

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.13/30.12.2019.Т.07.02 РАҚАМЛИ ИЛМЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

НОРМУРОДОВ АКБАР ДОНИЯРОВИЧ

ҚИШЛОҚ ОПТИК АЛОҚА ТАРМОҚЛАРИ ЛОЙИХАВИЙ
ИШОНЧЛИЛИГИНИ ТАЪМИНЛАШ УСУЛЛАРИ

05.04.01 – Телекоммуникация ва компьютер тизимлари, телекоммуникация тармоқлари ва қурилмалари. Ахборотларни тақсимлаш

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2021

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)
илмий даражасини олиш учун автореферат мундарижаси**

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

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

Нормуродов Акбар Дониёрович

Қишлоқ оптик алоқа тармоқлари лойиҳавий ишончилигини таъминлаш усуллари.....3

Нормуродов Акбар Дониёрович

Методы обеспечения проектной надежности сельских оптических сетей связи.....21

Normurodov Akbar Doniyarovich

Methods of ensuring project reliability of rural optical communication nets.....39

Эълон қилинган илмий ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....43

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSс.13/30.12.2019.Т.07.02 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

НОРМУРОДОВ АКБАР ДОНИЯРОВИЧ

ҚИШЛОҚ ОПТИК АЛОҚА ТАРМОҚЛАРИ ЛОЙИХАВИЙ
ИШОНЧЛИЛИГИНИ ТАЪМИНЛАШ УСУЛЛАРИ

05.04.01 – Телекоммуникация ва компьютер тизимлари, телекоммуникация тармоқлари ва қурилмалари. Ахборотларни тақсимлаш

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.2.PhD/T2219 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.tuit.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида (www.ziyo.net) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	Берганов Искандар Раҳманович техника фанлари номзоди, доцент
Расмий оппонентлар:	Давронбеков Дилмурод Абдужалилович техника фанлари доктори, профессор Гулямов Шухрат Маннапович техника фанлари доктори, профессор
Етакчи ташкилот:	Ўзбекистон Республикаси Мудофаа вазирлиги ахборот-коммуникация технологиялари ва алоқа ҳарбий институти

Диссертация ҳимояси Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc.13/30.12.2019.T.07.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил 24 декабрдаги соат 10⁰⁰ даги мажлисида ZOOM платформаси орқали **on-line** шаклда бўлиб ўтади. **Zoom идентификатори: 330 044 4963; Код: 1.** (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-65-44; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

Диссертация билан Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (232 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100202, Тошкент, Амир Темур кўчаси, 108-уй.Тел.:(+99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2021 йил “ 10 ” декабр да тарқатилди.

(2021 йил “ 9 ” декабр даги 7 рақамли реестр баённомаси)



И.Х.Сиддиков
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
т.ф.д., профессор

Х.Э.Хужаматов
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби,
техника фанлари бўйича
фалсафа доктори (PhD), доцент

М.М.Мухитдинов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда замонавий ахборот-коммуникация технологияларини давлат ва жамият бошқаруви фаолиятининг барча соҳаларига кенг жорий этиш, самарали фойдаланиш, олис аҳоли яшаш жойларида яшаётган фуқароларнинг ахборот олишга доир истакларини рўёбга чиқаришга мўлжалланган қишлоқ оптик алоқа тармоқлари лойиҳавий ишончлилигини таъминлашга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Энг долзарб бўлган ишлар, қишлоқ телекоммуникация тармоқларининг ўтказувчанлик қобилиятини ошириш, лойиҳавий ишончлилигини таъминлаш усулларини ишлаб чиқиш, моддий-техник базасини изчил такомиллаштириш ва тизим фаолиятини тартибга солувчи қонун ҳужжатларини бугунги кун талабларидан келиб чиққан ҳолда такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада жаҳоннинг ривожланган мамлакатларида, жумладан АҚШ, Канада, Германия, Жанубий Корея, Хитой, Хиндистон ҳамда Россия Федерациясида ва бошқа давлатда қишлоқ телекоммуникация инфратузилмаси, маълумотларни узатиш тармоқларини модернизация қилиш, ҳамда улар асосида кенг полосали интерфаол хизматлар кўрсатишни таъминлаш усулларини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланмоқда.

Жаҳонда оптик толали алоқа тармоқларидан фойдаланиш, тармоқларини ривожлантиришга салбий таъсир этувчи омилларни бартараф этиш, кенг полосали хизматларнинг оммабоплигини таъминлашга хизмат қиладиган зарур инфратузилмани яратиш, эксплуатация қилишда уларнинг лойиҳавий ишончлилигини самарали техник хизмат кўрсатиш орқали таъминлашнинг илмий асосларини яратишни кенгайтиришга қаратилган илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Шу билан бир қаторда, ёш авлоднинг ахборотга бўлган интеллектуал талаб ва эҳтиёжларини қондириш мақсадида истиқболли тармоқ ресурсларини тўғри танлаш, лойиҳавий ишончлилигини узоқ вақт ўзгаришсиз таъминлаш муаммо ҳисобланади. Қишлоқ оптик алоқа тармоқлари лойиҳавий ишончлилигини таъминлаш, зарур техник ва технологик мезонларни ишлаб чиқиш ҳамда симли уланишнинг энг машҳур ва истиқболли воситаларидан бири сифатида пассив оптик технологиядан фойдаланиш долзарб ҳисобланмоқда.

Республикамызда ҳам оптик алоқа тармоқлари лойиҳавий ишончлилигини таъминлашни эътиборга олувчи усуллар, кадрларни тайёрлаш, қайта тайёрлаш ва малакасини оширишни ташкил қилиш, дастурий маҳсулотлар ишлаб чиқиш, улардан фойдаланиш қамровини кенгайтириш ва такомиллаштириш чора-тадбирлари амалга оширилиб кенг кўламли илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. 2020-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида қуйидаги вазифалар белгиланган: “...иқтисодиётда, ижтимоий соҳада, бошқарув тизимларида ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш, ...илмий - тадқиқот ва инновация фаолиятини рағбатлантириш,... илмий-тадқиқот ва инновация фаолиятини мустаҳкамлаш,

самарали илмий-инновацион ютуқларни амалиётга жорий этиш...”¹. Ушбу вазифаларни бажариш, хусусан, қишлоқ оптик алоқа тармоқларининг лойиҳавий ишончилигини таъминлаш усуллари ишлаб чиқиш ва тадқиқ қилиш муҳим вазифалардан ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги ПФ-4947-сон Фармони, 2017 йил 26 майдаги ПҚ-3012-сон, “2017-2021 йилларда қайта тикланувчи энергетикани янада ривожлантириш, иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳада энергия самарадорлигини ошириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида”ги, 2019 йил 22 майдаги ПҚ-4329-сон “Ўзбекистон Республикаси аҳоли пунктларида телекоммуникация инфратузилмасини жадал ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги қарорларида ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантиришнинг асосий вазифалари ҳамда фаолият йўналишлари белгилаб берилган. Бу йўналишларда ҳамда мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда мамлакатимизнинг олис ҳудудларида яшаётган фуқароларнинг ахборот-коммуникация технологиялари хизматларидан фойдаланиш имкониятини кенгайтиришга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Ушбу тадқиқот фан ва технологиялар ривожланишининг IV “Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш” устувор йўналишларига мувофиқ амалга оширилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Қишлоқ оптик алоқа тармоқлари лойиҳавий ишончилигини таъминлаш усуллари ишлаб чиқиш ва яратишга йўналтирилган илмий тадқиқот ишлари жаҳоннинг етакчи илмий марказларида ва олий таълим муассасаларида, жумладан, RWTH Aachen University (Германия), Пекин почта ва телекоммуникация университети (Хитой), Inha University (Корея), Украина Давлат телекоммуникация университети, Kyushu University (Япония), Бонч-Бруевич номидаги Санкт-Петербург Давлат телекоммуникация университети, “Марказий алоқа илмий-тадқиқот институти, Сибирь Давлат телекоммуникация ва информатика университети, Москва алоқа ва информатика техника университети (Россия) ва Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университетларида (Ўзбекистон) олиб борилмоқда. Қишлоқ телекоммуникация тармоқларининг лойиҳавий ишончилигини ошириш масалаларини ишлаб чиқиш бўйича бир қатор таниқли хорижий олимлар ва муҳандислар, жумладан, R.Friman² (Буюк

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони

² Р.Фриман. Волоконно-оптические системы связи, 3-е доп.издание. -М.: Техносфера. -2006. -496 с.

Британия), Е.Б.Алексеев³ (Россия), Е.Б.Гаскевич⁴ (Россия), И.Е.Никульский⁵ (Россия), А.Б.Никитин⁶ (Россия) ва бошқа таниқли олимлар катта хисса кўшганлар.

Шунингдек, Республикамизда қишлоқ телекоммуникация тармоқларининг лойиҳавий ишончилигини ошириш ва уларни узлуксиз электр энергияси билан таъминлаш бўйича бир қатор таниқли олимлар И.Р.Берганов⁷, М.М.Мухитдинов⁸, Б.Махкамжанов, И.Х.Сиддиков⁹, Х.Э.Хужаматов, Р.И.Исаев¹⁰ лар томонидан илмий изланишлар олиб борилиб етарли даражада назарий ва амалий натижаларга эришилган.

Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, қишлоқ оптик толали алоқа тармоқларининг лойиҳавий ишончилигини узоқ муддат сақлашга тўсқинлик қилувчи салбий омиллар таъсирлари, уларни бартараф этиш усуллари, техник хизмат кўрсатишни самарали ташкил этиш, шунингдек қишлоқ оптик алоқа тармоқлари ресурсларини мақбул шакллантириш моделлари ва алгоритмларини ишлаб чиқишга бағишланган илмий усуллар етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқотлари Тошкент ахборот технологиялари университети илмий тадқиқот ишлари режасининг №БВ-А3-027 “Мустақил энергия манбали бинонинг электр таъминотини бошқариш тизимини ишлаб чиқиш ва жорий этиш” (2017-2018), №БВ-Атех-2018-271 “Ўзбекистонда замонавий ахборот-коммуникация технологияларни тадбиқ этиш муаммолари ва унда ахборотлашган иқтисодиётнинг ўрни” (2018-2020) мавзуларидаги илмий лойиҳалар доирасида амалга оширилган.

Тадқиқотнинг мақсади қишлоқ оптик толали телекоммуникация тармоқлари лойиҳавий ишончилигини таъминлаш усулларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

мавжуд қишлоқ телекоммуникация тармоғининг техник ҳолатини статистик таҳлил қилиш;

³ Е.Б.Алексеев. Основы проектирования технической эксплуатации транспортных сетей на базы ЦСП и ВОСП. Москва.-2012.-240 с.

⁴ Е.Гаскевич. Проблемы строительства воздушных сетей ФТТН в частном секторе // Первая миля. -2019. - №3. -56-65 с.

⁵ И.Е.Никульский, О.П.Чекстер, О.А.Степулёник. Электропитание оконечных устройств GPON // Вестник связи. -2013. -41-51 с.

⁶ А.В.Никитин, И.Е.Никульский, А.А.Филиппов. Особенности внедрения технологий PON на сети оператора, занимающего существенные рыночные позиции //Вестник связи. -2009. -№4. -18-24 с.

⁷ И.Р.Берганов, А.Д.Нормуродов. Задачи развития телеком-муникационной сети // Ахбороткоммуникациялар: тармоқлар-технологиялар-ечимлар. -2019. -№4 (52). 43-49 б.

⁸ М.М.Мухитдинов, А.Э.Арифжанов. О развитии сетей широкополосного доступа // Ахбороткоммуникациялар: тармоқлар-технологиялар - ечимлар. -2019. -№3(51). -19-23 с.

⁹ И.Х. Сиддиков., Х.Э. Хужаматов. Қайта тикланувчи энергия манбаларини ўз ичига олган гибрид энергия таъминоти тизимларининг бошқарувини моделлаштириш ва тадқиқ этиш // “ТАТУ хабарлари” илмий-техника ва ахборот-таҳлилий журнали. №3(39) - сон 2016 йил, 60-66 бетлар.

¹⁰ Р.И.Исаев. Устойчивость функционирования систем и сетей связи. Ташкент.: “Aloqachi”.-2017. -266 с.

