamedov A.A., Jabborov A.B. Matlab/Simulink dasturiy muhitidan foydalangan holda DVB-T2 raqamli televidenie tizimida xalaqitbardoshli Rida-Solomona kodini modellashtirish va hisoblash dasturi. // O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. № DGU 22789, 03.03.2023 y.

26. Jabborov A.B., Jabborov R.B. Matlab/Simulink dasturiy muhitidan foydalangan holda DVB-T2 raqamli televidenie tizimida xalaqitbardoshli Hemming kodini modellashtirish va hisoblash dasturi. // O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. № DGU 23466, 17.03.2023 y.

27. Jabborov A.B., Jabborov R.B. Matlab/Simulink dasturiy muhitidan foydalangan holda DVB-T2 raqamli televidenie tizimidaxalaqitbardoshli kichik zichlikga ega juftlikni aniqlovchi kodni (LDPC) modellashtirish va hisoblashdasturi. // O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. № DGU 23664, 28.03.2023 y.

28. Yamuxamedov A.A., Jabborov A.B. Real vaqt masshtabida Aaronia Spectran V6 spektr analizatori yordamida DVB-T2 standartidagiraqamli televizion qabulqiluvchining kirishida quvvat satxini tadqiq etish dasturi. // O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnoma. № DGU 24215, 17.04.2023 y.

Avtoreferat “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiy jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi va o‘zbek, rus va ingliz tillari matnlarni mosligi tekshirildi.

Bosmaxona litsenziyasi:



9338

Bichimi: 84x60 $\frac{1}{16}$. «Times New Roman» garniturası.
Raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog'i: 2,75. Adadi 100 dona. Buyurtma № 25/24.

Guvohnoma № 851684.
«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Beruniy ko'chasi, 83-uy.