

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.15/31.08.2022.T.73.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

XURRAMOV ASLIDDIN SHOKIR O'G'LI

**TEMIR YO'L TRANSPORTI RADIOALOQA TARMOG'INI
ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA TAKOMILLASHTIRISH**

05.08.03 - Temir yo'l transportini ishlatish

**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**

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

Xurramov Asliddin Shokir o‘g‘li

Temir yo‘l transporti radioaloqa tarmog‘ini zamonaviy texnologiyalar asosida takomillashtirish..... 3

Хуррамов Аслиддин Шокир угли

Совершенствование сети радиосвязи железнодорожного транспорта на основе современных технологий..... 21

Xurramov Asliddin Shokir o‘g‘li

Improvement of the railway radio communication network based on modern technologies 39

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ
List of published works..... 42

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.15/31.08.2022.T.73.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

XURRAMOV ASLIDDIN SHOKIR O‘G‘LI

**TEMIR YO‘L TRANSPORTI RADIOALOQA TARMOG‘INI
ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA TAKOMILLASHTIRISH**

05.08.03 – Temir yo‘l transportini ishlatish

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

Toshkent – 2024

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.4.PhD/T4293 - raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Toshkent davlat transport universitetida bajarilgan.
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.tstu.uz) va "ZiyoNet" axborot ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar: **Xalikov Abdulxak Abdulxairovich**
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar: **Davronbekov Dilmurod Abdujalilovich**
texnika fanlari doktori, professor

Boltayev Sunnatillo Tuymurodovich
texnika fanlari nomzodi, dotsent

Yetakchi tashkilot: **Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Toshkent davlat transport universiteti huzuridagi PhD.15/31.08.2022.T.73.01 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil 29 avgust soat 16⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. Manzil: 100167, Toshkent, Temiryo'lhilar ko'chasi, 1-uy, tel.: (99871) 299-00-01; faks: (99871) 293-57-54; e-mail: rektorat@tstu.uz

Dissertatsiya bilan Toshkent davlat transport universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (181-raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100167, Toshkent, Temiryo'lhilar ko'chasi, 1-uy, tel: (99871) 299-05-66.

Dissertatsiya avtoreferati 2024-yil 17-avgust kuni tarqatildi.
(2024-yil 17-avgust dagi 45-raqamli reestr bayonnomasi).




N.M. Aripov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi,
t.f.d., professor


Sh.M. Suyunbaev
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash ilmiy kotibi,
t.f.d., professor


M.X. Rasulov
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy
kengash qoshidagi Ilmiy seminar raisi,
t.f.n., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Temir yo‘l transportining yuqori tezyurar uchastkalarida harakat xavfsizligini ta‘minlash va ishonchliligini oshirish, temir yo‘l transporti harakatini boshqarishni takomillashtirish funksiyalarini raqamli radioaloqaga asoslangan texnologik radioaloqa tizimlarini yaratish yetakchi o‘rinni egallamoqda. Raqamli tarmoqlarning funksiyalaridan foydalanish texnologik temir yo‘l radioaloqasining tubdan yangi imkoniyatlarini ochib beradi, bu esa transport jarayonining samaradorligi va xavfsizligini sezilarli darajada yaxshilaydi. Rivojlangan mamlakatlar temir yo‘l transportida harakat xavfsizligini oshirish va ta‘minlash yuzasidan radioaloqa qurilmalari holatini nazorat qilish bo‘yicha hamda qurilmalardagi nosozliklarni oldindan bashorat qilish tizimlari temir yo‘ldan texnikaviy foydalanish qoidalari yo‘riqnomasi talablariga javob bermasligi aniqlanib, radioaloqa qurilma va tizimlarining ishchi holatini masofadan turib real vaqtda nosozliklarni aniqlash va ularda o‘lchash ishlarining zamonaviy usullarini qo‘llash orqali ishonchliliklarini oshirish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Shuningdek, hozirgi vaqtda energiya tejamkor va xavfsizligi jihatdan yuqori bo‘lgan texnologiyalar va qurilmalarni ishlab chiqarish, ularni qo‘llashga alohida e‘tibor qaratilmoqda.

Jahonda temir yo‘l texnologik radioaloqasi tarmog‘i va qurilmalari ishchi holatini nazorat qilish hamda aloqa jarayonni boshqarish tizimlarini takomillashtirish orqali harakat xavfsizligini yuqori darajada ta‘minlash va zamonaviy avtomatlashtirilgan qurilmalarni ishlab chiqishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu yo‘nalishda, jumladan, temir yo‘l texnologik radioaloqasi tizimini raqamli zamonaviy texnologiyalar bazasidagi boshqarish va monitoring qilish usullarining soddalashtirilgan algoritimli dasturiy ta‘minotlarini ishlab chiqish bo‘yicha tadqiqotlarni olib borish muhim bo‘lib, shu bilan bir qatorda, texnologik radioaloqa tizimlarining ishonchliligini oshirish bo‘yicha tadqiqotlar ustuvor hisoblanmoqda. Shuningdek, temir yo‘l texnologik radioaloqasi tizimining ishonchlilik ko‘rsatkichlarini hamda monitoring natijalarini va aniqlangan kamchiliklarni bartaraf etish uchun temir yo‘l uchastkasi mas‘ul elektromexanigiga haqiqiy vaqtda uzatish dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda temir yo‘l transportining harakat tarkibini xavfsizlik tizimlari bilan bog‘liq qurilmalari va elementlarini zamonaviylashtirish, texnologiyalarga, analogli qurilmalardan raqamli qurilmalarga almashtirish, tizimdagi boshqa kamchiliklarni bartaraf etish vazifalari yuzasidan ishlar olib borilmoqda. 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan “...axborot texnologiyalarini keng joriy qilish transport, infratuzilma, ijtimoiy va boshqa sohalar bo‘yicha ma‘lumotlarni jamlovchi tahliliy geoportallarini ishga tushirish, dasturiy ta‘minotlar va boshqa xizmatlar eksportini 1,7 barobarga oshirish, transport turlarini uzviy bog‘lagan holda yagona transport tizimini rivojlantirish, jamoat transporti tizimini takomillashtirish va uning

infratuzilmasini rivojlantirish...”¹ borasida asosiy va muhim topshiriqlar belgilangan. Bu borada, jumladan poyezd radioaloqasi tizimida yuzaga keladigan nosozliklarni kamaytirish, uning ishonchligini oshirish, yuqori aniqlikdagi elementlar asosida tizimni monitoring qilish qurilmalarini yaratish va ilmiy jihatdan asoslash muhim vazifa hisoblanadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 17-oktabrdagi PQ-3336-son Respublika temir yo‘llari tarmog‘ini yanada rivojlantirish, “Pop-1–Namangan–Andijon-2” temir yo‘l liniyasi uchastkasini elektrlashtirish va zamonaviy texnologiyalarni joriy etish hisobiga yo‘lovchilar va yuk tashishlar samaradorligini oshirish, 2019-yil 24-avgustdagi PQ-4426-son “Davlat va xo‘jalik boshqaruvi hamda mahalliy ijroiya hokimiyati organlarining ishlab chiqarishni mahalliyashtirish va sanoat tarmoqlarida kooperatsiya aloqalarini jadallashtirishning yangi tizimini joriy etish bo‘yicha mas‘uliyatini yanada oshirish to‘g‘risida”gi Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining II “Energetika, energiya va resurs tejamlilik” ustuvor yo‘nalishi doirasida bajarilgan

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Temir yo‘l radioaloqasi qurilma va tarmoqlarining ishonchligini oshirish, radioaloqa tizimining funktsionalligini va elektr magnit moslashuvchanligini ta‘minlash, ularning texnik va nazariy tasnifini ishlab chiqish, texnologik jihatdan yagona temir yo‘l radioaloqa tarmog‘ini qurishga qaratilgan kompleks ilmiy tadqiqotlar dunyoning yetakchi ilmiy markazlari va o‘quv yurtlari tomonidan olib borilgan, jumladan Peterburg davlat temir yo‘l universiteti (Rossiya), University of Birmingham (Buyuk Britaniya), Xian Railway Engineering Staff University (Xitoy), Istanbul Technical University (Turkiya), Sapienza University of Rome (Italiya), Dresden University of Technology (Germaniya), Delft University of Technology (Daniya) va Stanford University (AQSh).

Temir yo‘l radioaloqa qurilma va tarmoqlarini yaratishning nazariy va amaliy masalalari bilan bu yo‘nalishda xorijiy olimlardan Steven W. Ellingson, P.P.Berezovskiy, N.I.Chistyakov, D.N.Roenkov, David Bailey, P.A.Plexanov, N.V.Lavrentev, V.N.Listov, Y.Y.Meremson, N.V.Golovin, P.I.Xudojtkov, Björn Ottersten, A.V.Yelizarenko, A.M.Verigo va boshqalar ko‘pgina taniqli olimlar va mutaxassislar o‘z salmoqli hissalarini qo‘shganlar. Yurtimizdagi mahalliy olimlar, temir yo‘l transportida aloqa tizimlaridagi mavjud muammolarini bartaraf etishga qaratilgan ilmiy ishlar A.A.Xalikov, V.A.Krivopishin, J.F.Kurbanov, B.A.Davletyarov N.V.Yaronova, V.M.Zakirov, S.S.Xalikov, O.A.Mirsagdiyev, G.A.Bekbayev, O.X.O‘roqov, A.A.Saitov va boshqalar tomonidan olib borilgan.

¹O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi “2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida” PF-60-sonli Farmoni

Ammo, yuqoridagi tadqiqotchi olimlarning ilmiy ishlarida to'liq ravishda temir yo'l transportida poyezd radioaloqa tizimlarini nazorat qilish, simsiz masofadan turib tahlil qilish, olingan natijalarni onlayn tarzda poyezd dispetcheriga va uchastka elektromexaniklariga uzatish usuli asosida zamonaviy elementlarni qo'llagan holda qurilmalar ishlab chiqishga, shuningdek mahalliyashtirishga chuqur e'tibor berilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.

Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent davlat transport universiteti ilmiy tadqiqot ishlari rejasining №23/2023-son "“O'zbekiston temir yo'llari” AJ dagi raqamli DMR tizimini monitoring qilish va boshqarish uslubiyatini ishlab chiqish” mavzusidagi xo'jalik shartnomasi (2023-y.) doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi temir yo'l transporti radioaloqa tarmog'ini zamonaviy texnologiyalar asosida takomillashtirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

tezkor texnologik aloqa tarmog'ida simli va radioaloqa vositalarini zamonaviy holati va muammolarini tadqiq qilish;

temir yo'l radioaloqa qurilma va jihozlariga qo'yiladigan texnik talablar asosida harakatdagi tarkiblar mashinistlari bilan stansiya navbatchisi va poyezd dispetcheri o'rtasida uzluksiz raqamli radioaloqa so'zlashuv usullarini takomillashtirish;

raqamli radioaloqa tarmog'i qurilmalari ishlashini tadqiq qilish uchun ovozli so'zlashuvlarni uzilishsiz uzatish jarayonining matematik modellari, ishlash algoritmlari hamda dasturiy ta'minotini ishlab chiqish;

tezkor texnologik radioaloqa tarmog'ida ruxsat etilmagan ma'lumotlar almashinuvi va so'zlashuvlarni uzatishda qasddan buzishlardan himoyalash bo'yicha amaliy tavsiyalarni ishlab chiqish;

ma'lumotlarni uzatish analog radioaloqa qurilmalaridan voz kechish va mahalliyashtirish maqsadida raqamli radioaloqa tarmoqlarini yaratish hamda uning ishonchlilik va xavfsizlik ko'rsatkichlarini aniqlash.

Tadqiqotning obyekti sifatida temir yo'l uchastkalaridagi poyezd radioaloqa tarmog'i olingan.

Tadqiqotning predmeti tezkor texnologik radioaloqa tarmog'ining ishonchli ishlashini baholash usullari, modellari va dasturiy ta'minoti hisoblanadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida tizimli tahlillash, matematik modellashtirish usullari, stoxastik tarmoqlarni topologik o'zgartirish usuli va tezkor texnologik radioaloqa tarmog'i ishlashining ishonchliligini hisoblashning mantiqiy-ehtimoliy modelidan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

tezkor texnologik tarmoqlarni raqamlashtirish va zahiralash orqali harakatlanuvchi tarkiblar mashinistlari bilan stansiya navbatchisi va poyezd dispetcheri o'rtasida uzluksiz raqamli radioaloqa so'zlashuv usuli takomillashtirilgan;

raqamli radioaloqa tarmog‘i qurilmalari ishlarini tahlil qilish va raqamli retranslyatorni optimal joylashtirishni hisobga olib ovozi so‘zlashuvlarni uzluksiz uzatish jarayonining matematik modellari ishlab chiqilgan;

ishlab chiqilgan aloqa tarmog‘ini mantiqiy-ehimoliy modeliga asoslangan holda radioaloqa qurilmalarini masofadan turib ularning ishchi holatini monitoringlash orqali tezkor texnologik tarmoqda raqamli ma’lumotlarni uzatish ishonchliligi oshirilgan;

raqamli aloqa tarmog‘iga ta’sir etuvchi omillarni hisobga olgan holda tarmoqlararo ekranlash orqali tezkor texnologik radioaloqa liniyalaridagi ma’lumotlar almashinuvi va so‘zlashuvlar xavfsizligini ta’minlash usuli ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

temir yo‘l uchastkalaridagi statsionar va lokomotiv ko‘chma radiostansiyalarining radioaloqa tarmog‘ida ishchi holatdiligini nazorat qilish interfeys dasturiy ta’minoti ishlab chiqilgan;

tezkor texnologik radioaloqa tarmog‘ida ruxsat etilmagan ma’lumotlar almashuvini va so‘zlashuvlarini tashqi omillar hamda qasddan buzishda kiberxavfsizlikni ta’minlash bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan;

tezkor texnologik radioaloqa tarmog‘ida internet protokoli asosida server va foydalanuvchi xodimlar o‘rtasida ma’lumotlarni uzatish va qabul qilish tarmog‘i yaratilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi nazariy usullari hamda olib borilgan tajribaviy tadqiqotlar tahlili va yaratilgan texnik yechimlar, shuningdek laboratoriya va ekspluatatsiya qilish sharoitida sinovdan o‘tkazish natijalari muvofiqi bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Olingan tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati barcha harakat tarkibi va to‘g‘ridan-to‘g‘ri poyezdlar harakati bilan bog‘liq bo‘lgan ishchi xodimlarning raqamli yangi radioaloqa tizimi ishlash tamoyili va tarmoqning barcha ko‘rsatgichlarini matematik usul bilan asoslangan energiya tejamkor kiberxavfsizlik talablariga mos ravishda onlayn platforma asosida yaratilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati temir yo‘l transporti simli internet protokol tarmoqlarini simsiz raqamli radioaloqa standartlari asosida yangi tizim bilan o‘zaro bog‘lovchi dasturiy ta’minoti ishlab chiqilganligi, zamonaviy internet protokol texnologiyalar asosida dasturiy ta’minot bilan bog‘lovchi interfeys orqali temir yo‘l uchastkasidagi barcha lokomotivlarni hamda shu uchastkadagi barcha mobil terminallarni onlayn monitoring qilish yo‘li bilan poyezdlar harakatini boshqarishda amaliy tavsiyalarni ishlab chiqilganligi bilan tasdiqlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Temir yo‘l transporti radioaloqa tarmog‘ini zamonaviy texnologiyalar asosida takomillashtirish bo‘yicha olib borilgan tadqiqot natijalari asosida:

poyezd radioaloqasi tizimini berk (yopiq) bo‘shliqda radioto‘lqinlar tarqalishining matematik modellari majmui ishlab chiqilib, ular o‘z ichiga quyidagilarni olgan: radioto‘lqinlar bilan qoplashga qo‘yiladigan talablarni

qondiradigan raqamli retranslyatorlarni optimal joylashtirish matematik modeli; radioaloqa tarmog'ini chastota-hududiy jihatidan rejalashtirishning matematik modeli; radioaloqa tizimining algoritmi va ishlashining matematik modeli "O'zbekiston temir yo'llari" AJga qarashli "Angren-Pop" tunnelida va "Pop-1–Namangan–Andijon-2" uchastkalarida qo'llanilgan ("O'zbekiston temir yo'llari" AJning 2022-yil 4-apreldagi №01/1049-22-son ma'lumotnomasi). Natijada ishlab chiqilgan matematik modellashtirishlar asosida temir yo'l uchastkalarida texnologik jihatdan yagona temir yo'l radioaloqa tarmog'ini qurish, radioaloqa tizimining taqdim etilayotgan funkcionalligini ko'paytirish (oshirish), temir yo'l radioaloqasi tarmog'i ishonchliligini oshirish orqali poyezd radioaloqasi ma'lumotlar uzatish aniqligi va xalaqitbardoshligini oshirishga erishilgan;

temir yo'l transportida raqamli radioaloqaga asoslangan DMR standarti radiostansiyalarining GPS signallari ma'lumotlariga asoslangan holda poyezd dispetcheriga harakat tarkiblaridan olinadigan onlayn ma'lumotlar orqali monitoring qilish usuli "O'zbekiston temir yo'llari" AJ ga qarashli "Pop-1–Namangan–Andijon-2" temir yo'l uchastkasida qo'llanilgan ("O'zbekiston temir yo'llari" AJning 4-apreldagi №01/1049-22-son ma'lumotnomasi).

Olingan natijalar temir yo'l uchaskasida radioaloqani tashkil qilish va poyezdlar harakati xavfsizligini oshirish shu bilan birga ularni onlayn monitoring qilish orqali olingan ma'lumotlarni poyezd dispetcheriga va elektromexaniklariga onlayn uzatish imkoniyati yaratilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari 3 ta xalqaro va 4 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 20 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 7 ta maqola, xorijiy jurnallarda 3 ta maqola, jumladan, respublika va xalqaro konferensiyalari to'plamlarida 7 ta, shundan Scopus bazasida 1 ta maqola hamda O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligidan 4 ta EHM dasturlari uchun guvohnoma olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to'rtta bob, xulosa, adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi (asosiy matni) 120 betni tashkil etadi.

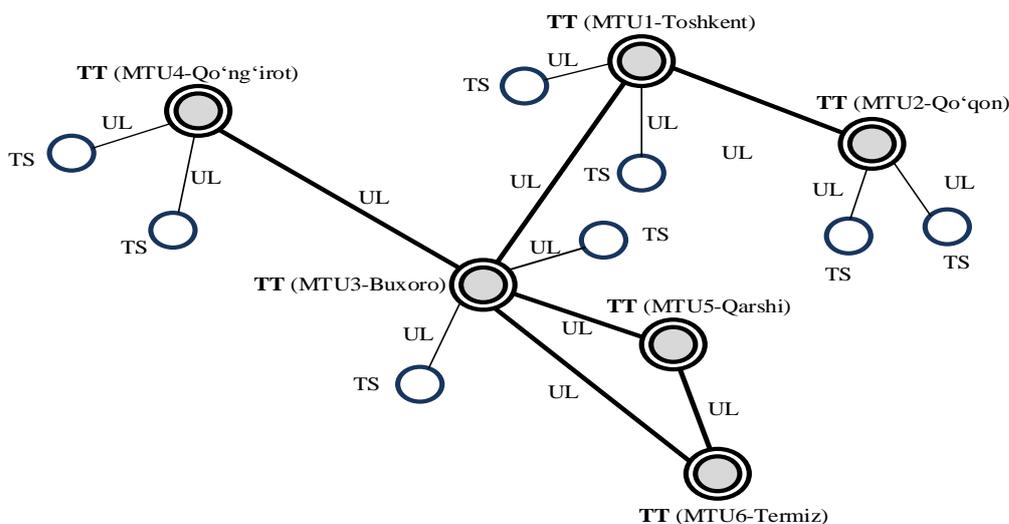
DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslanib, tadqiqotlarning maqsadi va vazifalari, ob'ekt va predmetlari tavsiflangan, O'zbekiston Respublikasi ilm va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi taqdim etilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari asoslanganligi, olingan natijalarning amaliyotda qo'llanilganligi, nashr etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha barcha ma'lumotlar berilgan.

Dissertatsiyaning **“O'zbekiston temir yo'llari” AJning mavjud radioaloqa tizimi va qurilmalarining holati va muammolarini tadqiq etish** deb nomlangan birinchi bobida temir yo'l transportini boshqarishning turli

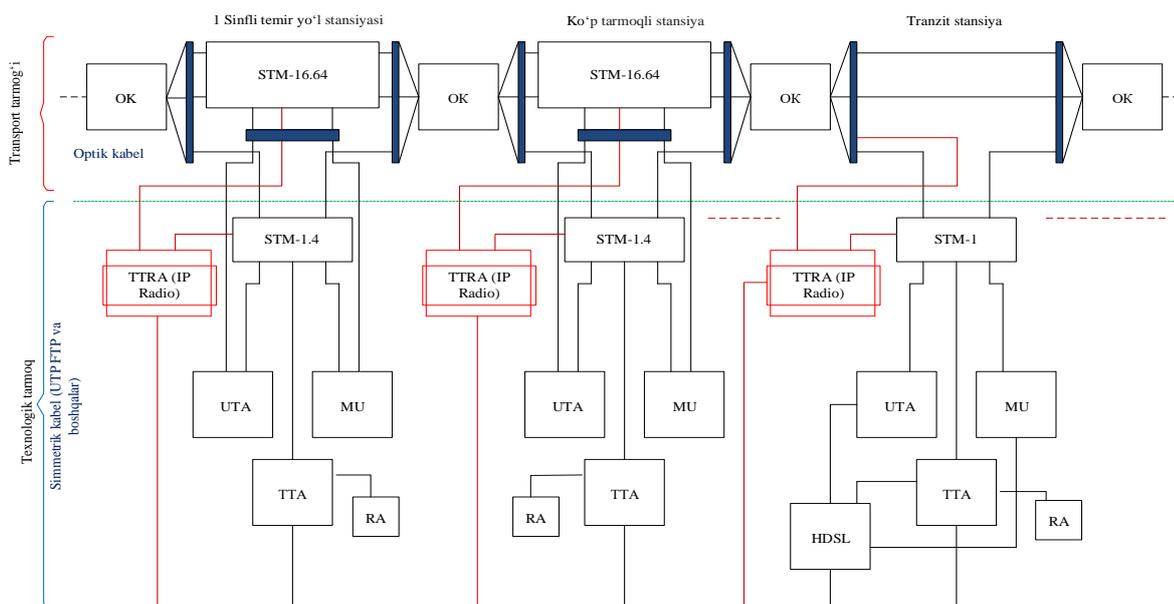
qismlarining o‘zaro hamkorligi va uzluksiz ishlashini ta‘minlash maqsadida texnologik radioaloqa tarmog‘i (keyingi o‘rinlarda temir yo‘l transporti radioaloqa tarmog‘i deb yuritiladi) tashkil etildi. “O‘zbekiston temir yo‘llari” aksiyadorlik jamiyatining radioaloqa tarmog‘i (“O‘TY” AJ) korxonalar, tashkilotlar va temir yo‘l kompaniyasining tarkibiy bo‘linmalarini radioaloqa bilan ta‘minlash uchun birlamchi va ikkilamchi tarmoqlarning yig‘indisidir.

Temir yo‘l transportining birlamchi aloqa tarmog‘i (1-rasm) tarmoq tugunlari (TT), tarmoq stansiyalari (TS) va uzatish liniyalari (UL) jihozlarini o‘z ichiga oladi. U barcha oltita mintaqaviy temir yo‘l uzellari (MTU) hududida tashkil etilgan standart kanallarni (traktlarni) tashkil qilish uchun mo‘ljallangan va mamlakatdagi eng yirik idoraviy tarmoqlardan biri hisoblanadi.



1-rasm. “O‘TY” AJ MTU bo‘yicha birlamchi aloqa tarmog‘ini tashkil etishning umumiy ko‘rinishi

“O‘TY” AJning birlamchi tarmog‘i transport va texnologik segmentlarni o‘z ichiga oladi (2-rasm).



2-rasm. “O‘TY” AJning birlamchi aloqa tarmog‘ini tashkil etishning umumlashtirilgan sxemasi

Transport tarmog‘i simmetrik kabellar, optik tolali aloqa liniyalari (hozirda 1565km yotqizilgan) asosida qurilgan magistral raqamli kommutatsiya aloqa tarmog‘i, radio va radiorele aloqa kanallari, sinxron raqamli iyerarxiya uzatish tizimlari (STM-1, STM-4, STM-16, shuningdek Keymile UMUX-1500 multipleksorlari), ATSning raqamli tugunlari (MiniKom DX-500 JT) harakatdagi abonentlar uchun radioaloqa (RS-46MSV, RLSM, RS46M, 42RTM-A2-CHM, Motorola GP-300, RV-1.1M va boshqalar) dan nafaqat “O‘TY” AJ ehtiyojlari uchun, balki mamlakatning temir yo‘lga tutashgan keng hududlarini axborotlashtirish uchun foydalaniladi. Tizimlaridagi mavjud muammolar o‘rganilgan va tezkor-texnologik radioaloqa tarmog‘ining (TTRA) ishlash shartlari, “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ texnologik jarayonini tashkil etishdagi roli tahlil qilingan. O‘tkazilgan tahlillar asosida yangi “Pop-1–Namangan–Andijon-2” temir yo‘l uchastkalari uchun TTRA-IP tarmog‘i faoliyatiga qo‘yiladigan asosiy talablar shakllantirilgan.

Turli uzatish tizimlari va kommutatsiya stansiyasi asosida TTRA-IP tarmoqlarini tashkil etishning asosiy variantlari keltirilgan. DMR standartidan foydalangan holda TTRA tarmoqlarining tuzilmalarini takomillashtirish va ular asosida IP-radioaloqa tashkil etish taklif etilgan. IP-radioda ulanishni o‘rnatishning asosiy senariylari va protokollari keltirilgan.

Tezkor texnologik radioaloqalar tarmog‘iga potensial ta’sir etuvchi omillar tahlil qilingan. Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, TTRA-IP tarmoqlarida axborotni uzatishda quyidagi asosiy omillarini hisobga olish tavsiya etilgan: ma’lumotlarni ushlab turish; xizmat ko‘rsatishni rad etish ; raqamlarni buzish va servislarni o‘g‘irlash hamda tarmoq spami.

Tanlangan uchastkalardagi TTRA tarmoqlarida telekommunikatsiya xizmatlari sifatining talab darajasida bo‘lishini ta’minlash maqsadida quyidagi aniq vazifalarni hal qilish uchun tavsiyalar berilgan:

- axborot ta’siri sharoitida IP-radioaloqa asosida TTRA tarmog‘ining ishlash jarayonini modellashtirish;

- IP-radioaloqa asosida TTRA tarmog‘ining ishonchliligini hisoblash metodikasini ishlab chiqish;

- DMR standarti yordamida TTRA tarmog‘ini tashkil etishda iqtisodiy samaradorlikni hisoblash va tizimini takomillashtirish zaruriyatini talab etadi.

Dissertatsiyaning “**Axborot ta’siri shartlarida raqamli radioga asoslangan TTRA tarmog‘i faoliyat jarayonining matematik modeli**” deb nomlangan ikkinchi bobida temir yo‘l stansiyalarida IP - tarmoq asosida TTRA-IP ni tashkil etish, TTRA-IP-texnologiyasida transport qatlami tarmoq protokolidan foydalanish, jo‘natuvchi qurilma keyingi paketlarni jo‘natishdan oldin qabul qiluvchi qurilmadan tasdiqlashni kutish shart emasligi bilan bog‘liq. TTRA-IP ma’lumotlari xuddi audio yoki video ma’lumotlar internet orqali yuborilgandek yuboriladi. Ovozli paketlarning kichik miqdorini yo‘qotish maqbul deb hisoblanadi va uni kodlash-dekodlash mexanizmi va turli xil nutq interpolatsiyasi usullarini qo‘llash, ya’ni, to‘lqin shaklini tahlil qiladigan va yetishmayotgan tovushni bashorat qiladigan DSP (Digital Signal Processing) – texnologiyasidan foydalangan holda yetishmayotgan tovushlarni to‘ldirish orqali kompensatsiya

qilish mumkin. 1-jadvalda turli xil kodlash usullarining o'rtacha sub'ektiv baholash ko'rsatkichlari ko'rsatilgan.

Muammo bayoni: tasavvur qilaylik, IP-sarlavhasi va foydalanilgan kodek tomonidan yaratilgan ma'lumotlar ramkasidan iborat paketlar uzatiladigan TTRA-IP tarmog'i bo'lsin (1-jadval).

1-jadval

Turli kodeklar uchun MOS (nutqning tushunarligini o'rtacha baholash) qiymatlari

Kodek	Uzatish tezligi, kbit/s	Nutqning tushunarligini o'rtacha baholash	Kadr o'lchami, ms
G.711 PCM	64	4,1...4,5	0,125
G.723 MP-MLQ ACELP	6,4	3,9	30
G.726 Multi-rate ADPCM	32/64	3,8 / 4,6	0,125
G.728 LD-CELP	16	3,8	0,625
G.729 CS-CELP	8	4,0	10

Berilgan xizmat sifatiga muvofiq tarmoqni tashkil qilishda uzatish marshrutlari aniqlanadi. Faraz qilaylik, har bir marshrutda kompyuter hujumlariga duchor bo'lgan m tugunlar va $m - 1$ bo'limlar mavjud.