қишлоқ телекоммуникация тармоғини қуриш учун истиқболли технологияни аниқлаш ва қурилиш топологиясини ишлаб чиқиш;

қишлоқ оптик алоқа тармоқларининг лойиҳавий ишончлилиги барқарорлигини таъминлаш усуллари аниқлашнинг аналитик ифодалари ва алгоритмини ишлаб чиқиш;

пассив оптик алоқа тармоғи абонент қурилмаларини электр энергияси билан узлуксиз таъминлашга хизмат қилувчи қуёш электр манбаси схемасини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида оптик толали қишлоқ телекоммуникация тармоғи олинган.

Тадқиқотнинг предметини қишлоқ оптик толали телекоммуникация тармоғининг ишончлилигини ошириш усуллари, модель ва алгоритмлари, кузатиш ва статистик таҳлил жараёни ташкил қилади.

Тадқиқотнинг усуллари. Диссертация ишида қўйилган масалаларни ечишда математик статистика назарияси, эҳтимоллар назарияси ва математик моделлаштириш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

йиғилган маълумотларни қайта ишлаш орқали телекоммуникация тармоғининг ишга яроқлилигини баҳолашнинг статистик модели ишлаб чиқилган;

қишлоқ оптик алоқа тармоқлари самарадорлигини оширишда PON-технологияли истиқболли топология ишлаб чиқилган ва тузилиш схемаси ривожлантирилган;

эксплуатация жараёнида қишлоқ оптик алоқа тармоқларининг лойиҳавий ишончлилигини таъминловчи аналитик ифодалар ва кабелларни профилактикадан ўтказиш вақти ҳамда давомийлигини аниқлаш алгоритми ишлаб чиқилган;

PON-технологияли қишлоқ оптик алоқа тармоқ абонент қурилмаларини барқарор ишлашини таъминловчи гибрид энергия таъминот манбаининг тузилиш схемаси ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

қишлоқ оптик алоқа тармоқларига киришни лойиҳавий ишончлилигини таъминлаш дастурий таъминоти ишлаб чиқилган;

қишлоқ телекоммуникация тармоқларига техник хизмат кўрсатиш тавсифларини оптималлаштиришни дастурий таъминоти ишлаб чиқилган;

абонент қурилмаларини электр энергияси билан узлуксиз таъминлашга хизмат қилувчи қуёш электр манбали схемаси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги таклиф қилинган ечимлар қишлоқ оптик алоқа кириш тармоқлари тузилиш тамойиллари, ҳозирги ҳолатда ишончлилиги қандай таъминланганлигини аниқлаш, лойиҳавий ишончлиликини оширишга хизмат қилувчи омилларни аниқлаш, профилактик хизмат кўрсатиш вақти, хизмат кўрсатишга кетган вақтни аниқлаш ва эҳтиёт қисмлар тўпламларини қулай шакллантириш имкониятини берадиган альтернатив ифодалари ҳосил қилинганлиги, шу билан бирга, назарий ва амалий натижаларнинг бир бирига мослиги тадқиқотларда олинган

натижалар умум қабул қилинган мезонларга мос келиши билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти оптик алоқа тармоқларига киришни лойиҳавий ишончилигини таъминлашга хизмат қилувчи усуллардан фойдаланиш, ишончиликни юқори даражада оширишни таъминлаши, тармоқнинг самарадорлигини ошириш омили бўлиши мумкинлиги, лойиҳавий ишончилиликни пасайтирувчи омилларни аниқлашни, лойиҳавий ишончилиликни эксплуатация жараёнида узок муддат сақлаб туриш учун хизмат кўрсатиш вақти, сони ва хизмат кўрсатишга кетган вақтни аниқлаш аналитик ифодалари, алгоритми ва абонент қурилмаларининг фақат ўзини электр таъминоти билан (автоном) таъминлаш учун қуёш электр манбаи схемаси ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти давлат ва фуқароларнинг барча эҳтиёжларига жавоб берадиган ишончли қишлоқ оптик алоқа тармоғи яратилганлиги, лойиҳавий ишончилигини таъминлашга хизмат қилувчи аналитик ифодалар ва оптик кабелни профилактикадан ўтказиш вақтини аниқлаш алгоритми ҳамда қуёш электр манбаи схемаси узлуксиз хизмат кўрсатишни таъминлаш имкониятини беради.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Қишлоқ оптик алоқа тармоқлари лойиҳавий ишончилигини таъминлаш усуллари бўйича олинган илмий натижалар асосида:

йиғилган маълумотларни қайта ишлаш орқали телекоммуникация тармоғининг ишга яроқчилигини баҳолашнинг статистик модели ҳамда оптик алоқа тармоқларидан фойдаланишни таъминловчи истиқболли технологияси Ўзбекистон Республикаси ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги ҳузуридаги корхоналарда хусусан, “Ўзбектелеком” АК Хоразм филиалига жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 09 февралдаги 33-8/930-сон маълумотномаси). Тадқиқот натижасида телекоммуникация тармоғи самарадорлигини техник хизмат кўрсатиш вақти ва давомийлигини қисқартириш орқали 0,3 % гача оширишга эришилган;

қишлоқ оптик алоқа тармоқлари самарадорлигини оширишда PON-технологияли истиқболли топологияси ҳамда PON-технологияли қишлоқ оптик алоқа тармоқ абонент қурилмаларини барқарор ишлашини таъминловчи гибрид энергия таъминот манбаининг тузилиш схемаси Ўзбекистон Республикаси ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги ҳузуридаги корхоналарда хусусан, “Ўзбектелеком” АК Қорақалпоғистон Республикаси филиалига жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 09 февралдаги 33-8/930-сон маълумотномаси). Тадқиқот натижасида абонент қурилмаларини электр таъминоти билан (автоном) таъминлаш орқали абонент қурилмаларини 100 % электр энергия билан таъминлашга ҳамда 100 км оптик кабелларни иқтисод қилишга эришилган;

эксплуатация жараёнида қишлоқ оптик алоқа тармоқларининг лойиҳавий ишончилигини таъминловчи аналитик ифодалар ва кабелларни профилактикадан ўтказиш вақти ҳамда давомийлигини аниқлаш алгоритми Ўзбекистон Республикаси ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги ҳузуридаги корхоналарда хусусан, “Ўзбектелеком” АК Тошкент филиалига жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 09 февралдаги 33-8/930-сон маълумотномаси). Тадқиқот натижасида оптик алоқа тармоқларига профилактик хизмат кўрсатишнинг давомийлигини (ҳажмини) аниқлаш, эҳтиёт қисмлар тўпламини тўғри шакллантириш ҳамда оптик алоқа тармоқларининг лойиҳавий ишончилигини эксплуатация жараёнларини 0,9999 га етказишга хизмат қилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Ушбу тадқиқот натижалари 2 та халқаро, 1 та республика илмий-техник ва илмий-амалий конференцияларида муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Тадқиқотлар мавзуси бўйича жами 15 та илмий ишлар чоп этилган, улардан 9 та мақолалар Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан тавсия этилган журналларда, шу жумладан 3 та хорижий, 6 та республика журналларида чоп этилган, шунингдек ЭҲМ учун дастурий маҳсулотларни рўйхатдан ўтказиш бўйича 2 та гувоҳномалар олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати, атамалар қисқартмаси ва иловадан иборат. Диссертациянинг ҳажми 119 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асослаб берилган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқот объекти ва предмети аниқланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси илм-фан ва технологиялар тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва олинган натижаларнинг илмий-амалий аҳамияти, тадқиқот натижаларини амалда жорий қилиш ҳолати ва диссертация мавзуси бўйича чоп этилган илмий ишлар ҳақида маълумотлар ҳамда диссертациянинг тузилиши ва кўлами, масаланинг умумий кўйилиши ҳақида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Оптик толали қишлоқ телекоммуникация тармоқлари лойиҳавий ишончилигининг таҳлили”** деб номланган биринчи бобида қишлоқ телекоммуникация тармоқлари (ҚТТ) курилишининг умумий тавсифи келтирилган, ҚТТ тармоқларидаги мавжуд камчиликлар қиёсий тадқиқ этилган. Қишлоқ телекоммуникация тармоғининг сифатини таҳлил қилиш учун қуйидаги мезонлар аниқланган.

Маълумки, телекоммуникация тармоғининг иш сифатини тавсифловчи асосий хусусиятлардан бири бу унинг ишончилиги ҳисобланади, каналлар

ва узатиш линияларининг беқарорлаштирувчи омилларнинг таъсирига (БОТ) қарши туриш қобилятини сақлаб қолиш хусусияти унинг яшовчанлиги ҳисобланади. Шу сабабли беқарорлаштирувчи омилларнинг телекоммуникация тармоқларига таъсири ички ва ташқи беқарорлаштирувчи омилларга бўлинади.

Ушбу бўлинишга кўра ички барқарорликни бузувчи омилларнинг таъсири телекоммуникация тармоғининг ишончлилигини таъминлаш муаммосини ҳал қилишгача камайишини, ташқи омиллар таъсири эса телекоммуникация тармоғининг яшовчанлигини таъминлаш муаммоси эканлигини таъкидлашга имкон беради.

Қишлоқ телекоммуникация тармоғининг узатиш линияларининг ишончлилик кўрсаткичи сифатида узатиш каналининг тайёрлик коэффиценти (K_{TK}) ишлатилади ва у қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$K_{TK} = \frac{T_{XK}}{T_{XK} + \tau_{KT}}, \quad (1)$$

бу ерда: T_{XK} - ҚТТ узатиш каналининг рад этмасдан ўртача ишлаш вақти; τ_{KT} - ҚТТ узатиш каналининг иш ҳолатига қайта тикланиш ўртача вақти.

Халқаро электр алоқа иттифоқининг G.827 тавсиясига кўра, маҳаллий телекоммуникация тармоғи узатиш каналининг ишончлилиги $K_T = 0,9999$ тенг деб меъёр белгиланган, йил давомида алоқа узилишининг давомийлиги 52,6 дақиқадан ошмаслиги керак.

Узатиш каналларининг яшовчанлиги кўрсаткичи сифатида узатиш каналининг K_{OTK} оператив тайёрлик коэффиценти қўлланилади ва у қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$K_{OTK} = P(t)K_{TK}, \quad (2)$$

бу ерда: $P(t)$ - ТБО (техник барқарорлаштирувчи омиллар) таъсиридаги телекоммуникация тармоқлари узатиш каналининг ишлаш қобилятини сақлаб қолиш эҳтимоллиги.

Қишлоқ телекоммуникация тармоғининг тоифасига нисбатан иш ҳолатда сақланиб қолиши ва беқарорлаштирувчи омиллар таъсиридан сўнг унда кутилаётган зарар даражасини баҳолаш 1-жадвалда келтирилган.

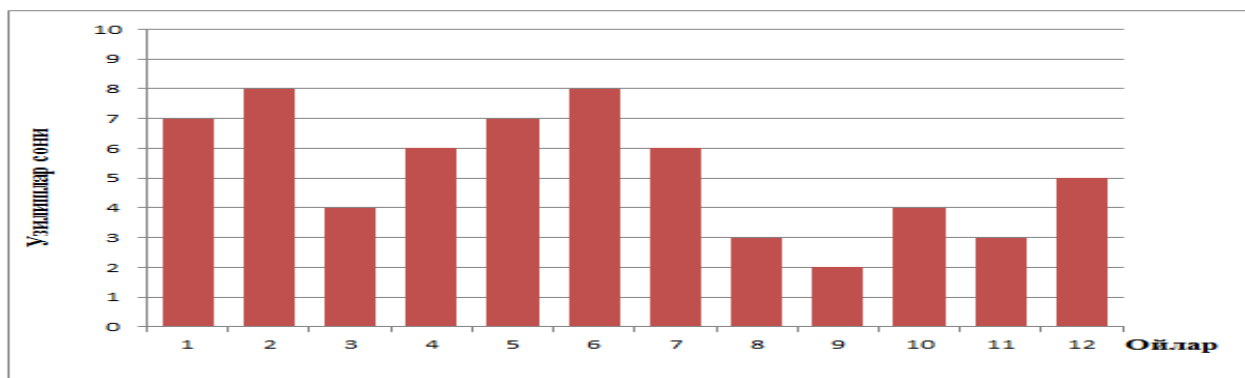
1-жадвал

Қишлоқ телекоммуникация тармоғининг яшовчанлигини баҳолаш

Зарар даражаси	ТБО таъсирининг ҚТТга етказадиган зарари, %	Турли тоифадаги махсус истеъмолчилар учун алоқа йўналишларидан фойдаланиш коэффиценти, K_{OTK}			Оддий истеъмолчилар алоқа каналлари учун K_{OTK}
		1	2	3	
Юқори	50% гача	0,20	0,75	0,7	0
Ўрта	30% гача	0,85	0,80	0,75	0
Паст	10% гача	0,9	0,85	0,8	0,2

Белгиланган ишончлилик талабининг қатъийлиги ҳар бир маҳаллий алоқа операторига барча абонентларга фавқулодда тезкор хизматларга қўнғироқ қилиш имкониятини тақдим этиш зарурати билан боғлиқ.