Bo'limdagi uzatish vaqti texnik uzatish tezligi R va uzatiladigan ma'lumotlarning hajmi V bilan belgilanishi sababli $t_{uzatish} = \frac{V}{R}$. Bunda tarmoq elementining i -tugunidagi K_i -saqlash qurilmasi sig'imi; $\rho = \frac{\lambda_i}{\mu_i}$ - kirish yuklamasi, son jihatdan uzatish paketlarini λ_i qabul qilish intensivliklarining μ_i nisbatiga (ya'ni uzatish yo'lining i -uchastkasida uzatish); m tugunlar joylashgan marshrutdagi uchastkalar soni $m - 1$ bo'lganda. Paketning marshrut bo'ylab uzatish vaqti quyidagiga teng:

$$t_{uzatish,i} = \lim_{\lambda \rightarrow 0} \left[\sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{\mu_i} \cdot \frac{1 - (K_i + 1) \cdot \rho^{K_i + K_i} \cdot \rho^{K_i + 1}}{(1 + \rho^{K_i}) \cdot (1 - \rho)} \right] = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{\mu_i}, \quad R = const. \quad (1)$$

Faraz qilaylik, TTRA-IP tarmog'iga axborotning halokatli ta'siri amalga oshiriladi, bu vaqtda tarmoq buzg'unchining (TB) n turini muvaffaqiyatli amalga oshirishi mumkin, ularning har biri P_i ehtimollik bilan tarmoqni buzadi; $i = \overline{1, n}$ tarmoqni buzadi, ya'ni, paketlarni uzatish sifati maqbul darajadan pastga tushadigan sharoitlarni yaratadi. Agar tarmoq buzilmasa, ma'lumotlar paketlari $t_{uzatish}$ -vaqtda uzatiladi. Umumiy holda, $t_{uzatish}$ taqsimot funksiyasi (TF) $B(t)$ bo'lgan tasodifiy o'zgaruvchidir. Nosozlik bo'lsa, tarmoq tasodifiy t_{tik_i} vaqtida tiklanadi; $i = \overline{1, n}$ tiklash vaqti bilan TF $\Delta_i(t)$, kiruvchi ma'lumotlar paketi esa qayta uzatiladi.

Ma'lumotlar paketlarining kiruvchi oqimi kamdan-kam uchraydi, bunda oldingi paketga xizmat ko'rsatish vaqtida keyingi paketning kelish ehtimoli ahamiyatsiz darajada kichik, ya'ni tasodifiy xizmat vaqti uchun bunday oqimning intensivligi nolga intiladi. TB jarayoni TTRA-IP tarmog'iga paketlarni uzatish paytida ham, ular orasidagi pauzalarda ham kuzatilishi mumkin, uzatishni kutish uchun joylar soni cheksiz hisoblanadi. n turdagi TB sharoitida ma'lumotlar

paketlarini muvaffaqiyatli uzatish vaqtining matematik kutish \bar{T}_h va taqsimot funksiyasini aniqlash talab qilinadi.

Qo'yilgan masala bayonida tasvirlangan radioaloqadagi IP tarmog'ining ishlash jarayoni 3-rasmda stoxastik tarmoq ko'rinishida keltirilgan.

Stoxastik tarmoqda: $\beta(s)$ va $\delta_i(s)$ – tegishli taqsimot funksiyalarida Laplas-Stiltesning o'zgarishlari (2), buzg'unchi TBni hisobga olmagan holda paketni uzatish vaqtining TF, ya'ni, "ideal sharoitlarda" TBning i – turidan keyin tiklanish vaqti ma'nosini anglatadi:

$$\beta(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} d[B(t)],$$

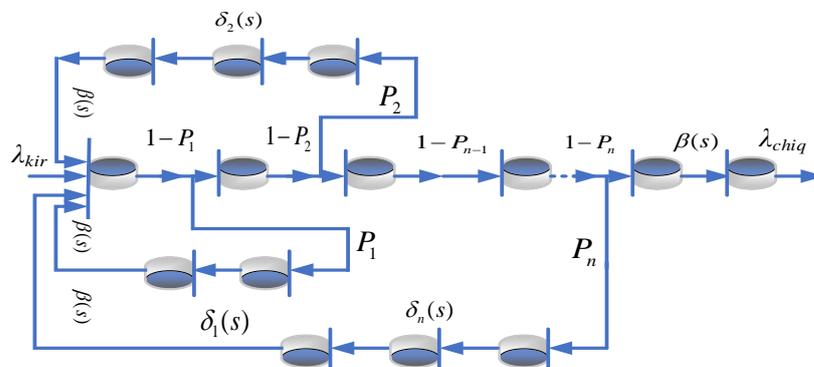
$$\delta_i(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} d[\Delta_i(t)], i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Yopiq grafiklar uchun Meyson tenglamasidan foydalanib, biz stoxastik tarmoqning ekvivalent funksiyasini tuzamiz (3):

$$h_n(s) = \frac{k\beta(s)(\bar{d} + \bar{c} + s) \cdot \prod_{i=1}^n (1 - P_i)}{[1 - \beta(s) \sum_{i=1}^n P_i \delta_i(s) \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j)](\bar{d} + s)} = \frac{V(s)}{U(s)}, \quad (3)$$

bunda $\bar{d} = \sum_{i=1}^n t_{tik.i}^{-1} P_i$; $\bar{c} = \sum_{i=1}^n t_{amal.osh.i}^{-1} P_i$ – TBni buzuvchi tomonidan tiklash va amalga oshirish intensivligining matematik taxminlari mos ravishda; $k = \frac{\bar{d}}{\bar{d} + \bar{c}}$ – paketni qayta uzatish va keyingi TBni amalga oshirish jarayonida tarmoq elementlarining ishlashini tiklash ehtimoli.

Qo'yilgan masala bayonida tasvirlangan radioaloqadagi IP-tarmog'ining ishlash jarayoni 3-rasmda stoxastik tarmoq ko'rinishida keltirilgan.



3-rasm. TTRA-IP-tarmog'idagi TB ning n -turi sharoitida stoxastik jarayon tarmog'ining ishlashi

Matematik kutilma va uzatish vaqtini taqsimlash funksiyasini aniqlash uchun $s = 0$ nuqtadagi holat va maxraj polinomlarining hosilalarining qiymatini (3) hisoblash talab qilinadi:

$$V'(s) = k \cdot \prod_{i=1}^n (1 - P_i) [\beta'(s)(\bar{d} + \bar{c} + s) + \beta(s)(\bar{d} + \bar{c})],$$

$$V'(0) = k(\bar{d} + \bar{c})(1 - \bar{t}_\beta) \cdot \prod_{i=1}^n (1 - P_i), \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
U'(s) &= d \left[1 - \beta(s) \sum_{i=1}^n P_i \delta_i(s) \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j) \right] + \\
&+ (\bar{d} + s) \left[-\beta'(s) \sum_{i=1}^n P_i \delta_i(s) \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j) - \beta(s) \sum_{i=1}^n P_i \delta_i'(s) \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j) \right], \\
U'(0) &= \bar{d} \left[1 - (1 - \bar{t}_\beta) \sum_{i=1}^n P_i \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j) + \sum_{i=1}^n P_i \bar{t}_{\delta i} \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j) \right]. \quad (5)
\end{aligned}$$

TB sharoitida paketni uzatish vaqtining matematik kutilishi bilan aniqlanadi (6):

$$\bar{T}_h = \frac{-d}{ds} \left[\frac{h_n(s)}{h_n(0)} \right]_{s=0}. \quad (6)$$

Uni quyidagicha o'zgartirib:

$$\bar{P} = \prod_{i=1}^n (1 - P_i); \bar{E} = 1 - \sum_{i=1}^n P_i \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j). \quad (7)$$

Quyidagi ko'rinishda formula (6) ni olamiz:

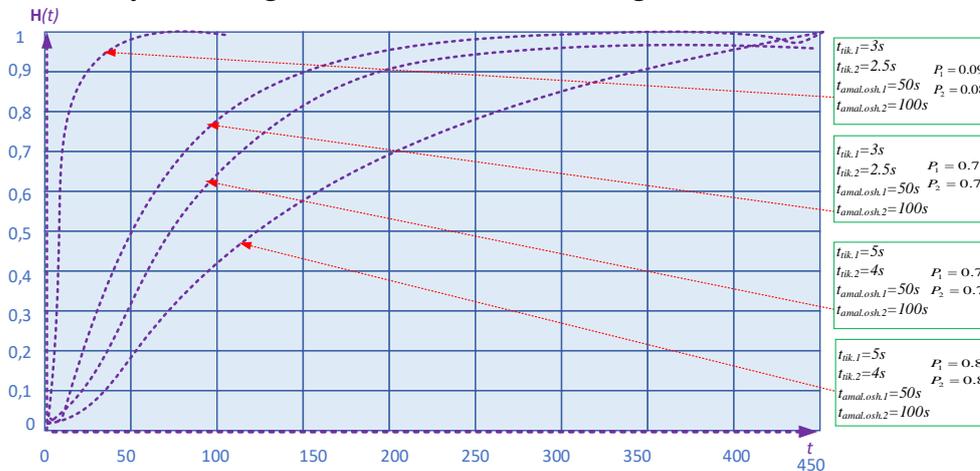
$$\bar{T}_h = \frac{\bar{P}}{(1 - \bar{E})^2} \cdot \left[\sum_{i=1}^n P_i \bar{t}_{\delta i} \cdot \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j) + \bar{t}_\beta \right].$$

Shunga ko'ra, dispersiya ushbu formula bilan aniqlanadi:

$$D[t_h] = h_1 - h_1^2 = \frac{d^2}{ds^2} \left[\frac{h_n(s)}{h_n(0)} \right]_{s=0} - \left[\frac{d}{ds} \left[\frac{h_n(s)}{h_n(0)} \right]_{s=0} \right]^2. \quad (8)$$

Paketni uzatish vaqtini taqsimlash funksiyasini olish uchun uning $h_n(s)$ tasviridan asl $H_n(t)$ ni hisoblash imkonini beradigan teskari transformatsiyani amalga oshirish kerak. TTRA-IP-tarmog'iga ma'lumotlar paketlarini olib kirish uchun vaqtni taqsimlash funksiyasini aniqlashning yuqoridagi usulini ko'rsatish uchun quyidagi muammoni ko'rib chiqamiz.

Ikki turdagi TB amalga oshirilganda TTRA-IP – paketlarning uzatilish vaqtini taqsimlash funksiyalarining oilasi 4-rasmda keltirilgan.



4-rasm. Ikki turdagi TB amalga oshirilganda TTRA-IP – paketlarning uzatilish vaqtini taqsimlash funksiyalari oilasi

Hisob-kitoblar davomida shunday natijalar olingan:

- mos keladigan tugunlar orasidagi $V = 10 \text{ Mbit}$ hajmli ma'lumotlar paketining o'rtacha uzatish vaqti $1S$ ga teng;

- TB tomonidan muvaffaqiyatli amalga oshirilgandan so'ng TTRA-IP tarmog'ining o'rtacha tiklanish vaqti mos ravishda $t_{tik_1} = 3 \dots 5S$ va $t_{tik_2} = 2,5 \dots 4s$ oralig'ida o'zgarib turadi;

- TB tomonidan amalga oshirishning o'rtacha vaqti mos ravishda $t_{amal.osh_1} = 50 s$ va $t_{amal.osh_2} = 100 s$ ni tashkil qiladi;

- TB tomonidan muvaffaqiyatli amalga oshirish ehtimoli $0,08 \dots 0,8$ oralig'ida qiymatlarni oladi.

Buzg'unchi TB tomonidan amalga oshirish sharoitida modelda TB dan keyin tiklanish vaqti bilan tavsiflangan TTRA-IP-tarmog'ining axborot xavfsizligini boshqarish tizimi samaradorligining roli sezilarli darajada oshadi.

Axborot ta'siri sharoitida raqamli IP-radiosistemi asosida TTRA tarmog'ining ishlash jarayonini modellashtirish muammolari qo'yildi. Modelni baholash uchun matematik apparat tanlandi - stoxastik tarmoqlarni topologik o'zgartirish usuli (STTO'U), uning tanlovi kiber ta'sirni amalga oshirish bo'yicha individual operatsiyalarni amalga oshirish bo'yicha dastlabki ma'lumotlar faqat ularning o'rtacha qiymatlari darajasida mavjud edi. Modellashtirish natijasida alohida kichik jarayonlarni amalga oshirish vaqtini taqsimlash funksiyalari aniqlangan, ular asosida TTRA-IP tarmog'iga kiber ta'sir amalga oshirilgan.

Noyob (kamdan-kam hollarda keyingi bo'ladigan) ma'lumotlar oqimini uzatishda axborot ta'siri sharoitida IP-texnologiyalari asosida TTRA tarmog'i ishlash jarayonining matematik modeli ishlab chiqilgan, taklif etilayotgan model samarali va dastlabki ma'lumotlarning o'zgarishiga sezgir va kiber ta'sirning tanlangan turini amalga oshirish uchun sarflangan o'rtacha vaqtni aniqlash imkonini bergan.

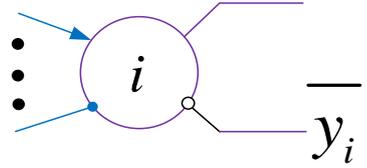
O'ziga o'xshash ma'lumotlar oqimini uzatishda axborot ta'siri sharoitida IP texnologiyalari asosida TTRA tarmog'ining ishlashi jarayonining matematik modeli ishlab chiqilgan; taklif etilayotgan model ishga yaroqli va dastlabki ma'lumotlarning o'zgarishiga sezgir va tanlangan kiber ta'sir turini amalga oshirish uchun sarflangan o'rtacha vaqtni aniqlash imkonini beradi.

Dissertatsiyaning **“Raqamli radio asosidagi tezkor texnologik radioaloqa tarmog'i ishonchliligini hisoblash metodikasi”** deb nomlangan uchinchi bobida “Pop-1–Namangan–Andijon-2” uchastkalarida joylashgan temir yo'l bekatlari (vokzallar) radioaloqa markazining strukturaviy-funksional sxemasi birlashtirilgan, ya'ni ular konstruktiv jihatdan bir-biriga juda o'xshash. “Namangan” temir yo'l stansiyasi radioaloqa markazining blok diagrammasi misolida biz ishlashning ishonchliligini hisoblash uchun mantiqiy-ehtimoliy modelni quramiz. Temir yo'l bekatlari abonentlarini turli xil texnologik radioaloqa xizmatlari bilan ta'minlaydigan blok-sxema passiv retranslyator stansiyasi (optik kabel, o'zaro bog'liqliklar va boshqalar) va faol elementlar (radiostansiya) tarmoq uskunalari (multiplekser, marshrutizator, kommutator, server va texnologik kompyuter va ko'p funksiyali radioabonent terminallarini) o'z ichiga oladi. Bunday tarmoqning

asosiy elementlari quyidagilardan iborat: kommutatsiyalangan tarmoq paketli kommutatsiyalangan tarmoqqa ulangan shlyuz va ma'lumotlarni uzatish tugunlari: marshrutizatorlar, kalitlar va retranslyatorlari. Modelda ishlatiladigan asosiy grafik belgilar 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

“Namangan” temir yo‘l stansiyasining radioaloqa markazining ishlashning ishonchligini hisoblash uchun mantiqiy-ehtimoliy modelni qurishda ishlatiladigan asosiy grafik belgilar

Shartli belgilar	Nomlanishi	Maqsad
 x_i, p_i	funksional tepalik	tizimning i elementi bilan bog‘langan va p_i ehtimolligi bilan sodir bo‘lgan x_i hodisasini ifodalaydi
	Soxta tepalik (Qalbaki cho‘qqi)	tizim elementlarini ifodalamaydi, yordamchidir, tizimda funksiyani amalga oshirishning mantiqiy shartlarini ifodalash uchun ishlatiladi
	diz'yunktiv yoy	cho‘qqiga kiradigan ayiruvchi yoy “YoKI” mantiqiy operatsiyasini ifodalash uchun ishlatiladi
	kon'yunktiv yoy	cho‘qqiga kiradigan kon'yunktiv yoy “VA” mantiqiy amalini ifodalash uchun ishlatiladi
	to‘g‘ridan-to‘g‘ri va teskari chiqishlar	yoylarning cho‘qqilardan to‘g‘ridan-to‘g‘ri va teskari chiqishlari tegishli elementlar va quyi tizimlar tomonidan chiqish (integral) funksiyalarni amalga oshirish shartlari (y_i) va amalga oshirilmasligi (\bar{y}_i) shartlarini ifodalaydi

UMEU asosida radioaloqa markazining standart sxemasini hisobga olgan holda, biz “Namangan” temir yo‘l stansiyasi aloqa markazining ishlashini hisoblash uchun modeli qurilgan.

IP-radioaloqa tizimining ishonchligini aniqlash qiyin, umumiy holatda TTRA tizimining (tarmoqning) ishonchligi uning tarkibiy elementlarining ishonchligi bilan belgilanadi.

Qayta tiklanmaydigan texnik ob'ektning ishlamay qolishi ehtimoli (9) formula bilan aniqlanadi:

$$P(t) = e^{-\lambda \cdot t}. \quad (9)$$

Kiber ta'sirlarni muvaffaqiyatli amalga oshirishning tarqatish funksiyasini aniqlagandan so'ng, tarmoq elementining retranslyator va server ishlamay qolishi ehtimolini aniqlash mumkin (10):

$$P(t) = \frac{1 - F_r(t)}{1 - F_r(t) + \bar{t}_{tik} \cdot f(t)}, \quad (10)$$

bunda $F_r(t)$ – kiber ta'sirlarni muvaffaqiyatli amalga oshirishning tarqatish funksiyasi, \bar{t}_{tik} – tarmoq uskunasining o'rtacha tiklanish vaqti, ya'ni TB

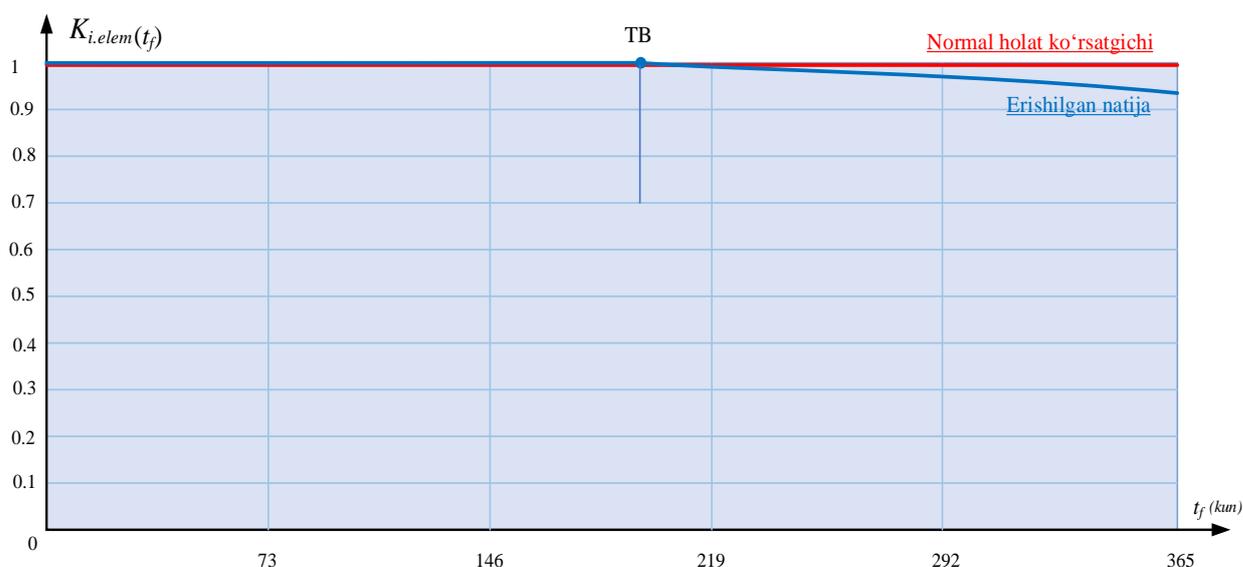
xarakatlarini neytrallash; $f(t) = \frac{\mu^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \cdot t^{\alpha-1} \cdot e^{-\mu \cdot t}$ – zichlik funksiyasi, α, μ mos ravishda ko‘rinishi va masshtab parametrlariga teng bo‘ladi.

Matematik model yordamida temir yo‘l stansiyasi TTRA tarmog‘ining to‘g‘ri ishlashining umumiy mantig‘ini aniqlaymiz va bu real jihatdan radioaloqa markazining mavjudlik koeffitsientiga tengdir (11):

$$K_{i.elem}(t_f) = f_{elem.T.Y.stA}(t_f) = f_{20}(t_f) \wedge f_{25}(t_f) \wedge f_{38}(t_f)z \quad (11)$$

bunda $f_{20}(t_f)$ – t_f da stansiya, mahalliy, dispetcherlik radioaloqalarining to‘g‘ri ishlashi; $f_{25}(t_f)$ – t_f da stansiya va dispetcher radioaloqasining to‘g‘ri ishlashi; $f_{38}(t_f)$ – t_f da yaxshi ma’lumotlarni uzatish harakati.

5-rasmdan ko‘rinib turibdiki, TB tarmoqqa ta’sir qilganda uning ish holati keskin yomonlashadi, jadval yillik miqyosda beriladi va normal holat ko‘rsatkichi “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ optik tolali aloqa markazi va temir yo‘l tarmog‘i-ma’lumotlarni hisoblash markazi (texnik talablar va boshqarish usullari) bo‘limdagi barcha stansiyalarning radioaloqa tugun(uzel)lari ishlashining ishonchliligini hisoblash modellari va barcha bo‘limlarda optik tolali uzatish liniyalari (OTUL) ishonchlilik funksiyasining raqamli qiymatlari, “Pop-1–Namangan–Andijon-2” uchastkasining TTRA tarmog‘ining ishlashini hisoblash modeli qurilgan.



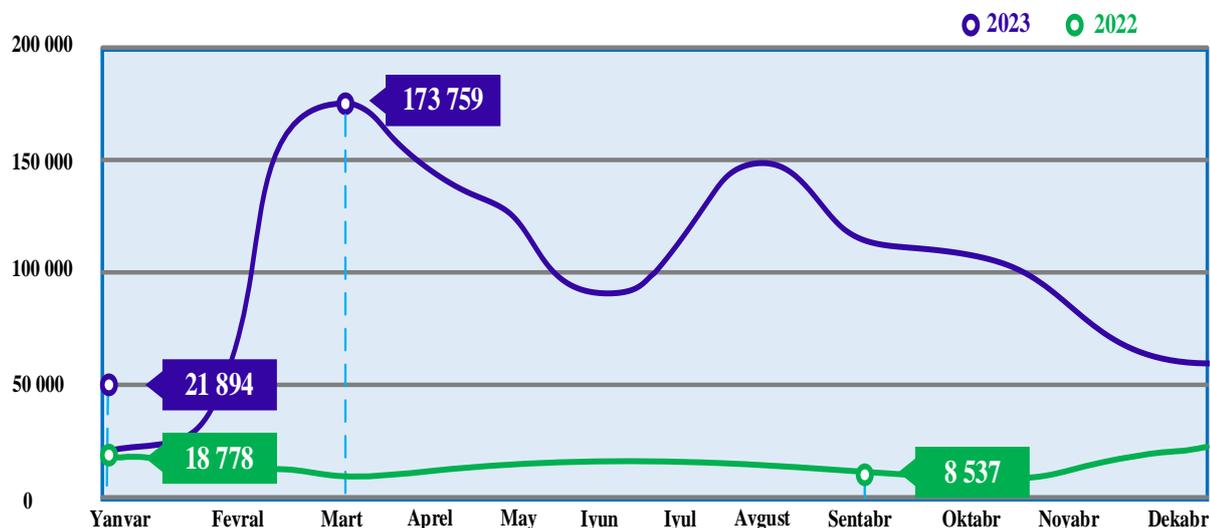
5-rasm. “Namangan” temir yo‘l bekatida radioaloqa markazining ishga tayyorlik koeffitsenti

Kiber ta’sirlarning tarmoq elementlarining unga ta’sirini hisobga olgan holda “Namangan” temir yo‘l stansiyasining aloqa markazining ishonchliligini hisoblash uchun mantiqiy-ehtimoliy model ishlab chiqilgan va simulyatsiya natijasiga baho berilgan.

“Pop-1–Namangan–Andijon-2” uchastkasi TTRA tarmog‘ining ishonchliligini, unga kiber ta’sirlar tarmog‘i elementlarining ta’sirini, shuningdek, uning strukturaviy xususiyatlarini hisobga olgan holda hisoblash uchun mantiqiy-ehtimoliy model ishlab chiqilgan. Simulyatsiya natijasi baholanadi va mavjudlik

koefitsientini oshirish uchun ta'mirlash va tiklash ishlari uchun qo'shimcha chora-tadbirlar, shuningdek, tarmoqni tashkil etish va kiber ta'sirlardan himoya qilish bo'yicha yangi ilmiy-texnik takliflar berilgan.

Ushbu model asosida "Namangan" temir yo'l stansiyasi radioaloqa markazining ishonchliligining dinamik o'zgarishini olish mumkin (6-rasm).



6-rasm. "Pop-1-Namangan-Andijon-2" uchastkasi uchun ishlab chiqilgan ilmiy-texnik yechimlarni amalga oshirish jarayonida raqamli radioaloqa tarmog'ini ishga tayyorlik darajasining DDoS-xujumlarning oylar bo'yicha diagrammasining o'zgarishi

Dissertatsiyaning "Ishlab chiqilgan IP-tarmoq asosida raqamli radioaloqa tarmog'ini temir yo'l uchastkalariga tadbiriq etish" deb nomlangan to'rtinchi bobida "Pop-1-Namangan-Andijon-2" uchastkasida raqamli radioaloqa tarmog'ining ishonchliligini oshirish bo'yicha ishlab chiqilgan ilmiy-texnik yechimlardan foydalanish jarayonida raqamli radioaloqa tarmog'ini ishga tayyorlik darajasining DDoS-xujumlarning oylar bo'yicha diagrammasining o'zgarishi 6-rasmda keltirilgan.

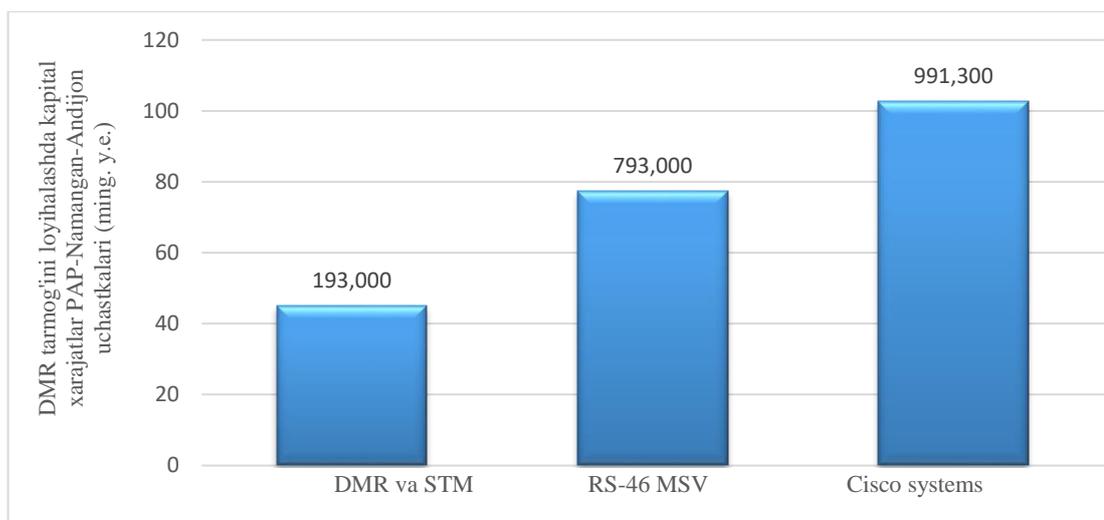
Olingan natija tahlili shuni ko'rsatadiki, yuqoridagi ilmiy-texnik yechimlarni amalda tatbiq etish "Pop-1-Namangan-Andijon-2" uchastkasida TTRA tarmog'ining ishonchlilik darajasini yanada takomillashtirish va uning tarmoq elementlarida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan kiber ta'sirlarni hisobga olgan holda sezilarli darajada oshiradi.

Olingan natija axborot xafsizlik tizimi standartlari bo'yicha talab qilinadigan ishonchlilik darajasini qondiradi, ya'ni yillik miqyosda dispatcherlik darajasidagi tarmoqlardagi kamchiliklar yoki nosozliklarning o'rtacha soni va vaqti 10 daqiqadan oshmaydi.

Turli raqamli uzatish tizimlari va kommutatsiya stansiyalari asosida "Pop-1-Namangan-Andijon-2" uchastkasida raqamli radioaloqa tarmog'ini loyihalashda kapital xarajatlar hisoblab chiqilgan va natijalari quyidagi (7-rasm) diagrammada keltirilgan.

Raqamli radioaloqa tarmog'ining kiberbarqarorligini oshirishning asosiy usullari taklif qilingan, raqamli radioaloqa tarmog'ini kiber ta'sirlardan himoya

qilishning juda samarali usuli bo‘lgan tarmoqlararo ekran (xavfsizlik devorlari)dan foydalanish taklif qilingan.



7-rasm. “Pop-1–Namangan–Andijon-2” uchastkasi raqamli radioaloqa tarmoqlarini loyihalashda kapital xarajatlarni hisoblash natijasini tahlil qilish

“Pop-1–Namangan–Andijon-2” uchastkasida raqamli radioaloqa tarmog‘ini loyihalashda iqtisodiy xarajatlarni hisoblandi va tarmoqni turli raqamli uzatish tizimlari va kommutatsiya stansiyasi asosida loyihalash orqali qiyosiy tahlil qilingan.

XULOSA

Temir yo‘l transporti radioaloqa tarmog‘ini zamonaviy texnologiyalar asosida takomillashtirish bo‘yicha ilmiy amaliy tadqiqot va tahliliy natijalar yuzasidan quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Tezkor texnologik aloqa tarmog‘ida simli va radioaloqa vositalarining zamonaviy holati va muammolari tadqiq qilingan. Natijada mavjud radioaloqa tarmoqlarida zamonaviy raqamli uzatish va qabul qilish stansiyalar hamda ko‘chma radiostansiyalar asosida tezkor texnologik radioaloqani tashkil etish uchun zarur bo‘lgan talablar aniqlangan.