“Ўзбектелеком” АК Хоразм филиали Хонқа тумани аҳоли яшаш пунктидаги алоқа боғламасида 2019 йил давомида электр энергияси таъминотидаги узилишлари юзасидан олиб борилган тадқиқотлар статистик натижалари 1-расмда ва 2-жадвалда келтирилган.



1-расм. 2019 йил давомида электр энергияси билан таъминлашдаги узилишлар гистограммаси

Электр энергияси билан таъминлашдаги узилишлар гистограммаси қишлоқ телекоммуникация тармоқларининг мавжуд ҳолати ўзгарувчанлигини баҳолаш воситаси ҳисобланади ҳамда биринчи навбатда ҳал қилиниши керак бўлган муаммони аниқлашга хизмат қилади.

2-жадвал

Аҳоли яшаш жойидаги алоқа боғламасида 2019 йил давомида электр энергияси таъминотидаги узилишлар статистик маълумотлари

Ойлар	Электр энергиясининг узилишлари сони	Давомийлиги (соат)	Узилишлар давомийлиги (соат)
Январь	7	2,6,8,3,6,2,4	31
Февраль	8	2,2,4,2,2,6,4,4	26
Март	4	2,2,1,1	6
Апрель	6	4,11,4,2,6,5	32
Май	7	1,2,2,6,10,4,2	27
Июнь	8	4,6,4,2,8,4,2,4	34
Июль	6	12,4,8,2,6,4	36
Август	3	6,4,4	14
Сентябрь	2	2,3	5
Октябрь	4	2,8,4,3	17
Ноябрь	3	4,4,3	11
Декабрь	5	6,4,6,6,2	24
Йил давомида	63		263

Аҳоли яшаш жойидаги алоқа боғламасида электр энергияси таъминотидаги узилишларнинг сонли қаторлари рад этишларни йиғиш ва

қайта ишлаш, муҳокама қилиш ва қарор қабул қилишда асосий восита ҳисобланади.

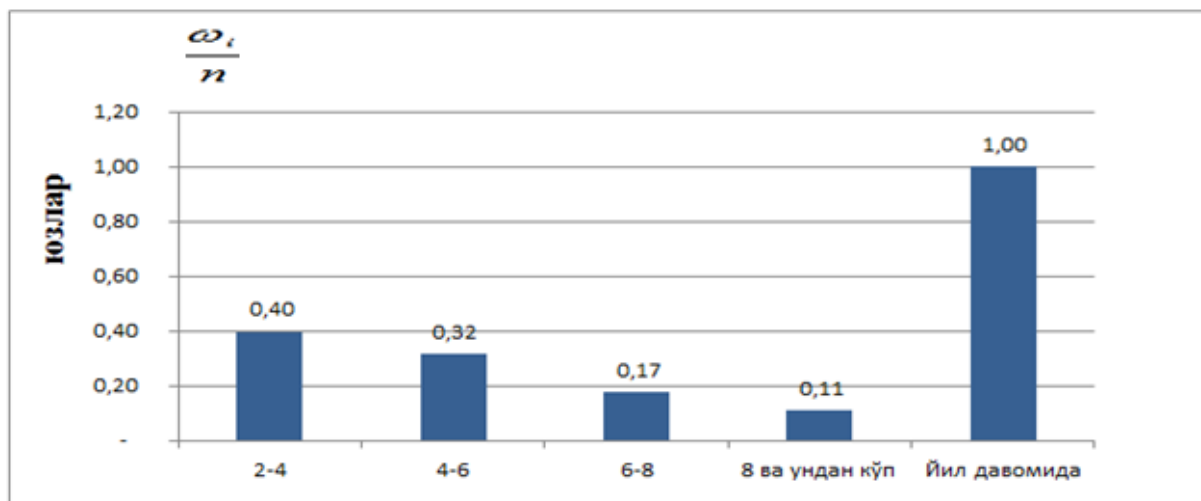
2019 йил давомида электр энергияси таъминотидаги муайян давомийликдаги узилишларнинг такрорланиш эҳтимоллиги тўғрисидаги маълумотлар 3-жадвалда ва ушбу маълумотлардан тузилган гистограмма 2-расмда келтирилган.

3-жадвал

Электр энергияси таъминотидаги муайян давомийликдаги узилишларнинг такрорланиш эҳтимоллиги (2019 йил)

Узилишлар оралиғи	ω_i	ω_i / n
2-4	25	0,40
4-6	20	0,32
6-8	11	0,17
8 ва ундан кўп	7	0,11
Йил давомида	63	1,00

бу ерда: n - узилишлар сони; ω - тасодифий катталиқдаги қийматларнинг такрорланувчанлиги.



2-расм. Электр энергияси таъминотидаги муайян давомийликдаги узилишларнинг такрорланиш эҳтимоллиги гистограммаси (2019 йил)

Олинган маълумотларни ўрганиш ва таҳлил қилиш натижасида қуйидаги хулосалар қилинди:

1. Алоқа марказларини электр энергияси билан таъминлаш муаммоли.
2. Қишлоқ телекоммутация тармоғи янги технологиялар ва инновацияларни кенгроқ жорий этиш орқали бошқа тармоқлар қатори тубдан модернизацияга муҳтож.

Диссертациянинг “Қишлоқ оптик толали телекоммуникация тармоқларини ривожлантириш вариантларини тадқиқ қилиш” деб номланган иккинчи бобида қишлоқ телекоммуникация тармоғини қуриш учун ишлатилиши мумкин бўлган технологиялар қиёсий таҳлили амалга оширилган; қишлоқ жойлари учун танланган пассив оптик толали тармоқ

технологиясининг хусусиятлари қайд этилган; оптик толали телекоммуникация тармоғининг ишлаши давомида лойиҳавий ишончилигини таъминлаш усуллари кўриб чиқилади.

Бугунги кунга келиб кириш тармоқларида фойдаланиш учун бир қатор технологиялар ишлаб чиқилган. Улардан энг кўп қўлланиладиганлари xDSL, Ethernet, Docsis ва PON технологиялари ҳисобланади.

Бу технологиялардан қишлоқ телекоммуникация тармоқларини қуриш учун энг муносиби PON (Passive optical network, *пассив оптик тармоқ*) ҳисобланади. Қишлоқ жойларида абонент киришини ташкил қилиш учун PON тармоқлари юқори даражада мос келади, бу кўплаб абонентларни минимал харажатлар билан кам сонли қурилмалар ва кабеллар орқали тармоқга улаш имконини беради.

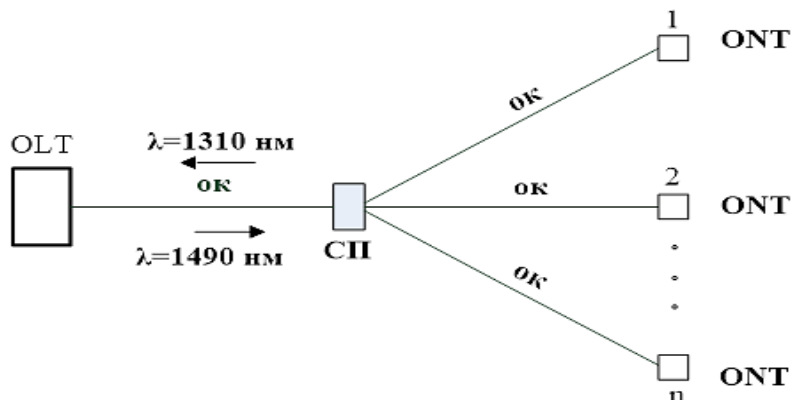
Бундай ҳолда, кўплаб абонентларга битта марказий OLT (Optical Line Terminal) хизмат кўрсатади. Оптик тола орқали узатиладиган маълумотлар ONT (Optical network Terminal) абонент қурилмаларига юборилади, улар гуруҳли сигналдан фақат ўзларига тегишли маълумотларни ажратиб олади.

Оптик толали тармоқлар бўйича ахборот узатиш технологияси оптик тармоқларнинг энг кам фаол компонентлари ва ресурсларидан фойдаланиш туфайли катта имкониятларга эга.

Оптик кириш тармоқларини қуришнинг тўртта: “нуқта-нуқта”, “ҳалқа”, “актив тугунли дарахт”, “пассив оптик тармоқланган дарахт” топологиялари мавжуд. Улардан қишлоқ телекоммуникация тармоқларини қуриш учун “дарахт” топологияси бошқаларга қараганда устунликка эга. У PON топологиясининг асоси бўлган “нуқта-кўп-нуқта” мантикий топологиясидан фойдаланади.

Ўнлаб абонентларни қамраб олган дарахтга ўхшаш архитектуранинг бутун сегменти марказий тугуннинг битта портига уланиши мумкин. Шу билан бирга, оралиқ дарахт тугунларида электр таъминоти ва техник хизмат кўрсатишни талаб қилмайдиган ихчам, тўлиқ *пассив оптик сплиттерлар* ўрнатилади.

Пассив оптик тармоқланган “дарахт” топологияси асосида қурилган PON тармоғи фрагменти модели 3-расмда келтирилган.



3-расм. Қишлоқ оптик кириш тармоғининг фрагменти модели

PON технологияси тежамкор ва қулай бўлиб, алоқа тугунлари сонини ва унинг ўтказувчанлигини осонгина оширишга имкон беради. Пассив оптик ажратгичлар (сплиттерлар) ихчам бўлиб, электр таъминоти ва техник хизмат кўрсатишни талаб қилмайди.

Ҳозирги вақтда барча PON стандартлари орасида энг оммабоп ва истиқболлиси GPON (Gigabit Passive Optical Network, гигабитли пассив оптик тармоқ) стандарти ҳисобланади. Бу тармоқларни аҳоли кам бўлган ҳудудларда жойлаштириш осон ва кенг полосали кириш тармоқларнинг имкониятларини кенгайтириш учун қулайроқ.

Абонентга 2488 Мбит/с ва абонентдан 1244 Мбит/с гача бўлган юқори маълумот узатиш тезлиги ҳар бир абонент учун юқори сифатли интернетга киришни таъминлайди.

GPON технологияси кенг имкониятга эга, маълумотлар узатишнинг юқори тезлиги ва абонент терминаллари нархининг фаол камайиши ҳисобига тобора долзарб бўлиб бормоқда. Айнан шу ечимлар абонентларнинг кириш тезлиги ва ишончлилигига бўлган ўсиб бораётган талабларини қондира олади.

Қишлоқ жойларида PON ни қўллашнинг асосий хусусиятлари:

- оптик кабелларни (алоқа линияларини) таянч устунларга ошиш, шунинг учун оптик кабеллар атмосфера таъсирларидан (шамол, ҳарорат ўзгариши, намлик ва бошқа омиллардан) ҳимояланиши керак;

- электр таъминоти тармоғидан электр узилиши даврида ONT абонент қурилмаларини электр билан таъминлаш муаммоли. Бунинг сабаби шундаки, PON схемасида абонент қурилмаларини электр энергияси билан масофадан таъминлаш имкониятини аҳоли пунктидаги автоматик телефон станциясининг аккумуляторидан анъанавий абонентлар каби таъминлаб бўлмайди;

- ONT қурилмалари истеъмол қиладиган қувват юқори кўрсаткичи ўртача 15 Вт ни ташкил этади, анъанавий тармоқларда бу қиймат тахминан 0,5 Вт ни ташкил қилади. Шу муносабат билан ONT абонент қурилмалари учун автоном узлуксиз қувват таъминотини ишлаб чиқиш зарурати мавжуд.