2. Temir yo‘l uchastkalarida radioaloqa tarmog‘ini haqiqiy vaqt birligida onlayn tarzda interfeysli dastur asosida tahlillash va bashoratlash usuli yaratilgan. Natijada harakatlanuvchi tarkiblarni haqiqiy vaqt birligida aniq joylashuvi bo‘yicha poezd dispetcherlik markazida tahlillash imkoniyati yaratilgan.

3. Tezkor texnologik radioaloqa tarmog‘ida ruxsat etilmagan ma‘lumotlar almashuvini va so‘zlashuvlarini tashqi omillar hamda qasddan buzishda kiberxavfsizlikni ta‘minlash bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan. Natijada ma‘lumotlarni uzatishda Internet protokollariga asoslangan raqamli radioaloqa tarmog‘ini himoya qilishning samarali usuli xavfsizlik devorlaridan foydalanish tavsiyalari ishlab chiqilgan.

4. Mantiqiy ehtimollar va stoxastik tarmoqlarni topologik o‘zgartirish usullari asosida tezkor texnologik radioaloqa tarmog‘ining ishonchlik ko‘rsatkichlari

asoslangan. Natijada ma'lumotlar oqimini uzatishda axborot ta'siri sharoitida radioaloqa tizimining ishonchlilik ko'rsatkichlari mantiqiy ehtimollar va stoxastik tarmoqlarni topologik o'zgartirish usuli hamda Laplas konvertatsiyasi qonunlari qo'llagan holda ishlab chiqilgan. Ishlab chiqilgan model samarali va dastlabki ma'lumotlarning o'zgarishiga sezgir bo'lib, tanlangan turdagi kiber ta'sirni amalga oshirish uchun sarflangan o'rtacha vaqtni aniqlash tizimi ishlab chiqilgan.

5. Temir yo'l uchastkalaridagi statsionar va lokomotiv ko'chma radiostansiyalarining radioaloqa tarmog'ida ishchi holatidagini nazorat qilish interfeys dasturiy ta'minoti ishlab chiqilgan. Natijada radioaloqa tarmog'ini ishchi holatidagini onlayn tahlillash va aniqlangan nosozliklar ma'lumotlari uchastka elektromexaniklariga onlayn uzatilib, poezdlar harakat xavfsizligini yanada oshirish imkoniyati yaratilgan.

6. Tezkor texnologik radioaloqa tarmog'ida internet protokoli asosida server va foydalanuvchi xodimlar o'rtasida ma'lumotlarni uzatish va qabul qilish tarmog'i yaratilgan. Natijada ma'lumotlar paketlarining tartibsizligi muammosi va ketma-ket uzatish hamda tasdiqlash masalalari transport qatlami tarmoq protokoli asosida amalga oshirilgan.

7. Tadqiqot natijalari "O'zbekiston temir yo'llari" AJ tasarrufidagi "Pop-1–Namangan–Andijon-2" temir yo'l uchastkasiga joriy etilgan. Natijada radioaloqa tarmog'ini tashkil etgan uskunalarning kamayishi texnik xizmat ko'rsatish jarayoni shtat birligi va ma'lumot uzatish vaqtining qisqarishi hamda nosozliklarni oldindan tahlillash asosida poezdlar harakat xavfsizligi ta'minlangan, shuningdek temir yo'l transporti radioaloqa tarmog'ini zamonaviy tizimlar asosida takomillashtirish asosida umumiy iqtisodiy yillik samaradorlik 214 mln. so'mni tashkil etgan.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ НАУЧНЫХ
СТЕПЕНЕЙ PhD.15/31.08.2022.Т.73.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ХУРРАМОВ АСЛИДДИН ШОКИР УГЛИ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СЕТИ РАДИОСВЯЗИ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ
СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

05.08.03 – Эксплуатация железнодорожного транспорта

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

Ташкент – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована Высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за №В2023.4.PhD/Т4293.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tstu.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель:

Халиков Абдулхак Абдулхаирович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Давронбеков Дилмурод Абдужалилович
доктор технических наук, профессор

Болтаев Суннатилло Туймуродович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

**Ташкентский государственный
технический университет имени
Ислама Каримова**

Защита диссертации состоится 29 август 2024 г. в 16⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.15/31.08.2022.Т.73.01 при Ташкентском государственном транспортном университете. Адрес: 100167, Ташкент, Темирийулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54, e-mail: rektorat@tstu.uz

С диссертацией можно ознакомиться в Ташкентском государственном транспортном университете (регистрационный номер №181). Адрес: 100167, Ташкент, ул. Темирийулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-05-66.

Автореферат диссертации разослан 17-августа 2024 года.
(протокол реестра №45 от 17-августа 2024 года).



Н.М. Арипов
Председатель Научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

Ш.М. Суюнбаев
Ученый секретарь Научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

М.Х. Расулов
Председатель Научного семинара
при Научном совете по присуждению
учёных степеней, к.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Обеспечение безопасности движения и повышение надежности на высокоскоростных участках железнодорожного транспорта, совершенствование управления движением поездов с использованием технологических радиосистем на основе цифровых технологий занимает ведущее место. Использование функций цифровых сетей открывает принципиально новые возможности для технологической железнодорожной радиосвязи, что значительно улучшает эффективность и безопасность транспортного процесса. В целях повышения и обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте в развитых странах, выявлено, что системы контроля состояния устройств радиосвязи и прогнозирования отказов устройств не отвечают требованиям инструкций правил технической эксплуатации железных дорог. В связи с этим, повышение надежности радиоустройств и систем посредством дистанционного обнаружения неисправностей в реальном времени и применения современных методов измерений приобретает особую важность. Также в настоящее время особое внимание уделяется разработке и внедрению энергоэффективных и безопасных технологий и устройств.

На мировом уровне ведутся научные исследования, направленные на обеспечение высокой степени безопасности движения и создание современных автоматизированных устройств через совершенствование систем контроля и управления технологическими сетями радиосвязи на железнодорожном транспорте. В этом направлении, в частности, важно проводить исследования по разработке упрощенных алгоритмических программных решений для управления и мониторинга систем технологической железнодорожной радиосвязи на основе современных цифровых технологий, а также исследования, направленные на повышение надежности этих систем. Кроме того, актуальной задачей является передача показателей надежности системы технологической радиосвязи, результатов мониторинга и устранение выявленных недостатков ответственному электромеханику железнодорожного участка в реальном времени.

В нашей республике проводятся работы по модернизации устройств и элементов систем безопасности железнодорожного транспорта, связанных с подвижным составом, переходу от аналоговых устройств к цифровым, а также по устранению других недостатков в системе. В стратегии развития «Нового Узбекистана» на 2022-2026 годы обозначены ключевые и важные задачи, в том числе по «...широкому внедрению информационных технологий, запуску аналитических геопорталов, собирающих данные по транспорту, инфраструктуре, социальным и другим отраслям, увеличению экспорта программного обеспечения и других услуг в 1,7 раза, развитию единой транспортной системы, связывающей разные виды транспорта, совершенствованию системы общественного транспорта и развитию ее

инфраструктуры...»¹. Важной задачей в этой связи, является снижение количества отказов в системе поездной радиосвязи, повышение ее надежности, создание устройств для мониторинга системы на основе высокоточных элементов и научное обоснование их применения.

Исследование в определенной степени будет способствовать выполнению задач, поставленных в Указе Президента Республики Узбекистан от 17 октября 2017 года №ПП-3336 «О дальнейшем развитии сети железных дорог республики, электрификации участка железнодорожной линии «Пап-1-Наманган-Андижан-2» и повышении эффективности пассажирских и грузовых перевозок за счет внедрения современных технологий», а также в Указе от 24 августа 2019 года №ПП-4426 «О повышении ответственности органов государственного и хозяйственного управления, а также органов местного исполнительного власти за внедрение новой системы локализации производства и ускорение кооперационных связей в промышленных отраслях» и других нормативно-правовых документах, относящихся к данной деятельности.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в рамках II приоритетного направления развития науки и технологий республики «Энергетика, энерго- ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Комплексные научные исследования, направленные на повышение надежности устройств и сетей железнодорожной радиосвязи, обеспечение функциональности радиосистем и электромагнитной совместимости, разработку их технической и теоретической классификации, создание единой технологической железнодорожной сети радиосвязи, проводились ведущими научными центрами и учебными заведениями мира, в том числе Петербургским государственным железнодорожным университетом (Россия), University of Birmingham (Великобритания), Xian Railway Engineering Staff University (Китай), Istanbul Technical University (Турция), Sapienza University of Rome (Италия), Dresden University of Technology (Германия), Delft University of Technology (Дания) и Stanford University (США).

Среди зарубежных ученых, внесших значительный вклад в теоретические и практические вопросы создания устройств и сетей железнодорожной радиосвязи, можно выделить Стивена В. Эллингсон, А.А.Танцюра, П.Р.Березовский, Н.И.Чистяков, Д.Н.Роенков, Дэвид Бейли, П.А.Плеханов, Н.В.Лаврентьев, В.Н.Листов, Ю.Я.Меремсон, Н.В.Головин, П.И.Художитков, Бьорн Оттерстен, А.В.Елизаренко, А.М.Вериго и других. В нашей стране ученые, такие как А.А.Халиков, В.А.Кривопишин, Ж.Ф.Курбанов, Б.А.Давлетяров, Н.В.Яронова, В.М.Закиров, С.С.Халиков, О.А.Мирсагдиев, Г.А.Бекбаев, О.Х.Уроков, А.А.Саитов и другие, также

¹ Указ Президента Республики Узбекистан №УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» от 28 января 2022 года.

активно занимаются научной работой, направленной на улучшение систем связи на железнодорожном транспорте.

В научных работах вышеперечисленных исследователей недостаточно уделено внимание вопросам полного контроля систем поездной радиосвязи на железнодорожном транспорте, дистанционного анализа, передачи полученных результатов в режиме онлайн поездному диспетчеру и электромеханикам участка с применением современных элементов, а также вопросам локализации.

Взаимосвязь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где была выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательского плана Ташкентского государственного транспортного университета по хозяйственному договору №23/2023 на тему «Разработка методики мониторинга и управления цифровой системой DMR стандарта в АО «Узбекистон темир йуллари»» (2023г.).

Целью исследования является совершенствование сети радиосвязи железнодорожного транспорта на основе современных технологий.

Задачи исследования:

исследование современного состояния и проблем проводной и радиосвязи в сети оперативно-технологической связи;

совершенствование методов непрерывной цифровой радиосвязи между машинистами поездов, дежурным по станции и поездным диспетчером на основе технических требований к устройствам и оборудованию железнодорожной радиосвязи;

разработка математических моделей, алгоритмов работы и программного обеспечения для передачи голосовых сообщений без прерываний в цифровой радиосети;

разработка практических рекомендаций по защите от несанкционированного обмена данными и преднамеренных нарушений при передаче сообщений в оперативно-технологической радиосети;

создание цифровых радиосетей с отказом от аналоговых радиосистем и локализация данных с целью повышения их надежности и безопасности.

Объектом исследования является сеть поездной радиосвязи на железнодорожных участках.

Предметом исследования являются методы, модели и программное обеспечение для оценки надежности работы сети оперативно-технологической радиосвязи.

Методы исследования. В ходе исследования были использованы методы системного анализа, математического моделирования, метод топологического преобразования стохастических сетей и логико-вероятностная модель расчета надежности работы сети оперативно-технологической радиосвязи.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

совершенствован метод цифровой радиосвязи между машинистами подвижного состава, дежурными по станциям и поездным диспетчером путем резервирования и цифровизации оперативно-технологических сетей;

разработаны математические модели процесса непрерывной передачи голосовых сообщений с учетом анализа работы устройств цифровой радиосети и оптимального размещения цифрового ретранслятора;

повышена надежность передачи цифровых данных в оперативной технологической сети за счет дистанционного мониторинга состояния радиоустройств на основе логико-вероятностной модели;

разработан метод обеспечения безопасности обмена данными и передачи сообщений в оперативной технологической радиосети с использованием межсетевого экранирования, учитывающего воздействие факторов на цифровую радиосеть.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработано программное обеспечение интерфейса для контроля работоспособности радиосетей стационарных и локомотивных подвижных радиостанций на железнодорожных участках;

разработаны рекомендации по обеспечению кибербезопасности при несанкционированном обмене данными и передачей сообщений в оперативно-технологической радиосети при воздействии внешних факторов и преднамеренных нарушениях;

создана сеть передачи и приема данных между сервером и пользователями на основе интернет-протокола в сети оперативно-технологической радиосвязи.

Достоверность результатов исследования обоснована теоретическими методами, анализом проведенных экспериментальных исследований и созданными техническими решениями, а также соответствием результатов испытаний в лабораторных и эксплуатационных условиях.

Научно-практическая значимость результатов исследования.

Научное значение полученных результатов заключается в том, что принцип работы новой цифровой радиосистемы для всего подвижного состава и работников, связанных с движением поездов, был разработан на основе математических методов и отвечает требованиям энергоэффективности и кибербезопасности. Система создана на базе онлайн-платформы, учитывающей все показатели сети.

Практическое значение результатов исследования подтверждается разработкой программного обеспечения, которое объединяет проводные интернет-протоколы железнодорожного транспорта с новой системой на основе беспроводных цифровых стандартов радиосвязи, а также созданием рекомендаций по управлению движением поездов на железнодорожных участках через онлайн-мониторинг всех локомотивов и мобильных терминалов данного участка с использованием интерфейса на основе современных технологий интернет-протокола.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по совершенствованию сети радиосвязи железнодорожного транспорта на основе современных технологий:

разработан комплекс математических моделей распространения радиоволн в закрытом (ограниченном) пространстве для системы поездной радиосвязи, включающий: математическую модель оптимального размещения цифровых ретрансляторов, удовлетворяющую требованиям покрытия радиоволнами; математическую модель частотно-территориального планирования сети радиосвязи; алгоритм системы радиосвязи и математическую модель работы системы радиосвязи, которые применены в тоннеле «Ангрен-Пап» и на участках «Пап-1–Наманган–Андижан-2», принадлежащих АО «Узбекистон темир йуллари» (справка АО «Узбекистон темир йуллари» №01/1049-22 от 4 апреля 2022 года). В результате на основе разработанного математического моделирования было достигнуто увеличение функциональности и надежности сети, за счет построения технологически единой железнодорожной сети радиосвязи на железнодорожных участках, что позволило также повысить помехоустойчивость и точность передачи данных поездной радиосвязи;

применен метод мониторинга поездов с использованием радиостанций стандарта DMR, основанных на цифровой радиосвязи и данных GPS сигналов, позволяющий в онлайн режиме получать информацию поездному диспетчеру с подвижного состава на железнодорожном участке «Пап-1–Наманган–Андижан-2» (справка АО «Узбекистон темир йуллари» №01/1049-22 от 4 апреля 2022 года). Полученные результаты позволяют организовать радиосвязь на железнодорожном участке, повысить безопасность движения поездов, а также создать возможность для онлайн мониторинга и передачи данных в реальном времени поездному диспетчеру и электромеханикам.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были обсуждены на 3 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 20 научных работ, из которых 7 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией для публикации основных научных результатов диссертаций, 3 статьи в зарубежных журналах, 7 статей в сборниках республиканских и международных конференций, из которых 1 статья в базе Scopus, а также получено 4 свидетельства на программное обеспечение для ЭВМ от Агентства интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, приложений. Объем диссертации (основной текст) составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и необходимость исследований, описаны цели и задачи исследований, объекты и предметы, представлено соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, обоснованы научная новизна и практические результаты исследований, практическое применение полученных результатов, дана вся информация по опубликованным научным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «Исследование состояния и проблем существующих систем и устройств радиосвязи АО «Узбекистон темир йуллари»» в целях обеспечения взаимодействия и бесперебойного функционирования различных частей управления железнодорожным транспортом создана технологическая сеть радиосвязи (далее - сеть радиосвязи железнодорожного транспорта). Сеть радиосвязи акционерного общества «Узбекистон темир йуллари» (АО «УТЙ») представляет собой совокупность первичных и вторичных сетей для обеспечения радиосвязью предприятий, организаций и структурных подразделений железнодорожной компании.

Первичная сеть связи железнодорожного транспорта (рис. 1) включает оборудование узлов сети (УС), станций сети (СС) и линий передачи (ЛП). Она предназначена для организации стандартных каналов (трактов), установленных на территории всех шести региональных железнодорожных узлов (РЖУ), и является одной из крупнейших ведомственных сетей в стране.

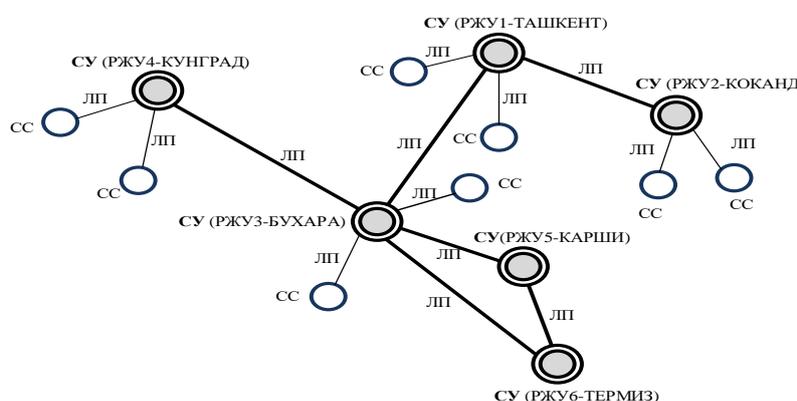


Рис. 1. Обзор организации первичной сети связи по РЖУ АО «УТЙ»

Первичная сеть АО «УТЙ» включает транспортный и технологический сегменты (рис. 2).

В основе транспортной сети лежат симметричные кабели, волоконно-оптические линии связи (в настоящее время проложено 1565 км), магистральная цифровая коммутационная сеть связи, радио- и радиорелейные каналы связи, синхронные цифровые иерархические системы передачи (STM-1, STM-4, STM-16, а также мультиплексоры Keumile UMUX-1500), цифровые узлы АТС (МиниКом DX-500 ЖТ) для мобильных

абонентов (РС-46МЦВ, РЛСМ, РС-46М, 42РТМ-А2-ЧМ, Motorola GP -300, РВ-1.1М и др.), не только для нужд АО «УТЙ», возможно, используется для информатизации обширных территорий страны, прилегающих к железной дороге. Были изучены существующие проблемы в ее системах и проанализированы условия функционирования сети оперативно-технологической радиосвязи (ОТРС), ее роль в организации технологического процесса АО «Узбекистон темир йуллари».

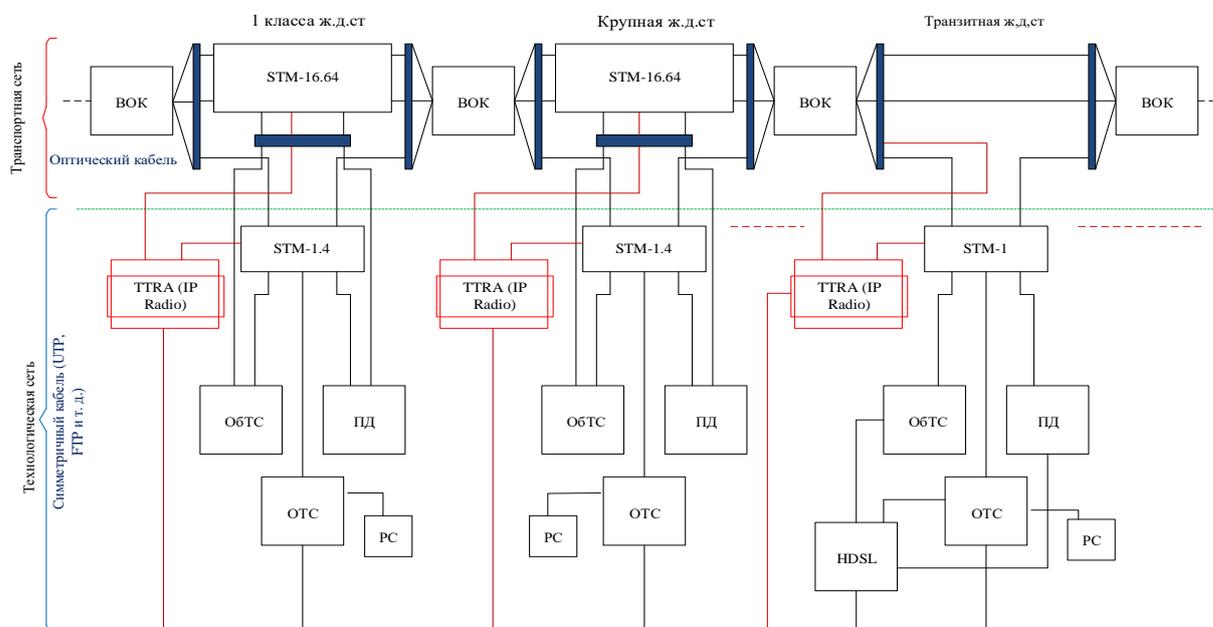


Рис. 2. Обобщенная схема организации первичной сети связи АО «УТЙ»

На основе проведенного анализа сформулированы основные требования к функционированию сети ОТРС-IP для новых железнодорожных участков «Пап-1–Наманган–Андижан-2».

Приведены основные варианты организации сетей ОТРС-IP на базе различных систем передачи и коммутационной станции. Предложено совершенствовать структуры сетей ОТРС с использованием стандарта DMR и организовать на их основе IP-радиосвязи. Приведены основные сценарии и протоколы установления соединения в IP-радио.

Проанализированы факторы, потенциально влияющие на сеть оперативно-технологической радиосвязи. Результаты анализа показывают, что при передаче информации в сетях ОТРС-IP целесообразно учитывать следующие основные факторы: перехват данных; отказ в обслуживании (DoS); взлом номеров и кража сервисов, а также сетевой спам.

В целях обеспечения качества телекоммуникационных услуг в сетях ОТРС на выбранных участках даны рекомендации по решению следующих конкретных задач:

- моделирование процесса функционирования сети ОТРС на основе IP-радиосвязи в условиях информационного воздействия;
- разработка методики расчета надежности сети ОТРС на основе IP-радиосвязи;

-при организации сети ОТС с использованием стандарта DMR требуется расчет экономической эффективности и необходимость совершенствования системы.

Во второй главе диссертации «Математическая модель процесса функционирования сети ОТС на основе цифрового радио в условиях информационного воздействия» рассматривается организация ОТС-IP на базе IP-сети на железнодорожных станциях с использованием сетевого протокола транспортного уровня в технологии ОТС-IP, позволяющий передающему устройству отправлять пакеты без ожидания подтверждения от принимающего устройства перед отправкой последующих пакетов. Данные ОТС-IP передаются так же, как аудио- или видеоданные через интернет. Потеря небольшого количества звуковых пакетов считается оптимальной и может быть компенсирована за счет использования механизма кодирования-декодирования и различных методов интерполяции речи, то есть восполнения недостающих звуков с помощью технологии DSP (Digital Signal Processing) – технологии, которая анализирует форму волны и прогнозирует недостающий звук. В таблице 1 приведены средние показатели субъективной оценки различных методов кодирования.

Таблица 1

Значения, подходящие для разных кодеков MOS (средняя оценка разборчивости речи)

Кодек	Скорость передачи, (Кбит/с)	Средняя оценка разборчивости речи	Размер кадра, (мс)
G.711 PCM	64	4,1...4,5	0,125
G.723 MP-MLQ ACELP	6,4	3,9	30
G.726 Multi-rate ADPCM	32/64	3,8 / 4,6	0,125
G.728 LD-CELP	16	3,8	0,625
G.729 CS-ACELP	8	4,0	10

Постановка задачи: пусть сеть ОТС-IP, которая передает пакеты, состоящие из IP-заголовка и кадра данных, созданного используемым кодеком (табл.1).

При организации сети в соответствии с качеством предоставляемых услуг определяются маршруты передачи. Предположим, что каждый маршрут состоит из m узлов и $m - 1$ участков, которые подвергаются компьютерным атакам.

Поскольку время передачи на участке определяется технической скоростью передачи R , а объем передаваемых данных - V , то $t_{\text{передача}} = \frac{V}{R}$. Где K_i – емкость запоминающего устройства в i -ом элементе сети; $\rho = \frac{\lambda_i}{\mu_i}$ – входная нагрузка, численно равная отношению интенсивностей приема λ_i пакетов передачи к μ_i (т. е. передаче на i -ом участке пути передачи); m – количество участков на маршруте с узлами $m-1$. Время передачи пакета по маршруту определяется по формуле (1):

$$t_{\text{передача},i} = \lim_{\lambda \rightarrow 0} \left[\sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{\mu_i} \cdot \frac{1 - (K_i + 1) \cdot \rho^{K_i + K_i \cdot \rho^{K_i + 1}}}{(1 + \rho^{K_i}) \cdot (1 - \rho)} \right] = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{\mu_i}, \quad R = \text{const.} \quad (1)$$

Предположим, что на сеть ОТС-IP осуществляется деструктивное информационное воздействие, при этом в сети могут успешно реализоваться n типов сетевых злоумышленников (СЗ), каждый из которых разрушает сеть с вероятностью P_i , $i = \overline{1, n}$ нарушает работу сети; т. е. создает условия, при которых качество передачи пакетов оказывается ниже оптимального уровня. Если сеть не повреждена, пакеты данных передаются за $t_{\text{передача}}$. В общем случае $t_{\text{передача}}$ представляет собою случайную величину с функцией распределения $B(t)$ (ФР). В случае сбоя сеть восстанавливается в случайное время $t_{\text{восст}i}$; ФР $\Delta_i(t)$, $i = \overline{1, n}$ со временем восстановления $i = \overline{1, n}$, а входящий пакет данных передается повторно.

Входящий поток пакетов данных встречается редко, при этом вероятность прихода следующего пакета в момент обслуживания предыдущего пакета незначительно мала, т. е. интенсивность такого потока стремится к нулю за случайное время обслуживания. За процессом СЗ можно наблюдать как во время передачи пакетов в сеть ОТС-IP, так и во время пауз между ними, количество мест ожидания передачи считается бесконечным. Требуется определить математическое ожидание \overline{T}_h и функцию распределения времени успешной передачи пакетов данных в условиях n типов СЗ.

Процесс функционирования IP-сети в радиосвязи, описанный в постановке задачи, в виде стохастической сети представлен на рис. 3.

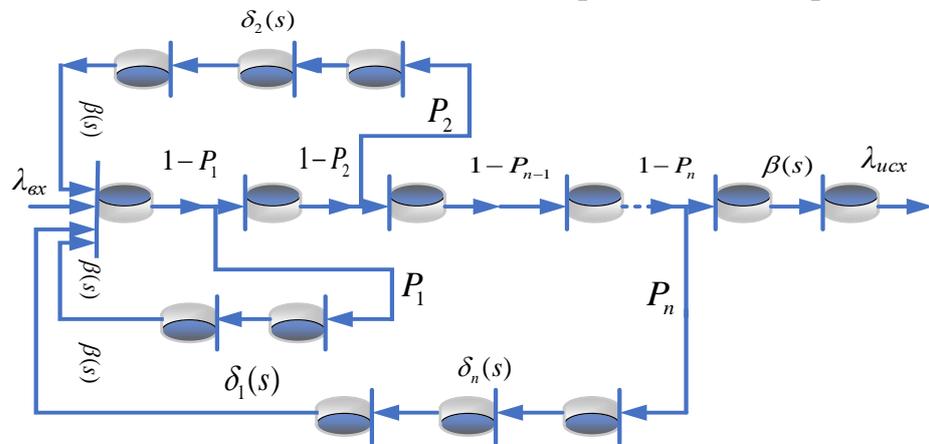


Рис. 3. Работа сети стохастических процессов в условиях n -го типа СЗ в сети ОТС-IP

В стохастической сети: $\beta(s)$ и $\delta_i(s)$ – вариации Лапласа-Стилтеса в соответствующих функциях распределения (2) означают ФР времени передачи пакета без учета деструктивного СЗ, то есть времени восстановления после i -го типа СЗ в «идеальных условиях»:

$$\beta(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} d[B(t)],$$

$$\delta_i(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} d[\Delta_i(t)], i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Используя уравнение Мейсона для замкнутых графиков, построим эквивалентную функцию стохастической сетки (3):

$$h_n(s) = \frac{k\beta(s)(\bar{d} + \bar{c} + s) \cdot \prod_{i=1}^n (1 - P_i)}{[1 - \beta(s) \sum_{i=1}^n P_i \delta_i(s) \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j)](\bar{d} + s)} = \frac{V(s)}{U(s)}, \quad (3)$$

где $\bar{d} = \sum_{i=1}^n t_{\text{восст.}i}^{-1} P_i$; $\bar{c} = \sum_{i=1}^n t_{\text{реализ.}i}^{-1} P_i$ – математические оценки интенсивности восстановления и реализации СЗ соответственно; $k = \frac{\bar{d}}{\bar{d} + \bar{c}}$ – возможность повторной передачи пакета и восстановления работоспособности элементов сети в процессе реализации следующей СЗ.