Диссертациянинг **“Қишлоқ оптик толали алоқа тармоқларининг лойиҳавий ишончлилигини таъминлаш усуллари”** деб номланган учинчи бобида қишлоқ телекоммуникация тармоқларига техник хизмат кўрсатиш хусусиятларини оптималлаштириш ва хизмат кўрсатувчи ходимларни эҳтиёт қисмлар билан таъминлашнинг аҳамиятига асосланган. Одатда, PON нинг ишончлилиги унинг элементларини ишлаб чиқиш ва ишлаб чиқариш жараёнида, тармоқни лойиҳалаш ва қуриш пайтида, шунингдек, иш пайтида техник хизмат кўрсатиш орқали таъминланади. ҚТТ тежамкорлигини таъминлаш учун уни профилактика қилиш хусусиятларини оптималлаштириш мақсадга мувофиқдир.

$$P_{\phi c} = K_{\phi c} P(T_{\Pi}). \quad (3)$$

бу ерда: T_{Π} - техник хизмат кўрсатиш самарали вақтини аниқлаш параметри, $K_{\phi c}$ - телекоммуникация тармоқларидан фойдаланиш самарадорлиги.

Техник қурилма иш ҳолатда бўлиши ва кейинги профилактик хизмат кўрсатилиш T_{II} вақтигача $P(T_{II})$ эҳтимолий вақт давомида рад этишсиз ишлайди ҳамда рад этишсиз ишлаш эҳтимолини $P(T_{II}) = e^{-\lambda T_{II}}$ тенг бўлади.

Агар (3) ифодага $K_{\phi C}$ фойдаланиш самарадорлиги ва раддиясиз ишлаш эҳтимоли ифодалари қўйилса, қуйидаги кўринишдаги ифода ҳосил бўлади:

$$P_{\phi C} = \frac{T_{\varepsilon T K Y I B}}{T_{\varepsilon T K Y I B} + \tau_{\varepsilon I I I} + \tau_{\varepsilon K T}} e^{-\lambda T_{II}}, \quad (4)$$

бу ерда: $T_{\varepsilon T K Y I B}$ - техник қурилманинг умумий ишлаш вақти, $\tau_{I I I}$ - техник хизмат кўрсатишнинг давомийлиги, τ - техник хизмат кўрсатишлар сони билан солиштирганда узгаришсиз. $\tau_{I I I} = \text{const}$, $\tau_{I I I} \ll T_{II}$ ва қишлоқ телекоммуникация тармоқларининг қайта тикланиш умумий вақти $\tau_{\varepsilon K T}$ фақат T_{ε} эксплуатация вақтига боғлиқ:

$$T_{\varepsilon} = T_{\varepsilon T K Y I B} + \tau_{\varepsilon I I I} + \tau_{\varepsilon K T}. \quad (5)$$

Шунинг учун маълум бир операцион вақт учун, қабул қилинган тахминларни ва (5) ифодани ҳисобга олган ҳолда $\tau_{\varepsilon K T} = \text{const}$ деб ҳисоблаб қуйидагига эга бўлинади:

$$P_{\phi C} = \frac{T_{\varepsilon} - \tau_{\varepsilon I I I} - \tau_{\varepsilon K T}}{T_{\varepsilon}} e^{-\lambda T_{II}} = \frac{T_{\varepsilon} \frac{T_{\varepsilon}}{T_{II}} \tau_{I I I} - \tau_{\varepsilon K T}}{T_{\varepsilon B}} e^{-\lambda T_{II}} = \left(1 - \frac{\tau_{I I I}}{T_{II}} - \frac{\tau_{\varepsilon K T}}{T_{\varepsilon}} \right) e^{-\lambda T_{II}}, \quad (6)$$

бу ерда: $(T_{\varepsilon}/T_{II}) - T_{\varepsilon}$ вақт давомида профилактик хизмат кўрсатишлар сони.

Қишлоқ телекоммуникация тармоғидан фойдаланиш самарадорлиги максимал қийматга эга бўладиган T_{II} қийматни топиш керак бўлса, (6) ифода асосида энг юқори даражадаги кўрсаткичларни топиш учун муаммо камаяди. $P_{\phi C}$ максимал бўлган T_{II} нинг қиймати профилактик хизмат кўрсатишининг энг қулай қиймати ҳисобланади:

$$P_{\phi C}^1 = \frac{\tau_{I I I}}{T_{II}^2} e^{-\lambda T_{II}} - \lambda \left(1 - \frac{\tau_{I I I}}{T_{II}} - \frac{\tau_{\varepsilon K T}}{T_{\varepsilon}} \right) e^{-\lambda T_{II}} = 0; \quad (7)$$

$$e^{-\lambda T_{II}} = \frac{\tau_{I I I}}{T_{II}^2} - \lambda \left(1 - \frac{\tau_{I I I}}{T_{II}} - \frac{\tau_{\varepsilon K T}}{T_{\varepsilon}} \right) = 0.$$

Агар иккита кўпайтирувчиларнинг кўпайтмаси нолга тенг бўлса, у ҳолда улардан камида биттаси нолга тенг бўлиши керак. Аммо $e^{-\lambda T_{II}}$ қиймат фақат $T_{II} = \infty$ бўлганда нолга тенг бўлиши мумкин, бунга йўл қўймаслик керак. Бунинг олдини олиш мақсадида иккинчи кўпайтирувчи нолга тенглаштирилади, яъни:

$$\frac{\tau_{I I I}}{T_{II}^2} - \lambda \left(1 - \frac{\tau_{I I I}}{T_{II}} - \frac{\tau_{\varepsilon K T}}{T_{\varepsilon}} \right) = 0. \quad (8)$$

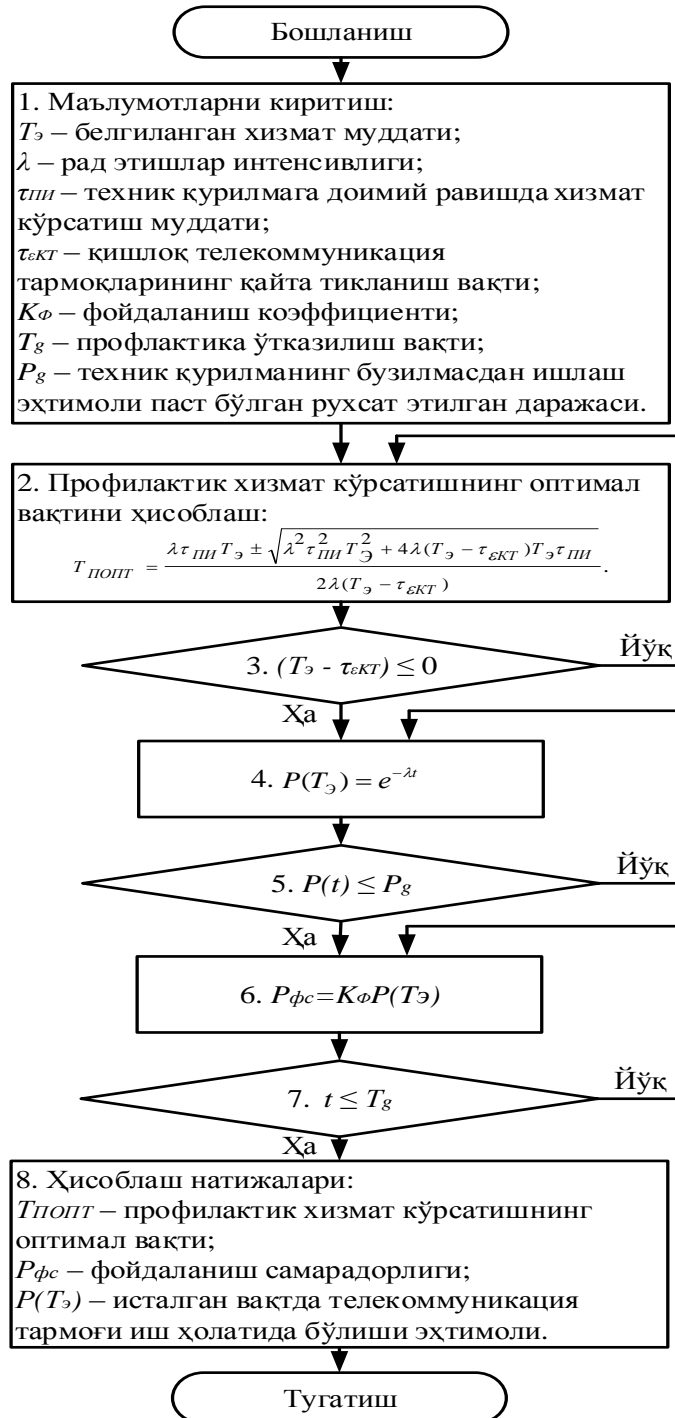
Алгебраик ўзгартиришлар киритиш орқали T_{II} қийматга нисбатан қуйидаги тенглама ҳосил қилинади:

$$\lambda(T_{\varepsilon} - \tau_{\varepsilon K T})T_{II} - \lambda\tau_{I I I}T_{\varepsilon} - T_{\varepsilon}\tau_{I I I} = 0. \quad (9)$$

Хосил қилинган модел бўйича алгебраик алмаштиришлар амалга оширилади ва профилактик хизмат кўрсатишнинг энг қулай вақтини топиш аналитик ифодаси шакллантирилади:

$$T_{\text{попт}} = \frac{\lambda \tau_{\text{пш}} T_{\text{э}} \pm \sqrt{\lambda^2 \tau_{\text{пш}}^2 T_{\text{э}}^2 + 4\lambda(T_{\text{э}} - \tau_{\text{ект}}) T_{\text{э}} \tau_{\text{пш}}}}{2\lambda(T_{\text{э}} - \tau_{\text{ект}})}. \quad (10)$$

Назарий тадқиқот ва аналитик ифодалар асосида қишлоқ оптик телекоммуникация тармоқларида фойдаланиладиган оптик толали алоқа кабелига профилактик хизмат кўрсатиш вақтини аниқлаш алгоритми ишлаб чиқилди (4-расм).



4-расм. Техник хизматини кўрсатиш вақтини аниқлаш алгоритми

Профилактик хизмат кўрсатишнинг энг кулай давомийлигини аниқлашда:

- мантиқий фикрлаш ва кетма-кет яқинлашув усулидан фойдаланиб, хизмат кўрсатиладиган тармоқ участкалари рўйхатидан, n -радияли ишлаш эҳтимоли зарур қийматини ҳосил қилиш учун профилактика қилишнинг $P_{ММК}$ - мақсадга мувофиқлик коэффициентидан фойдаланилади. Агар тармоқдаги барча участкаларга кетма-кет хизмат кўрсатилади деб ҳисобласак, у ҳолда профилактик хизмат кўрсатишнинг умумий давомийлиги қуйидаги ифода орқали ҳисобланади:

$$\tau_{ПХК} = \sum_{i=1}^{k \leq n} t_i \cdot \quad (11)$$

Бу берилган шароитда профилактика ишларини ўтказишнинг энг кулай умумий давомийлиги вақти ҳисобланади. Қишлоқ телекоммуникация тармоқларининг ишончлилиги ва уни сақлаш ҳаражатлари нархини таъминлаш нуқтаи назаридан эҳтиёт қисмлар тўпламларини кулай шакллантириш муҳим вазифа ҳисобланади.

Бунинг учун эҳтиёт қисмларининг хусусиятлари киритилади, бу қишлоқ телекоммуникация тармоқларининг лойиҳавий ишончлилик кўрсаткичига киритилган ўзгаришларни ҳисобга олишга имкон беради. Бундай хусусиятлар эҳтиёт қисмларининг етарлилик кўрсаткичлари деб аталади.