Для определения математического ожидания и функции распределения времени передачи, необходимо вычислить значение (3) производных полиномов состояний и знаменателя в точке $S=0$:

$$V'(s) = k \cdot \prod_{i=1}^n (1 - P_i) [\beta'(s)(\bar{d} + \bar{c} + s) + \beta(s)(\bar{d} + \bar{c})],$$

$$V'(0) = k(\bar{d} + \bar{c})(1 - \bar{t}_\beta) \cdot \prod_{i=1}^n (1 - P_i), \quad (4)$$

$$U'(s) = d \left[1 - \beta(s) \sum_{i=1}^n P_i \delta_i(s) \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j) \right] +$$

$$+ (\bar{d} + s) [-\beta'(s) \sum_{i=1}^n P_i \delta_i(s) \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j) - \beta(s) \sum_{i=1}^n P_i \delta_i'(s) \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j)],$$

$$U'(0) = \bar{d} \left[1 - (1 - \bar{t}_\beta) \sum_{i=1}^n P_i \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j) + \sum_{i=1}^n P_i \bar{t}_{\delta i} \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j) \right]. \quad (5)$$

Определяется математическим ожиданием времени передачи пакета в условиях СЗ ТБ (6):

$$\bar{T}_h = \frac{-d}{ds} \left[\frac{h_n(s)}{h_n(0)} \right]_{s=0}. \quad (6)$$

Изменив его на:

$$\bar{P} = \prod_{i=1}^n (1 - P_i); \bar{E} = 1 - \sum_{i=1}^n P_i \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j). \quad (7)$$

Получаем формулу (6) в следующем виде:

$$\bar{T}_h = \frac{\bar{P}}{(1 - \bar{E})^2} \cdot \left[\sum_{i=1}^n P_i \bar{t}_{\delta i} \cdot \prod_{j=1}^{i-1} (1 - P_j) + \bar{t}_\beta \right].$$

Соответственно, дисперсия определяется по этой формуле:

$$D[t_h] = h_1 - h_1^2 = \frac{d^2}{ds^2} \left[\frac{h_n(s)}{h_n(0)} \right]_{s=0} - \left[\frac{d}{ds} \left[\frac{h_n(s)}{h_n(0)} \right]_{s=0} \right]^2. \quad (8)$$

Чтобы получить функцию распределения времени передачи пакета, необходимо выполнить обратное преобразование, которое позволяет вычислить исходный $h_n(s)$ из его изображения $H_n(t)$. Чтобы проиллюстрировать описанный выше метод определения функции распределения времени доставки пакетов в сеть ОТС-IP рассмотрим следующую задачу. При реализации двух типов СЗ ОТС-IP представляет

собой семейство функций распределения времени передачи пакетов, представленных на рис.4. В ходе расчетов были получены следующие результаты:

- среднее время передачи пакета данных $V = 10 \text{ Mbit}$ между соответствующими узлами равно 1с;
- после успешного внедрения СЗ среднее время восстановления сети ОTRC-IP варьируется в пределах $t_{восст_1} = 3 \dots 5 \text{ с.}$ и $t_{tik_2} = 2,5 \dots 4 \text{ с.}$, соответственно;
- среднее время реализации СЗ соответственно равны $t_{реализ} = 50 \text{ с}$ и $t_{реализ} = 100 \text{ с}$;
- вероятность успешного внедрения СЗ принимает значения в диапазоне $0,08 \dots 0,8$.

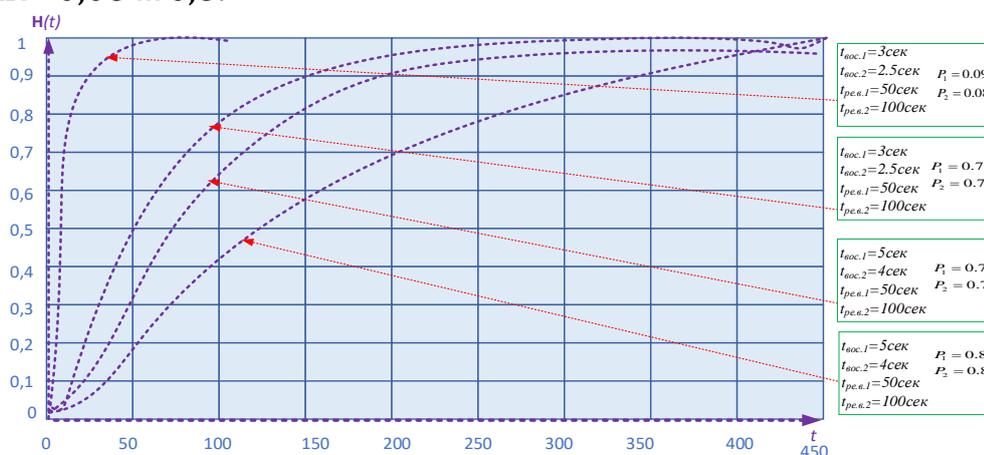


Рис. 4. Реализации двух типов СЗ семейство функций распределения времени передачи при ОTRC-IP-пакетов

В условиях реализации деструктивной СЗ в модели значительно возрастает роль эффективности системы управления информационной безопасностью сети ОTRC-IP, характеризующаяся временем восстановления после СЗ.

Поставлены задачи моделирования процесса функционирования сети ОTRC на основе цифровой IP-радиосистемы в условиях информационного воздействия. Для оценки модели был выбран математический аппарат-метод топологического преобразования стохастических сетей (МТПСС), выбор которого заключался в том, что исходные данные о выполнении отдельных операций кибер-воздействия были доступны только на уровне их средних значений. В результате моделирования были определены функции распределения времени реализации отдельных подпроцессов, на основе которых осуществлялось кибер-воздействие на сеть ОTRC-IP.

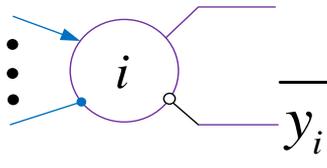
На основе IP-технологий в условиях информационного воздействия при передаче уникального (редко следующего) потока данных была разработана математическая модель процесса функционирования сети ОTRC, предлагаемая модель эффективна и чувствительна к изменениям исходных данных и позволяет определить среднее время, затрачиваемое на реализацию выбранного вида кибер-воздействия.

Разработана математическая модель процесса функционирования сети ОТС на основе IP-технологий в условиях информационного воздействия при передаче аналогичного потока данных. Предложенная модель работоспособна и чувствительна к изменениям исходных данных и позволяет определить среднее время, затрачиваемое на реализацию выбранного вида кибер-воздействия.

В третьей главе диссертации «**Методика расчета надежности сети оперативно-технологической радиосвязи на основе цифрового радио**» приведена структурно-функциональная схема узла радиосвязи железнодорожных станций (вокзалов), расположенных на участках «Пап-1–Наманган–Андижан-2», которые конструктивно схожи друг с другом. На примере блок-схемы узла радиосвязи железнодорожной станции «Наманган» построим логико-вероятностную модель расчета надежности работы. Блок-схема, обеспечивающая абонентов железнодорожных станций различными технологическими услугами радиосвязи, включает в себя пассивную ретрансляторную станцию (оптический кабель, межсоединения и т.д.) и активные элементы (радиостанции) сетевого оборудования (мультиплексор, маршрутизатор, коммутатор, серверно-технологический компьютер и многофункциональные терминалы радиосвязи). Основными элементами такой сети являются: коммутируемый сетевой шлюз, подключенный к сети с коммутацией пакетов, и узлы передачи данных: маршрутизаторы, коммутаторы и ретрансляторы. Основные графические обозначения, используемые в модели, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные графические обозначения, используемые при построении логико-вероятностной модели расчета надежности работы узла радиосвязи железнодорожной станции «Наманган»

Условные обозначение	Название	Цель
 x_i, p_i	функциональная вершина	представляет событие x_i , связанное с элементом i системы и происходящее с вероятностью p_i
	ложный холм (ложная вершина)	не выражает элементов системы, является вспомогательным, используется для выражения логических условий реализации функции в системе
	дизъюнктивная дуга	знаменатель, входящий в вершину, используется для представления логической операции «ИЛИ»
	конъюнктивная дуга	конъюнктивная дуга, входящая в вершину, используется для выражения логического действия «И»
	прямые и обратные выходы	прямые и обратные выходы дуг из вершин представляют собой условия реализации (y_i) и неисполнения (\bar{y}_i) выходных (интегральных) функций соответствующими элементами и подсистемами

На основе метода общей логической вероятности (ОЛВМ) учитывая типовые схемы узла радиосвязи, построена модель расчета работы узла связи железнодорожной станции «Наманган».

Надежность системы IP-радиосвязи определить сложно, в общем случае надежность системы (сети) ОTRC определяется надежностью ее составных элементов. Вероятность выхода из строя невозстановливаемого технического объекта определяется по формуле (9):

$$P(t) = e^{-\lambda \cdot t} \quad (9)$$

После определения функции распределения успешной реализации кибер-воздействий можно определить вероятность отказа ретранслятора и сервера сетевого элемента (10):

$$P(t) = \frac{1 - F_r(t)}{1 - F_r(t) + t_{tik} \cdot f(t)}, \quad (10)$$

где $F_r(t)$ – функция распределения успешного выполнения кибер-воздействий; t_{tik} – среднее время восстановления сетевого оборудования, то есть нейтрализации действий СЗ; $f(t) = \frac{\mu^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \cdot t^{\alpha-1} \cdot e^{-\mu \cdot t}$ – функция плотности, α, μ будут равны соответственно параметрам видимости и масштаба.

С помощью математической модели определим общую логику корректного функционирования сети ОTRC железнодорожной станции, которая в реальном выражении равна коэффициенту доступности узла радиосвязи (11):

$$K_{i.elem}(t_f) = f_{elem.T.Y.stA}(t_f) = f_{20}(t_f) \wedge f_{25}(t_f) \wedge f_{38}(t_f), \quad (11)$$

где $f_{20}(t_f)$ – t_f правильная работа станционной, местной, диспетчерской радиосвязи; $f_{25}(t_f)$ – t_f правильная работа станционной и диспетчерской радиосвязи; $f_{38}(t_f)$ – t_f хорошее поведение при передаче данных.

Как видно из рис. 5, при воздействии СЗ на сеть резко ухудшается ее рабочее состояние, график представлен в годовом масштабе. Показатель нормального состояния рассчитан на основе моделей надежности работы всех узлов радиосвязи на станциях, которые находятся в отделе центра оптоволоконной связи и в вычислительном центре железнодорожной сети АО «Узбекистон темир йуллари» (технические требования и методы управления). Были рассчитаны цифровые значения функции надежности оптоволоконных линий передачи (ОВЛП) во всех отделах, и была построена модель расчета работы сети ОTRC участка «Пап-1–Наманган–Андижан-2».

Разработана логико-вероятностная модель расчета надежности узла связи железнодорожной станции «Наманган» с учетом влияния на него сетевых элементов кибер-воздействий и дана оценка результату моделирования.

На участке «Пап-1–Наманган–Андижан-2» разработана логико-вероятностная модель расчета надежности сети ОTRC с учетом влияния на нее элементов сети кибер-воздействий, а также ее структурных особенностей. Произведена оценка результата моделирования и даны

дополнительные меры по ремонту-восстановительным работам для повышения коэффициента готовности, а также новые научно-технические предложения по организации сети и защите от кибер-воздействий.

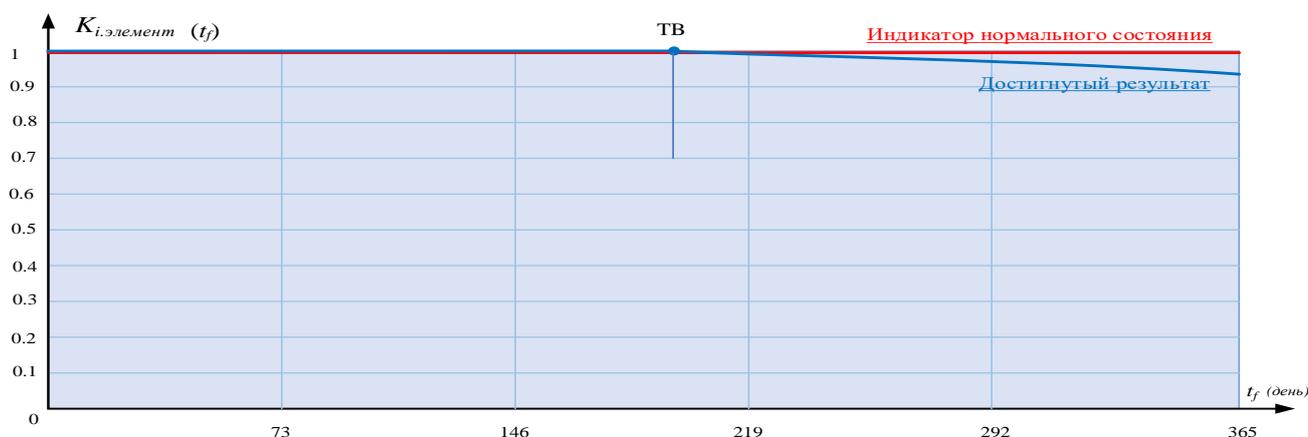


Рис. 5. Коэффициент готовности узла радиосвязи к работе на железнодорожной станции «Наманган»

На основе этой модели можно получить динамическое изменение надежности узла радиосвязи железнодорожной станции «Наманган» (рис. 6).

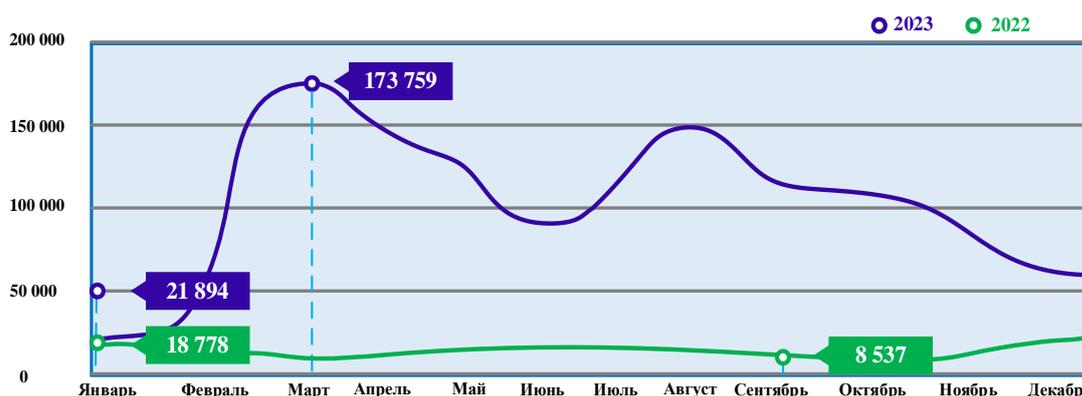


Рис. 6. Изменение диаграммы DDoS -атак по месяцам при реализации научно-технических решений, разработанных для участка «Пап-1–Наманган–Андижан-2» уровня готовности сети цифровой радиосвязи

В четвертой главе диссертации озаглавленной «Внедрение сети цифровой радиосвязи на железнодорожных участках на основе разработанной IP-сети», рассматриваются использования разработанных научно-технических решений для повышения надежности сети цифровой радиосвязи на участке «Пап-1–Наманган–Андижан-2». Изменение уровня готовности сети цифровой радиосвязи к работе в процессе DDoS-атак по месяцам представлено на рис. 6. Анализ полученного результата показывает, что практическое внедрение вышеуказанных научно-технических решений значительно повысит уровень надежности сети ОТПС на участке «Пап-1–Наманган–Андижан-2» с учетом дальнейшего совершенствования и возможных кибер-воздействий на ее сетевые элементы.

Полученный результат удовлетворяет уровню надежности, требуемому стандартами системы информационной безопасности, то есть среднее

количество и время отказов или сбоев в сетях диспетчерского уровня в годовом масштабе не превышает 10 минут.

При проектировании сети цифровой радиосвязи на участке «Пап-1–Наманган–Андижан-2» на основе различных систем цифровой передачи и коммутационных станций рассчитаны капитальные затраты, результаты которых представлены на схеме ниже (рис. 7).

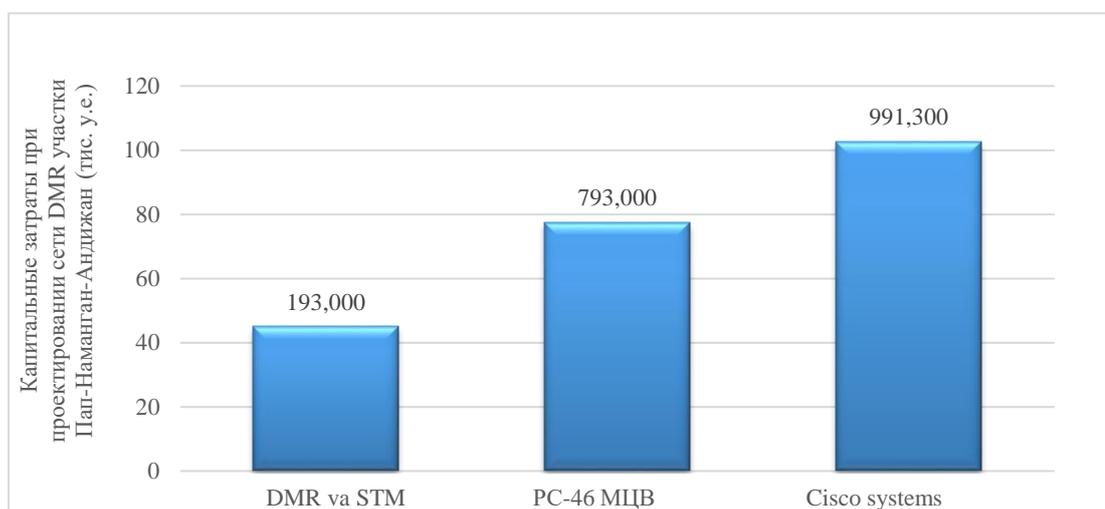


Рис. 7. Анализ результата расчета капитальных затрат при проектировании сетей цифровой радиосвязи на участке «Пап-1–Наманган–Андижан-2»

Предложены основные способы повышения кибербезопасности сети цифровой радиосвязи, с использованием межсетевого экрана, являющегося очень эффективным способом защиты сети цифровой радиосвязи от кибервоздействий.

При проектировании сети цифровой радиосвязи на участке «Пап-1–Наманган–Андижан-2» были рассчитаны экономические затраты и проведен сравнительный анализ при проектировании сети путем различных цифровых систем передачи и коммутационных станций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам научно-практических исследований и аналитических результатов по совершенствованию сети радиосвязи железнодорожного транспорта на основе современных технологий были представлены следующие выводы:

1. Исследованы современное состояние и проблемы проводной и радиосвязи в сети оперативно-технологической связи. В результате были определены требования, необходимые для организации оперативно-технологической радиосвязи на базе современных цифровых передающих и приемных стационарных, а также передвижных радиостанций в существующих сетях радиосвязи.

2. Создан метод анализа и прогнозирования сети радиосвязи на железнодорожных участках в режиме реального времени (онлайн) на основе

программного обеспечения с интерфейсом. В результате появилась возможность анализировать подвижной состав в режиме реального времени по его точному местонахождению в поездном диспетчерском центре.

3. Разработаны рекомендации по обеспечению кибербезопасности при нарушении посторонними факторами и умышленном нарушении несанкционированного обмена данными и переговоров в сети оперативно-технологической радиосвязи. В результате были разработаны рекомендации по использованию межсетевых экранов, как эффективного способа защиты сетей цифровой радиосвязи, основанных на интернет протоколов при передаче данных.

4. Показатели надежности оперативно-технологической радиосвязи сети обоснованы на основе метода логических вероятностей и метода топологического преобразования стохастических сетей. В результате были разработаны показатели надежности системы радиосвязи при передаче потоков данных в условиях информационного воздействия, с использованием метода логических вероятностей и метода топологического преобразования стохастических сетей, а также законов преобразования Лапласа. Разработанная модель эффективна и чувствительна к изменениям исходных данных, также была разработана система для определения среднего времени, затрачиваемого на реализацию выбранного типа кибервоздействия.

5. Разработано программное обеспечение интерфейса для контроля работоспособности радиосетей стационарных и подвижных локомотивных радиостанций на участках железной дороги. В результате появилась возможность онлайн-анализа работоспособности радиосети и передачи данных о выявленных неисправностях электромеханикам участка, что позволяет повысить безопасность движения поездов.

6. В сети оперативно-технологической радиосвязи создана сеть для передачи и приема данных между сервером и пользователями на основе интернет-протокола. В результате вопросы упорядочивания пакетов данных, их последовательной передачи и проверки данных были решены на основе сетевого протокола транспортного уровня.

7. Результаты исследования были внедрены на участке железной дороги «Пап-1–Наманган–Андижан-2», который находится в ведении АО «Узбекские железные дороги». В результате сокращение количества оборудования, составляющего радиосеть, уменьшение штата технического обслуживания и времени передачи данных, а также предварительный анализ неисправностей обеспечили безопасность движения поездов. Кроме того, модернизация радиосети железнодорожного транспорта на основе современных систем привела к общей экономической годовой эффективности в размере 214 млн. сумов.

**TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY
SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARDED
SCIENTIFIC DEGREES PhD.15/31.08.2022.T.73.01**

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

Khurramov Asliddin Shokir ugli

**IMPROVING THE RADIO COMMUNICATION NETWORK OF RAIL
TRANSPORT ON THE BASIS OF MODERN TECHNOLOGIES**

05.08.03 – Operation of railway transport

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

Tashkent – 2024

The theme of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and innovation of the Republic of Uzbekistan under №B2023.4.PhD/T4293.

The doctoral dissertation has been prepared at Tashkent State Transport University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the Scientific Council (www.tstu.uz) and on the web site of "ZiyoNet" Information and education portal (www.ziyo.net.uz). Boltaev Sunnatillo Tuimurodovich, Davronbekov Dilmurod Abduzhalilovich

Scientific supervisor:

Khalikov Abdulxak Abdulxairovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Davronbekov Dilmurod Abdudjalilovich
doctor of technical sciences, professor

Boltaev Sunnatillo Tuymurodovich
candidate of technical sciences, docent

Leading organization:

**Tashkent state technical university
named after Islam Karimov**

Defense of the dissertation will take place on 29.08.2024 at 16⁰⁰ o'clock at a meeting of Scientific Council at the Scientific Council PhD.15/31.08.2022.T.73.01 Tashkent state transport university. Address: 1, Temiryo'Ichilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone:(+998 71) 299-00-01, fax: (99871) 293-57-54, e-mail: rektorat@tstu.uz

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information - Resource Center of the Tashkent state transport university (Registration number-181). Address: 1, Temiryo'Ichilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+998 71) 299-05-66.

Abstract of dissertation was distributed on 17-august 2024 year.
(mailing record №45 on 17 august 2024 year).



N.M.Aripov
Chairman of Scientific Council
on awarding scientific degrees,
doctor of sciences in technics, professor

Sh.M. Suyunbaev
Scientific secretary of the Scientific Council
on awarding scientific degrees,
doctor of sciences in technics, professor

M.X.Rasulov
Chairman of this scientific seminar under scientific council
on awarding scientific degrees,
candidate of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research is to improve the radio communication network of railway transport based on modern technologies.

Tasks of the research: research on the modern state and problems of wired and radio communication tools in a fast technological communication network;

improvement of continuous digital radio communication methods between the moving Machinists and the station watchman and the train dispatcher based on the technical requirements for railway radio communication devices and equipment;

development of mathematical models, performance algorithms and software of the process of transmission of voice speakers without interruptions for research on the operation of digital radio communication network devices;

development of practical recommendations for the protection of intentional violations in the exchange of unauthorized data and transmission of speech in the fast technological radio communication network;

data transmission aims to abandon and localize analog radio communication devices by creating digital radio communication networks and determining its reliability and safety indicators.

Object of study is the train radio communication network on railway sections.

Scientific novelty of the research is as following:

the method of digital radio communication between the drivers of rolling stock, the station attendant and the train dispatcher has been improved by reserving and digitalizing operational technological networks;

mathematical models of the process of continuous voice transmission have been developed, taking into account the analysis of the operation of digital radio network devices and the optimal placement of a digital repeater;

the reliability of digital data transmission in the operational technological network has been improved based on the logical-probabilistic model of the developed communication network, which allows remote analysis of the operating state of radio communication devices;

a method has been developed to ensure the security of data and speech exchange on operational technological radio communication lines by shielding between networks, taking into account factors affecting the digital communication network.

The structure and volume of the research work. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of literature, and applications. The volume of the thesis is 120 pages.

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

I bo'lim (часть I, part I)

1. Халиков А.А., Хуррамов А.Ш. Анализ электромагнитной совместимости и методы разработки частотного плана // Universum: Технические науки: Раздел-09. Радиотехника и связь. Москва – 2022. № 8(101). – С. 36-39 (02.00.00. №1).

2. Халиков А.А., Хуррамов А.Ш. Расчет сетки рабочих частот системы технологической радиосвязи на железнодорожном транспорте // Universum: технические науки: Раздел-09. Радиотехника и связь электрон. научн. журн. Москва –2022. Ч-1. № 9(102). – С. 53-56 (02.00.00. №1).

3. Халиков А.А., Хуррамов А.Ш., Ураков О.Х. IP-тармоқ асосидаги тезкор технологик радио алоқа тармоғи ишончилигини ҳисоблаш методикаси // Muhammad Al-Xorazmiy avlodlari, №1(23)/2023. 125-132 б. (05.00.00. №10)

4. Xalikov A.A., Xurramov A.Sh., O'roqov O.X. "O'zbekiston temir yo'llari" AJning "Pop-Namangan-Andijon" elektrlashgan temir yo'l uchastkasida tezkor texnologik radioaloqa (TTRA) raqamli tarmoqlarini tashkil qilish. Raqamli Transformatsiya va Sun'iy Intellect ilmiy jurnali. Volume 2, Issue 1, February 2024. 17-26 б. (05.00.00. №ОАК Раёсатининг 2023-йил 4-июлдаги 340/3-сон қарори).

5. Xalikov A.A., Xurramov A.Sh. "Pop-Namangan-Andijon" uchastkasida raqamli radioaloqa tarmog'ini tashkil etish sxemasini ishlab chiqish va loyihalashda iqtisodiy xarajatlarni hisoblash // Muhammad Al-Xorazmiy avlodlari. №2024. 1/27 206-211 б. (05.00.00. №10).

6. O'roqov O.X., Xolboyev Sh.F., Xurramov A.Sh. Temir yo'l uchastkalarida poyezd radioaloqasini tashkil qilishda raqamli mobil tizimlarini joriy qilish // Muhammad al-Xorazmiy avlodlari, №1(27), 2024. 140-143 б. (05.00.00. №10).

7. Хуррамов А.Ш., Ураков О.Х., Ирагашев Н.Н. Анализ и оценка факторов, влияющих на сеть оперативной технологической радиосвязи на основе IP-радиотерминалов // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2024. – № 5. – С. 26-29. (05.00.00. №82).

II bo'lim (часть II, part II)

8. Халиков А.А., Хуррамов А.Ш., Мусамедова К.А., Ураков О.Х. Организация сети оперативно-технологической связи на базе МИНИ КОМ DX-500 ЖТ // Научный альманах. Тамбов – 2020. №3-1(65). – С. 136-141.

9. Халиков А.А., Хуррамов А.Ш. Гектометрли диапазонда поездли радиоалоқа тармоқларини ҳисоблаш ва уларга қўйиладиган талаблар. // Журнал «Интернаука» № 7 (136), часть 2, 2020 г. – С. 54-56.

10. Khalikov A.A., Khurramov A.Sh. Reserve in the system of technological radio communication // Журнал «Вопросы устойчивого развития общества» № 8, 2022. – С. 1106-1114.

11. Халиков А.А., Хуррамов А.Ш. Развитие сети железнодорожной радиосвязи с применением технологии цифровой подвижной радиосвязи / International scientific journal «Global science and innovations 2022: central asia». Astana, Kazakhstan, september 2022. Том I. – С. 17-21.

12. Khalikov Abdulxak, Khurramov Asliddin, Urokov Olim, Rizakulov Sherzod. A mathematical model of the operation process of a radio communication network based on IP technologies in the conditions of information impact during the transmission of a non-repetitive data stream / E3S Web of Conferences 420, 03022 (2023) / Scopus. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342003022>

13. Халиков А.А., Хуррамов А.Ш. Поезд радиоалоқасини ташкил этиш масалалар / Хорижий олимлари иштирокидаги республика илмий – техника анжумани мақолалари тўплами. Тошкент: ТДТрУ (2020 йил. 3-4декабрь). 259-262 б.

14. Халиков А.А., Хуррамов А.Ш., Мусамедова К.А. Радиосистемы на железнодорожном транспорте / VI (XXI) Всероссийская научно-техническая конференция студентов и аспирантов 2021 “Молодая мысль – развитию энергетики”. 12-14 апрель. – С. 217-224.

15. Xalikov A.A., Xurramov A.Sh. Temir yo‘l transportida texnologik radiostansiyalarning radio shovqinlarini tahlil qilish / Formation of psychology and pedagogy as interdisciplinary sciences: a collection scientific works of the International scientific conference (14 June, 2022). Issue 10. – P. 423-430.

16. Халиков А.А., Хуррамов А.Ш. Техничко-экономическое сравнение вариантов организации радиосвязи на железнодорожном транспорте / A collection of scientific works of the international scientific online conference (13rd august, 2022) – Netherlands, Amsterdam: CESS, 2022. part 7. – P. 136-138.

17. O‘roqov O.X., Xurramov A.Sh. Raqamli Mobil Radio (RMR) tizimini monitoring qilish va boshqarish uchun raqamli kod / O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi. № DGU 26807. 03.08.2023 y.

18. O‘roqov O.X., Xurramov A.Sh. ARM-@telegram.uz tizimini yaratish, monitoring qilish va boshqarish uchun raqamli kod dasturiy ta‘minoti / O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi. № DGU 31498. 12.12.2023 y.

19. Irgashev N.N., Ro‘zimov O.O., Xurramov A.Sh. Aloqa liniyalaridagi yuklamalar va qoldiq yuklamalarni hisoblash uchun raqamli kod dasturiy ta‘minoti. O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi. № DGU 32123. 23.12.2023 y.

20. Xalikov A.A., Xurramov A.Sh. IP radiotarmoqda server va klient dasturlari asosida ma‘lumotlar uzatish va qabul qilish uchun dasturiy ta‘minoti / O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi intellektual mulk agentligi. № DGU 32481. 08.01.2024 y.

Avtoreferat “Transport xabarnomasi” ilmiy-amaliy jurnali tahririyatida
tahrirdan o‘tkazildi va matnlarni mosligi tekshirildi (02.07.2024-y).

Qog‘oz bichmi 84x60 1/16. Rizograf bosma usuli Times New Roman garniturasini.
Shartli bosma tabog‘i: 3 b.t. Adadi: 100 nusxa. Buyurtma № 43-21/2024
Nashrga ruxsat etildi: 17.08.2024y.

Toshkent davlat transport universitetida chop etilgan.
Manzil: 100167, Toshkent shahar, Temiryo‘lchilar ko‘chasi, 1-uy.