Ушбу кўрсаткичлардан бири $K_{ЭКТК}$ - эҳтиёт қисмларининг тайёрлик коэффициентидир, яъни эҳтиёт қисмларнинг муаммосиз ҳолатда бўлиш эҳтимолини англатади.

$$K_{ЭКТК} = \frac{1 - \bar{t}_{БР.ЭК}}{\bar{t}_{БР.ЭК} + \bar{t}_{ЎВ.ЭК}}, \quad (12)$$

бу ерда: $\bar{t}_{БР.ЭК}$ - эҳтиёт қисмларнинг бўлмаганлиги сабабли юзага келган битта раддиянинг ўртача давомийлиги; $\bar{t}_{ЎВ.ЭК}$ - эҳтиёт қисмларнинг йўқлиги сабабли ҳосил бўлган рад этишлар орасидаги ўртача вақт.

Эҳтиёт қисмлар етарлилигининг кейинги кўрсаткичи $\Delta \bar{t}_{ЭК}$ ўртача кечикиш вақти ҳисобланади:

$$\Delta \bar{t}_{ЭК} = \frac{\lim \tau_k(t)}{N(t)}, \quad (13)$$

бу ерда: $\tau_k(t)$ - эҳтиёт қисмлар етишмаслиги туфайли t - вақтда келиб тушган сўровларнинг умумий кутиш вақти йиғиндиси; $N(t)$ - t вақтда келиб тушган сўровларнинг умумий сони.

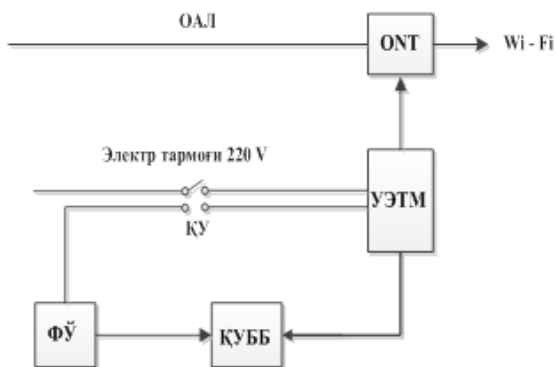
Агар $\Delta \bar{t}_{ЭК}$ - эҳтиёт қисмларнинг етарлилиги кўрсаткичи ўртача кечикиш вақти бўлса, у ҳолда эҳтиёт қисмларнинг етарлилигига талаб қуйидаги тенгсизлик орқали аниқланади:

$$\Delta \bar{t}_{ЭК} \leq \Delta \bar{t}_{ЭК}^{-Талаб}, \quad (14)$$

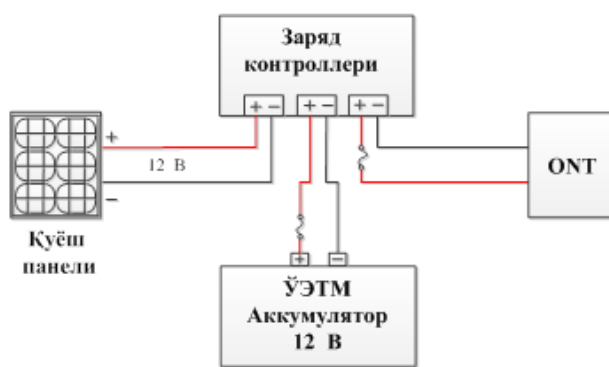
бу ерда: $\Delta \bar{t}_{ЭК}^{-Талаб} = \bar{t}_P - \bar{t}_{P\infty}$.

Диссертациянинг “Қишлоқ оптик толали телекоммуникация тармоқларини электр таъминоти муаммолари” деб номланган тўртинчи бобида ONT қурилмаларини электр таъминотини ташкил этиш ва қуёш энергияси манбаси структуравий схемаси келтирилган. Қуёш элементларини танлаш ва аккумуляторларнинг энг қулай қуввати, атроф-муҳитнинг қуёш энергияси манбаларига таъсири масалалари кўриб чиқилган. Электр энергияси тармоғида узилишлар содир бўлганда ONT қурилмаларини электр билан таъминлашнинг барча мавжуд ва таклиф қилинган усулларини таҳлил қилиш натижасида автоном узлуксиз қувват манбаларидан фойдаланиш зарурлиги тўғрисида хулоса чиқарилган.

Шу муносабат билан, ишончлилик ва иқтисодий самарадорликни ҳисобга олган ҳолда, ONT қурилмаларини электр таъминоти учун қуёш энергияси манбасидан фойдаланиш муқобил усул сифатида таклиф этилмоқда. ONT қурилмаларининг муқобил электр таъминотини ташкил этиш тузилиш схемаси 5-расмда, қуёш энергия манбали электр таъминоти схемаси 6-расмда келтирилган.



5-расм. ONT қурилмаларининг автоном электр таъминотини ташкил этишнинг тузилиш схемаси



6-расм. Қуёш энергияси манбали электр таъминоти схемаси

Бу схеманинг асосий элементи фотоўзгартиргич (қуёш батареялари - ҚБ) панелидир. Уларнинг фойдали иш коэффициентини самарадорлиги:

$$\eta_{\text{КЭчегара}} \cong 1 - \frac{4T_{\text{КЭ}}}{3T_{\text{К}}}, \quad (15)$$

бу ерда: $T_{\text{КЭ}}$ - қуёш элементининг иссиқликни чиқаришни амалга ошириладиган мувозанатли ҳарорати, $T_{\text{К}}$ -5800 К, қуёш ҳарорати.

Қуёш элементлари $T_{\text{КЭ}}=300-500$ К ишчи ҳароратда, $T_{\text{КЭ}}=300-500$ К га тенг бўлади. Фойдали иш коэффициентининг бундай чегаравий қийматларига мавжуд ўзгартиргич элементларининг ҳеч бири эга эмас. Бу шунга асосланганки, агар қайтмас йўқотишларни камайтиришга қаратилган ҚЭни қулайлаштириш натижасида энергияни ўзгартирадиган

элементларнинг фойдали иш коэффиценти ўртача $\bar{\eta} = 0,5 \div 0,6$ қийматгача оширишга эришиш мумкин.

ХУЛОСА

“Қишлоқ оптик алоқа тармоқлари лойиҳавий ишончилигини таъминлаш усуллари” мавзусидаги техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилади:

1. Мавжуд қишлоқ телекоммуникация тармоқларининг ишончилигини таъминлаш хусусиятлари, асосий рад этиш турлари, статистик модели ҳамда ўтказилган тадқиқотлар натижаси рад этишларнинг қайта содир бўлиш эҳтимолини ҳисоблаш имкониятини берди. Статистик модел тадқиқоти натижасида ишончилиги юқори бўлмаган қишлоқ телекоммуникация тармоқлари ҳолатини аниқлаш ва уларга ўз вақтида хизмат кўрсатиш орқали ишончилигини ошириш имкони таъминланган.

2. Тармоқларни қуришда энг оптимал варианти сифатида GPON стандарти бўйича қурилган “дарахт” топологиясидан фойдаланиш мақсадга мувофиқлиги асосланган ҳамда лойиҳалаштиришга кетган вақтни 5-6% камайтиришга эришилган.

3. Қишлоқ оптик алоқа тармоқларини қурилиш топологияси ҳамда оптик кабелни профилактикадан ўтказиш вақтини аниқлаш алгоритми ишлаб чиқиш орқали техник хизмат кўрсатишлар сони, вақти ва давомийлигини аниқроқ топиш орқали рад этишларни бошқаришни 9% га ошириш имкони яратилган.

4. Тармоқни эксплуатациялаш жараёнида, унинг оптик-толали кабеллар, профилактик хизмат кўрсатиш ва эҳтиёт қисмлар тўпламини оптимал шакиллантириш орқали лойиҳавий ишончилиги кўрсаткичларини йил давомида 0,98 қийматда сақлаб туришга эришилган.

5. Пассив оптик алоқа тармоғи абонент қурилмаларини электр энергияси билан узлуксиз таъминлашнинг қуёш электр манбалари схемаси ёрдамида абонент қурилмаларини ишлаш самарадорлигини 100% га ошириш имконияти яратилган.

6. Ишлаб чиқилган илмий ечимларни амалиётга жорий этиш натижасида қишлоқ телекоммуникация тармоқлари абонент қурилмаларининг узлуксиз ишлаши таъминланади. Натижада абонентларга хизмат кўрсатиш лойиҳавий ишончилик 0,9999 қийматгача оширилди. Шу билан бирга абонентларга хизматларни тақдим этиш вақтининг қисқарганлиги ва фойдаланувчилар сонининг ошиши ҳисобига 10-12% самарадорликка эришилган.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

НОРМУРОДОВ АКБАР ДОНИЯРОВИЧ

**МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ НАДЕЖНОСТИ
СЕЛЬСКИХ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СВЯЗИ**

**05.04.01 -Телекоммуникационные и компьютерные системы,
телекоммуникационные сети и информационные устройства. Распределение
информации**

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

Ташкент - 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2021.2.PhD/T2219.

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада аль-Хоразмий.

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

Научный руководитель:	Берганов Искандар Рахманович кандидат технических наук, доцент
Официальные оппоненты:	Давронбеков Дилмурод Абдужалилович доктор технических наук, профессор Гулямов Шухрат Маннапович доктор технических наук, профессор
Ведущая организация:	Военный институт информационно-коммуникационных технологий и связи Министерства обороны Республики Узбекистан

Защита диссертации состоится 24 декабря 2021 г. в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.13/30.12.2019.T.07.02 при Ташкентском университете информационных технологий в режиме on-line на платформе Zoom. Идентификатор Zooma: 330 044 4963. Код доступа: 1. (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108.

Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий (регистрационный номер №232). Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44.

Автореферат диссертации разослан « 10 » декабрь 2021 года.
(реестр протокол рассылки № 7 от « 9 » декабрь 2021 г.).



И.Х.Сиддиқов
Председатель научного совета
по присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор

Х.Э.Хужаматов
Ученый секретарь научного совета
по присуждению ученых степеней, PhD, доцент

М.М.Мухитдинов
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
учёных степеней, д.т.н., профессор

Введение (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире проводятся исследования по обеспечению проектной надежности сельских оптических сетей связи, направленные на повсеместное внедрение современных информационно-коммуникационных технологий во все сферы государственного управления, их эффективное использование, реализацию информационных потребностей граждан, проживающих в отдаленной местности. Наиболее актуальными является работы по увеличению пропускной способности сельских телекоммуникационных сетей, разработка методов обеспечения проектной надежности, постепенное улучшение материально-технической базы и совершенствование законодательства, регулирующего систему, в соответствии с требованиями сегодняшнего дня. В связи с этим одной из важных задач в развитых странах мира, включая США, Канаду, Германию, Южную Корею, Китай, Индию и Российскую Федерацию и другие страны, является модернизация сельской телекоммуникационной инфраструктуры, сетей передачи данных и предоставление широкополосных интерактивных услуг.

В мире проводятся исследования по расширению использования волоконно-оптических сетей, устранению факторов, негативно влияющих на развитие сетей, созданию необходимой инфраструктуры для обеспечения популярности широкополосных услуг, созданию научной основы для обеспечения их проектной надежность за счет эффективного технического обслуживания. Вместе с тем является проблемой правильный выбор перспективных сетевых ресурсов для удовлетворения интеллектуальных потребностей и требований молодого поколения к информации, обеспечение проектной надежности длительное время без изменений. Является важным обеспечение проектной надежности сельских оптических сетей, разработка необходимых технических и технологических критериев, а также использование пассивной оптической технологии как одного из самых популярных и перспективных средств проводной связи.

В республике проводятся обширные научные исследования с целью принятия мер по обеспечению проектной надежности сельских оптических сетей, организации обучения, переподготовки и повышения квалификации кадров, разработки программных продуктов, расширения и улучшения сферы их использования. Этой связи важным является выполнение данных задач, в частности, разработка и исследование методов обеспечения проектной надёжности сельских оптических сетей связи. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2020-2021 годы определены задачи: «...внедрение информационно-коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу, системы управления, совершенствование системы информационных технологий, повышение эффективности, качества оказания государственных услуг, стимулирование научно-исследовательской и инновационной деятельности, создание

эффективных механизмов внедрения научных и инновационных достижений в практику»¹.

Для выполнения этих задач, в частности, важной является разработка и исследование методов обеспечения проектной надежности сельских оптических сетей связи.

Основные задачи и направления деятельности по развитию информационных и коммуникационных технологий определены в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» от 7 февраля 2017 года, Постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-3012 «О программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сфере на 2017 - 2021 годы» от 26 мая 2017 года, №ПП-4329 «О мерах по ускорению развития телекоммуникационной инфраструктуры в населенных пунктах Республики Узбекистан» от 22 мая 2019 года.

Данное диссертационное исследование в некоторой степени служит расширению доступа граждан, проживающих в отдаленных районах страны, к использованию услуг информационно-коммуникационных технологий при выполнении задач, поставленных в этих направлениях и в соответствующих нормативных актах.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. Научно-исследовательские работы, направленные на разработку и создание методов обеспечения проектной надежности сельских оптических сетей связи, ведутся в ведущих мировых исследовательских центрах и высших учебных заведениях, включая RWTH Aachen University (Германия), Пекинский университет почты и телекоммуникаций (Китай), Inha University (Корея), Украинский государственный университет связи, Kyushu University (Япония), Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. Бонч-Бруевича, Научно-исследовательский институт коммуникационных технологий им. Бонч-Бруевича, Центральный научно-исследовательский институт связи, Сибирский государственный университет связи и информатики, Московский университет связи и информатики (Россия) и Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада аль-Хоразмий (Узбекистан).

В разработке вопросов повышения проектной надежности сельских телекоммуникационных сетей внесли большой вклад ряд известных зарубежных ученых и инженеров, в том числе R.Friman² (Великобритания),

¹ Указ Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

² Р.Фриман. Волоконно-оптические системы связи, 3-е доп.издание. -М.: Техносфера. -2006. -496 с.

Е.Б.Алексеев³ (Россия), Э.Б.Гаскевич⁴ (Россия), И.Е.Никульский⁵ (Россия), А.Б.Никитин⁶ (Россия) и другие мировые ученые.

В Республике достаточные теоретические и практические результаты были достигнуты благодаря научным исследованиям по повышению проектной надежности сельских телекоммуникационных сетей и обеспечению их бесперебойным электроснабжением со стороны ряда известных ученых И.Р.Берганова⁷, М.М.Мухитдинова⁸, Б.Махкамжанова, И.Х.Сиддикова⁹, Х.Э.Хужаматова, Р.И.Исаева¹⁰ получили достаточные теоретические и практические результаты.

Исследования показывают, что влияние негативных факторов, препятствующих долгосрочному поддержанию проектной надежности сельских волоконно-оптических сетей, методов их устранения, эффективной организации обслуживания, а также научные методы разработки моделей и алгоритмов эффективного формирования сельских волоконно-оптических сетей оптических сетей изучены недостаточно.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий в рамках проектов №БВ-А3-027 «Разработка и внедрение системы управления электроснабжением здания с автономным электроснабжением» (2017-2018), №БВ-Атех-2018-271 «Проблемы внедрения в Узбекистане современных информационно-коммуникационных технологий и роль информационной экономики» (2018-2020).

Целью исследования является разработка методов обеспечения проектной надежности сельских волоконно-оптических телекоммуникационных сетей.

Задачи исследования:

статистический анализ технического состояния существующей сельской телекоммуникационной сети;

³ Е.Б.Алексеев. Основы проектирования технической эксплуатации транспортных сетей на базы ЦСП и ВОСП. Москва.-2012.-240 с.

⁴ Е.Гаскевич. Проблемы строительства воздушных сетей FTTH в частном секторе // Первая миля. -2019. - №3. -56-65 с.

⁵ И.Е.Никульский, О.П.Чекстер, О.А.Степулёник. Электропитание оконечных устройств GPON // Вестник связи. -2013. -41-51 с.

⁶ А.В.Никитин, И.Е.Никульский, А.А.Филиппов. Особенности внедрения технологий PON на сети оператора, занимающего существенные рыночные позиции //Вестник связи. -2009. -№4. -18-24 с.

⁷ И.Р.Берганов, А.Д.Нормуродов. Задачи развития телеком-муникационной сети // Ахбороткоммуникациялар: тармоқлар-технологиялар-ечимлар. -2019. -№4 (52). 43-49 б.

⁸М.М.Мухитдинов, А.Э.Арифжанов. О развитии сетей широкополосного доступа // Ахбороткоммуникациялар: тармоқлар-технологиялар - ечимлар. -2019. -№3(51). -19-23 с.

⁹ И.Х. Сиддиков., Х.Э. Хужаматов. Қайта тикланувчи энергия манбаларини ўз ичига олган гибрид энергия таъминоти тизимларининг бошқарувини моделлаштириш ва тадқиқ этиш // “ТАТУ хабарлари” илмий-техника ва ахборот-таҳлилий журнали. №3(39) - сон 2016 йил, 60-66 бетлар.

¹⁰ Р.И.Исаев. Устойчивость функционирования систем и сетей связи. Ташкент.: “Aloqachi”.-2017. -266 с.

выявление перспективных технологий строительства сельских телекоммуникационных сетей и разработка топологии строительства;

разработка аналитических выражений и алгоритма определения методов обеспечения устойчивости проектной надежности сельских оптических сетей связи;

разработка схемы солнечного электроснабжения для бесперебойного питания абонентских устройств пассивной оптической сети связи.

Объектом исследования является оптоволоконная сельская телекоммуникационная сеть.

Предметом исследования являются методы, модели и алгоритмы повышения надежности сельской оптоволоконной телекоммуникационной сети, процесс наблюдения и статистического анализа.

Методы исследований. Для решения задач диссертации использованы математическая статистическая теория, теория вероятностей и методы математического моделирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

на основе обработки собранных данных разработана статистическая модель оценки работоспособности телекоммуникационной сети;

разработаны перспективная топология с PON-технологией и развита структурная схема для повышения эффективности сельских оптических сетей связи;

разработаны аналитические выражения и алгоритмы определения времени и продолжительности технического обслуживания кабеля, обеспечивающие проектную надежность сельских оптических сетей связи в процессе эксплуатации;

разработана структурная схема гибридного источника питания, обеспечивающая непрерывную работу абонентских устройств сельской оптической сети связи с PON-технологией.

Практические результаты исследования заключаются в следующем.

разработано программное обеспечение для обеспечения проектной надежности доступа к сельским оптическим сетям связи;

разработано программное обеспечение для оптимизации характеристик обслуживания сельских телекоммуникационных сетей;

разработана схема солнечного электроснабжения, обеспечивающая бесперебойное питание абонентских устройств.

Достоверность результатов исследования обоснована тем, что предлагаемые решения основаны на принципах построения сельских оптических сетей доступа связи, определения обеспечения надежности в текущей ситуации, выявить факторы, которые служат для повышения проектной надежности, определения времени профилактического обслуживания, времени обслуживания и создание альтернативных выражений, позволяющих определить затраты времени на обслуживание и удобное формирование комплектов деталей, вместе с этим, совместимость теоретических и практических результатов согласуется с общепринятыми критериями, согласно результатам, полученным при исследованиях.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования, использование методов, которые служат для обеспечения проектной надежности доступа к сельским оптическим сетям связи обоснованы тем, что могут обеспечить высокий уровень надежности, возможным фактором повышения эффективности сети, определение факторов, снижающих проектную надежность, аналитические выражения, алгоритмы определения времени обслуживания, количества и времени, затрачиваемого на обслуживание для поддержания проектной надежности в течение длительного времени в процессе эксплуатации, объясняются разработкой схемы обеспечения солнечным электроснабжением (автономным) только самих абонентских устройств.

Практическая значимость результатов исследования заключается в создании надежной сельской оптической сети связи, отвечающий всем потребностям государства и граждан, аналитические выражения и алгоритм определения времени обслуживания оптического кабеля, служащие для обеспечения проектной надежности и схемы солнечного электроснабжения позволяет обеспечить бесперебойных широкополосных услуг

Внедрение результатов исследования. На основании полученных научных результатов по методам обеспечения проектной надежности сельских оптических сетей связи:

статистическая модель оценки работоспособности телекоммуникационной сети, разработанная на основе обработки собранных данных и перспективная технология, обеспечивающая использование оптических сетей связи внедрены на предприятиях Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан, в частности, в Хорезмском филиале АК «Узбектелеком» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан №33-8/930 от 9 февраля 2021 г.). В результате исследования эффективность телекоммуникационной сети была увеличена до 0,3% за счет сокращения времени и продолжительности обслуживания;

перспективная топология с PON-технологией для повышения эффективности сельских оптических сетей связи и структурная схема гибридного источника питания, обеспечивающая непрерывную работу абонентских устройств сельской оптической сети связи с PON-технологией внедрены на предприятиях Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан, в частности в филиале АК «Узбектелеком» Республики Каракалпакстан (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан №33-8/930 от 9 февраля 2021 г.). В результате исследования удалось добиться 100% энергоснабжения абонентских устройств и экономии 100 км оптических кабелей за счет питания (автономного) абонентских устройств;

аналитические выражения и алгоритмы определения времени и продолжительности технического обслуживания кабеля, обеспечивающие проектную надежность сельских оптических сетей связи в процессе

внедрены на предприятиях Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан, в частности, в Ташкентском филиале АК «Узбектелеком» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан №33-8/930 от 9 февраля 2021 г.). В результате исследования была определена продолжительность (объем) профилактического обслуживания оптических сетей связи, правильное формирование запасных частей и повышение проектной надежности оптических сетей связи в процессе эксплуатации до 0,9999.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 2 зарубежных, 1 республиканской научно-технической и научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 15 научных работ, из них 9 статей в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 3 в зарубежных. 6 в республиканских журналах, получены 2 свидетельства регистрации программных продуктов на ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, списка сокращений и приложений. Объем диссертации составляет 119 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении диссертации обосновываются актуальность и востребованность выполненных исследований, формулируются цели и задачи исследований, определяется объект и предмет исследований, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, излагаются научная новизна исследований и научно-практическая значимость полученных результатов, внедрение результатов исследований в практику и опубликованность научных трудов по теме диссертации, а также сведения о структуре и объеме диссертации, общая постановка проблемы.

В первой главе диссертации под названием **«Анализ проектной надежности волоконно-оптических сельских телекоммуникационных сетей»** дана общая характеристика построения сельских телекоммуникационных сетей (СТКС), проведено сравнительное исследование существующих недостатков в сетях СТКС. Для анализа качества сельской телекоммуникационной сети были определены следующие критерии.

Известно, что одной из основных характеристик, характеризующих качество работы телекоммуникационной сети, является ее надежность, способность каналов и линий передачи противостоять воздействию дестабилизирующих факторов (ВДФ) - ее живучесть. Таким образом, воздействие дестабилизирующих факторов на телекоммуникационные сети делится на внутренние и внешние дестабилизирующие факторы.

Согласно этому разделению влияние внутренних дестабилизирующих факторов сводится к решению проблемы обеспечения надежности телекоммуникационной сети, а влияние внешних факторов - к проблеме обеспечения живучести телекоммуникационной сети.

Коэффициент готовности (K_G) канала передачи используется как показатель надежности линий передачи сельской телекоммуникационной сети и определяется следующим выражением:

$$K_G = \frac{T_0}{T_0 + \tau_g}, \quad (1)$$

где: T_0 - среднее время наработки на отказ канала передачи СТКС;
 τ_g - среднее время восстановления работоспособности канала передачи СТКС.

По рекомендации МСЭ-Т G.827 для коэффициента готовности канала передачи местной телекоммуникационной сети установлены нормы $K_G = 0,9999$, это означает, что в течение года простой в работе канала передачи не должен превышать 52,6 минуты.

В качестве показателя живучести каналов передачи применяют K_{OG} коэффициент оперативной готовности канала передачи, который определяется следующим выражением:

$$K_{OG} = P(t)K_G, \quad (2)$$

где: $P(t)$ - вероятность того, что телекоммуникационная сеть сохранит работоспособность канала передачи (коэффициент технической стабилизации).

В таблице 1 представлена оценка живучести сельской телекоммуникационной сети в соответствии с её категорией и оценка ожидаемого уровня ущерба после воздействия дестабилизирующих факторов.

Таблица 1

Оценка живучести сельской телекоммуникационной сети

Уровень ущерба	Ущерб СТКС, наносимый воздействием ВДФ %	Коэффициент использования линий связи для разных категорий специальных потребителей, K_{OG}			K_{OG} для каналов связи обычных потребителей
		1	2	3	
Высокий	До 50%	0,20	0,75	0,7	0,2
Средний	До 30%	0,85	0,80	0,75	
Низкий	До 10%	0,9	0,85	0,8	

Строгость установленных требований к надежности связана с необходимостью для каждого местного оператора предоставить всем абонентам возможность вызова экстренных служб.

Статистические результаты исследования отключений электроэнергии на узле связи в населенном пункте Ханкийского района Хорезмского филиала АК «Узбектелеком» за 2019 год представлены на рис.1 и таблице 2.

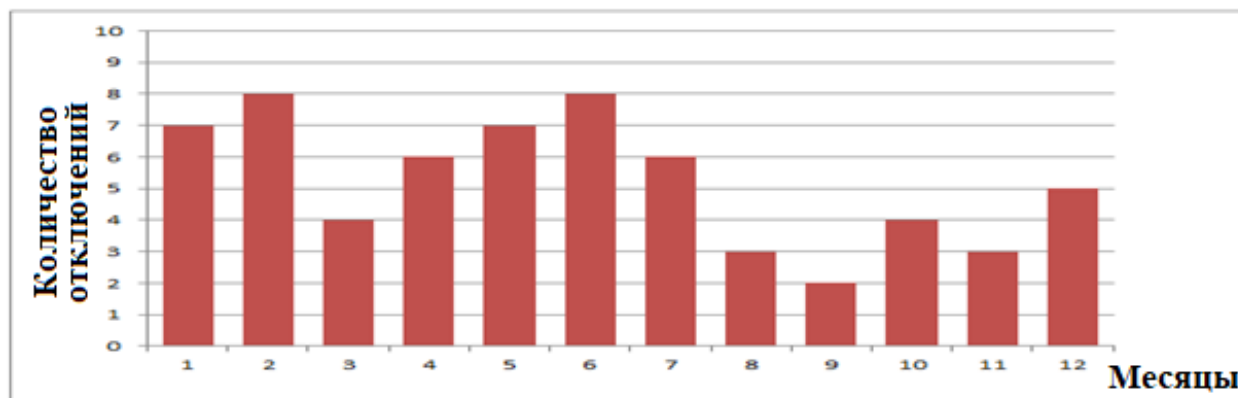


Рис.1. Гистограмма отключений электроэнергии в 2019 году

Гистограмма отключений электроэнергии является инструментом для оценки изменчивости текущего состояния сельских телекоммуникационных сетей и в первую очередь служит для определения проблемы, которую необходимо решить.

Прерывание подачи электроэнергии в узлах связи населенных пунктов являются ключевым инструментом для сбора и обработки числовых рядов отказов, обсуждения и принятия решений.

Данные о вероятности повторения сбоев в электроснабжении за определенный период времени в 2019 году приведены в таблице 3, а составленная на основе этих данных гистограмма представлена на рис.2.

Таблица 2

Статистика отключений электроэнергии в 2019 году на узле связи в населенном пункте

Месяцы	Количество отключений электроэнергии	Длительность (часы)	Длительность отключений (часы)
Январь	7	2,6,8,3,6,2,4	31
Февраль	8	2,2,4,2,2,6,4,4	26
Март	4	2,2,1,1	6
Апрель	6	4,11,4,2,6,5	32
Май	7	1,2,2,6,10,4,2	27
Июнь	8	4,6,4,2,8,4,2,4	34
Июль	6	12,4,8,2,6,4	36
Август	3	6,4,4	14
Сентябрь	2	2,3	5
Октябрь	4	2,8,4,3	17
Ноябрь	3	4,4,3	11
Декабрь	5	6,4,6,6,2	24
В течение года	63		263

Вероятность повторения отключений электроэнергии определенной продолжительности (2019 г.)

Интервал отключений	ω_i	ω_i / n
2-4	25	0,40
4-6	20	0,32
6-8	11	0,17
8 и более	7	0,11
В течение года	63	1,00

где, ω - повторяемость значений случайной величины; n - количество отключений.

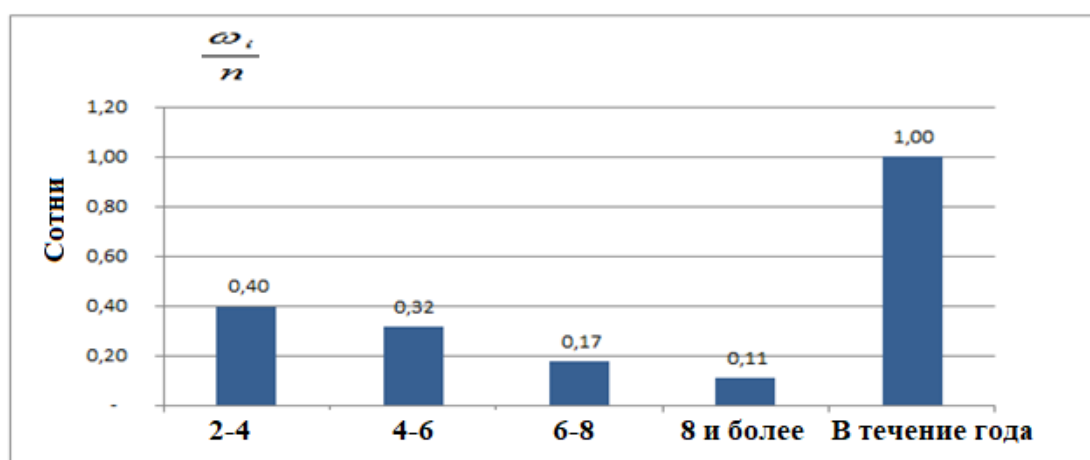


Рис.2. Гистограмма вероятности повторения перебоев в электроснабжении за определенный период времени (2019 г.)

В результате изучения и анализа полученных данных были сделаны следующие выводы:

1. Обеспечение электроэнергией в центры связи проблематично.
2. Сельскую телекоммуникационную сеть необходимо радикально модернизировать, наряду с другими секторами, за счет более широкого внедрения новых технологий и инноваций.

Во второй главе диссертации «**Исследование вариантов развития сельских волоконно-оптических телекоммуникационных сетей**», приводится сравнительный анализ технологий, которые могут быть использованы для построения сельской телекоммуникационной сети; отмечены характеристики выбранной технологии пассивных волоконно-оптических сетей для сельской местности; рассматриваются методы обеспечения проектной надежности волоконно-оптической телекоммуникационной сети в период эксплуатации.

К настоящему времени для использования на сетях доступа разработан ряд технологий. Из них наибольшее применение получили семейство технологий xDSL, Ethernet, Docsis и PON.

Из этих технологий наиболее подходящей для построения сельских телекоммуникационных сетей является PON (Passive optical network, пассивная оптическая сеть). Сети PON отлично подходят для организации абонентского доступа в сельской местности, что позволяет подключать множество абонентов к сети с помощью небольшого количества устройств и кабелей с минимальными затратами.

В этом случае многие абоненты обслуживаются одним центральным OLT (терминал оптической линии) - данные, передаваемые по оптическому волокну, отправляются на абонентские устройства ONT (терминал оптической сети), которые отделяют только свои собственные данные от группового сигнала.

Технологии передачи данных в волоконно-оптических сетях имеют большой потенциал из-за использования наименее активных компонентов и ресурсов оптических сетей. В этом случае многие абоненты обслуживаются одним центральным OLT (терминалом оптической линии). Данные, передаваемые по оптическому волокну, отправляются на абонентские устройства ONT (терминал оптической сети), которые отделяют только свои собственные данные от группового сигнала. Технологии передачи данных в волоконно-оптических сетях имеют большой потенциал из-за использования наименее активных компонентов и ресурсов оптических сетей.

Существует четыре топологии для построения оптических сетей доступа: «точка-точка», «кольцо», «дерево с активными узлами», «дерево с пассивным оптическим разветвлением». Из них «древовидная» топология для построения сельских телекоммуникационных сетей имеет преимущество перед другими. Она использует логическую топологию «точка-многоточки», которая является основой топологии PON.

Целый сегмент древовидной архитектуры, охватывающий десятки абонентов, может быть подключен к одному порту на центральном узле. При этом на промежуточных узлах дерева устанавливаются компактные полностью пассивные оптические сплиттеры, не требующие питания и обслуживания.

На рис.3 показана модель фрагмента сети PON, основанная на пассивной оптически разветвленной топологии «дерево».

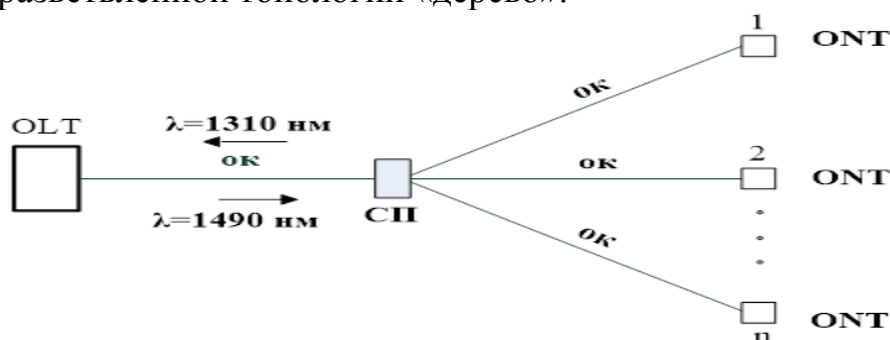


Рис.3. Модель фрагмента сельской оптической сети доступа

Технология PON экономична и удобна, она позволяет легко наращивать как количество узлов связи, так и её пропускную способность. Пассивные

оптические разветвители (сплиттеры, СП) компактны, не требуют электропитания и обслуживания.

В настоящее время среди всех стандартов PON наиболее популярным и перспективным является стандарт GPON (Gigabit Passive Optical Network, гигабитная пассивная оптическая сеть). Он оказался более подходящим для развёртывания сетей на малонаселённых территориях и удобным для расширения возможностей сетей широкополосного доступа.

Высокая скорость передачи данных, которая составляет 2488 Мбит/сек к абоненту и 1244 Мбит/сек от абонента, обеспечивает качественный доступ в Интернет для каждого абонента.

Технология GPON становится всё более актуальной за счёт широких возможностей, высокой скорости передачи и активного снижения стоимости абонентских терминалов. Именно эти решения способны удовлетворить растущие требования абонентов к скорости и надёжности доступа. Основными особенностями применения PON в сельской местности являются:

-подвеска оптических кабелей (линий связи) на опорах, следовательно, оптические кабели должны иметь защиту от атмосферных воздействий (ветра, перепада температур, влаги и других факторов);

-проблема электропитания абонентских устройств ONT в периоды отсутствия подачи электроэнергии от сети электроснабжения. Это связано с тем, что в схеме PON технически не обеспечивается возможность дистанционного питания абонентских устройств от аккумулятора автоматической телефонной станции населённого пункта, подобно тому как это реализуется в традиционных сетях абонентского доступа.

-высокие показатели потребляемой устройствами ONT мощности в среднем 15 Вт, в то время как в традиционных сетях эта величина составляет около 0,5 Вт. В этой связи возникает необходимость в разработке автономного бесперебойного источника электропитания абонентских устройств ONT.

В третьей главе диссертации **Методы обеспечения проектной надёжности сельских волоконно-оптических сетей»** обоснована важность оптимизации характеристик обслуживания сельских телекоммуникационных сетей и обеспечения обслуживающего персонала запасными частями. Обычно надёжность PON обеспечивается процессе разработки и производства ее элементов, во время проектирования и строительства сети, а также во время технического обслуживания. Надёжность СТКС в период эксплуатации зависит от устойчивости специального кабеля к внешним факторам, качества сплиттера и сварки, а также качества работы строителей, сроков ремонта и наличия резервных линий связи. чтобы Для обеспечения экономичности СТКС желательно оптимизировать его профилактические свойства.

$$P_{эи} = K_{и}P(T_{и}), \quad (3)$$

где: $T_{и}$ - параметр определения эффективного времени обслуживания, $K_{и}$ - эффективность использования телекоммуникационных сетей.

Техническое устройство находится в рабочем состоянии и будет работать без отказа до следующего профилактического обслуживания T_{II} в течение вероятностного времени $P(T_{II})$ и вероятность безотказной работы равна $P(T_{II}) = e^{-\lambda T_{II}}$.

Если в (3) подставить выражения коэффициента использования K_{II} и вероятность безотказной работы, то

$$P_{ЭИ} = \frac{T_{ЭП}}{T_{ЭП} + \tau_{ЭПР} + \tau_{ЭВ}} e^{-\lambda T_{II}}. \quad (4)$$

где: $\tau_{ПР}$ - продолжительность технического обслуживания, всегда меньше количества технического обслуживания τ . $\tau_{ПР} = \text{const}$, $\tau_{ПР} \ll T_{II}$ и общее время восстановления сельских телекоммуникационных сетей $\tau_{ЭВ}$ зависит только от времени эксплуатации $T_{Э}$:

$$T_{Э} = T_{ЭП} + \tau_{ЭПР} + \tau_{ЭВ}, \quad (5)$$

Для заданного времени работы с учетом полученных допущений и выражения (5) $\tau_{ЭПР} = \text{const}$ получается следующее:

$$P_{ЭИ} = \frac{T_{Э} - \tau_{ЭПР} - \tau_{ЭВ}}{T_{Э}} e^{-\lambda T_{II}} = \frac{T_{Э} \frac{T_{Э}}{T_{II}} \tau_{ПР} - \tau_{ЭВ}}{T_{Э}} e^{-\lambda T_{II}} = \left(1 - \frac{\tau_{ПР}}{T_{II}} - \frac{\tau_{ЭВ}}{T_{Э}}\right) e^{-\lambda T_{II}}. \quad (6)$$

где: $(T_{Э}/T_{II})$ – количество профилактических услуг в течение времени T_{II} .

Если необходимо найти значение T_{II} , при котором эффективность использования сельской телекоммуникационной сети имеет максимальное значение, на основе выражения (6) уменьшается проблема поиска максимальной производительности.

Значение T_{II} при котором $P_{ЭИ}$ будет максимальной, является искомым оптимальным значением $T_{II\text{опт}}$:

$$P_{ЭИ}^1 = \frac{\tau_{ПР}}{T_{II\text{опт}}^2} e^{-\lambda T_{II\text{опт}}} - \lambda \left(1 - \frac{\tau_{ПР}}{T_{II\text{опт}}} - \frac{\tau_{ЭВ}}{T_{Э}}\right) e^{-\lambda T_{II\text{опт}}} = 0; \quad (7)$$

$$e^{-\lambda T_{II\text{опт}}} = \frac{\tau_{ПР}}{T_{II\text{опт}}^2} - \lambda \left(1 - \frac{\tau_{ПР}}{T_{II\text{опт}}} - \frac{\tau_{ЭВ}}{T_{Э}}\right) = 0$$

Если произведение двух множителей равно нулю, то должен быть равен нулю хотя бы один из них. Но $e^{-\lambda T_{II\text{опт}}}$ может быть равным нулю только при $T_{II\text{опт}} = \infty$, что неприемлемо. Поэтому приравняем нулю второй сомножитель, т.е.:

$$\frac{\tau_{ПР}}{T_{II\text{опт}}^2} - \lambda \left(1 - \frac{\tau_{ПР}}{T_{II\text{опт}}} - \frac{\tau_{ЭВ}}{T_{Э}}\right) = 0 \quad (8)$$

Далее, путём алгебраических преобразований получаем уравнение относительно $T_{II\text{опт}}$:

$$\lambda(T_{Э} - \tau_{ЭВ})T_{II\text{опт}} - \lambda\tau_{ПР}T_{Э}T_{II\text{опт}} - T_{Э}\tau_{ПР} = 0. \quad (9)$$

В сформированной модели выполняются алгебраические замены и формируется модель нахождения наиболее удобного времени для проведения профилактического обслуживания:

$$T_{\text{опт}} = \frac{\lambda \tau_{\text{пр}} T_{\text{э}} \pm \sqrt{\lambda^2 \tau_{\text{пр}}^2 T_{\text{э}}^2 + 4\lambda(T_{\text{э}} - \tau_{\text{эв}}) T_{\text{э}} T_{\text{пр}}}}{2\lambda(T_{\text{э}} - \tau_{\text{эв}})}. \quad (10)$$

На основе приведенных выше теоретических исследований и аналитических выражений был разработан алгоритм определения времени обслуживания волоконно-оптического кабеля связи, используемого в сельских оптических телекоммуникационных сетях (рис.4).

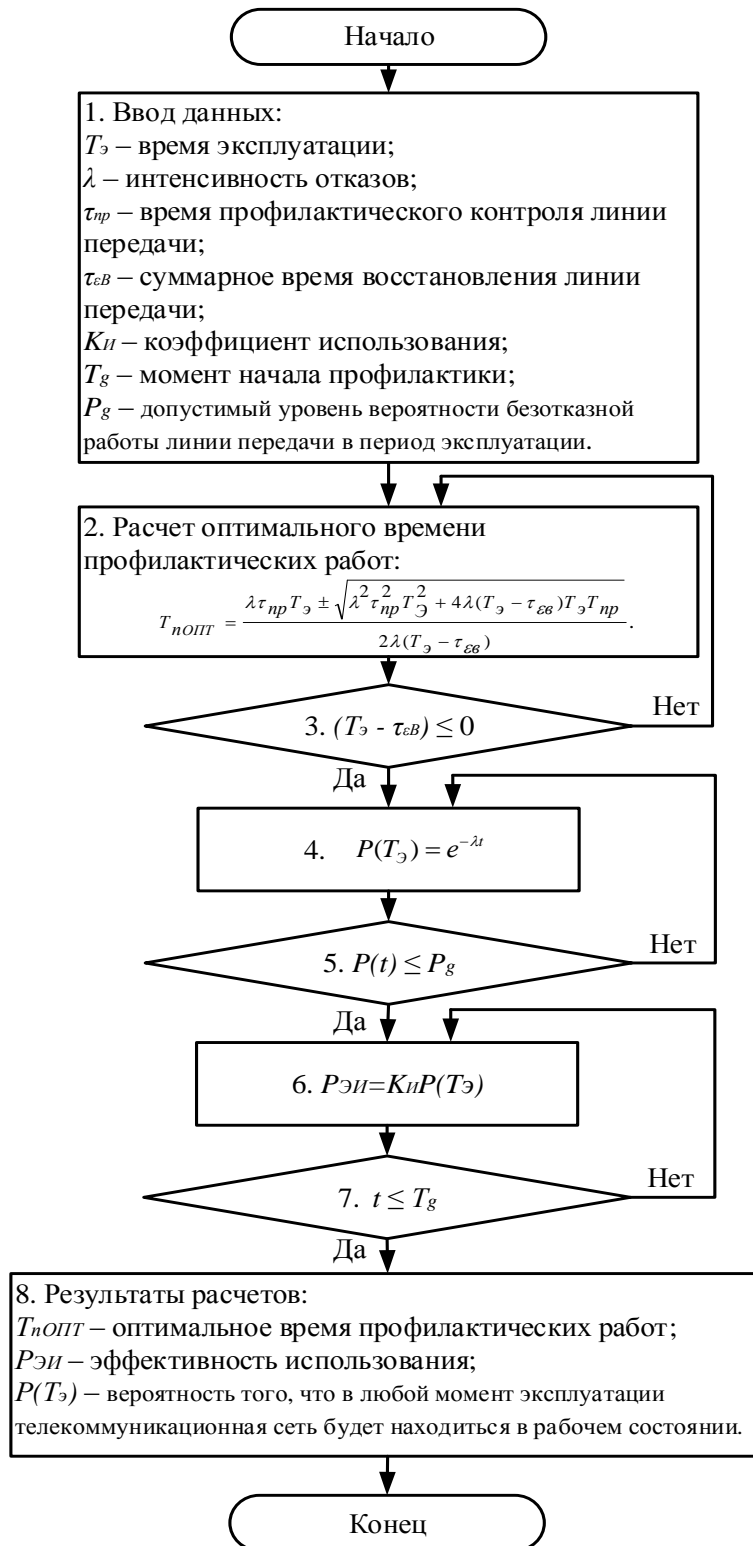


Рис.4. Алгоритм определения времени технического обслуживания

При определении оптимальной длительности профилактического обслуживания:

- путем метода логических рассуждений и последовательной аппроксимации, по списку обслуживаемых участков сети, коэффициент целесообразности предотвращения P_K используется для формирования требуемого значения вероятности n -отказовой работы. Если считать, что все участки сети обслуживаются последовательно, то общую продолжительность профилактики можно получить из выражения:

$$\tau_{ПП} = \sum_{i=1}^{k \leq n} t_i. \quad (11)$$

Это и будет оптимальное, при заданных условиях, время профилактического обслуживания. С точки зрения обеспечения надежности сельской телекоммуникационной сети и стоимости ее обслуживания важной задачей является удобное формирование комплектов запчастей.

Для этого вводится характеристика запасных частей, позволяющая учесть изменения проектной надежности сельских телекоммуникационных сетей. Такие характеристики называются показателями достаточности запасных частей (ЗИП).

Одним из таких показателей является коэффициент готовности ЗИП ($K_{ГЗИП}$), означающий вероятность того, что ЗИП находится в безотказном состоянии.

$$K_{ГЗИП} = \frac{1 - \bar{t}_{ОЗИП}}{\bar{t}_{ОЗИП} + \bar{t}_{вЗИП}}, \quad (12)$$

где: $\bar{t}_{ОЗИП}$ - средняя продолжительность одного отказа ЗИП, $\bar{t}_{вЗИП}$ - среднее время между отказами ЗИП.

Следующим показателем достаточности ЗИП является среднее время задержки:

$$\bar{\Delta t}_{ЗИП} = \frac{\lim \tau_3(t)}{N(t)}, \quad (13)$$

где: $\tau_3(t)$ - суммарное время, которое заявки, поступающие за время t , прождут из-за нехватки запасных элементов; $N(t)$ - общее число заявок, поступающих за времени t .

Если показателем достаточности ЗИП является среднее время задержки $\bar{\Delta t}_{ЗИП}$, то требование к достаточности ЗИП будет выражено неравенством:

$$\bar{\Delta t}_{ЗИП} \leq \bar{\Delta t}_{ЗИП}^{-TP}, \text{ где } \bar{\Delta t}_{ЗИП}^{-TP} = \bar{t}_P - \bar{t}_{P\infty}. \quad (14)$$

В четвертой главе «Проблемы электроснабжения сельских волоконно-оптических телекоммуникационных сетей» приводится схема организации электропитания абонентских устройств ОНТ и структурная схема построения солнечного источника электроэнергии. Рассмотрены вопросы выбора солнечных элементов и оптимальной ёмкости

аккумуляторов, влияния окружающей среды на солнечные источники электроэнергии. В результате анализа всех существующих и предложенных способов электропитания устройств ONT в период аварии сети электроснабжения, был сделан вывод о необходимости использования автономных бесперебойных источников электроэнергии.

В этой связи, с учётом надёжности и экономичности, предлагается в качестве альтернативного, для электропитания устройств ONT используются солнечный источник электроэнергии. На рис.5. приведена структурная схема организации автономного электропитания абонентских устройств ONT, на Рис.6 - структурная схема солнечного источника электроэнергии.

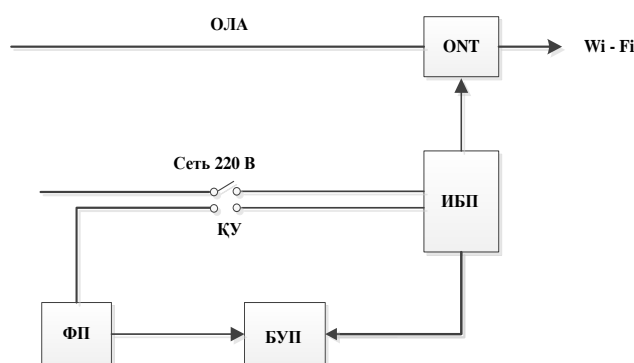


Рис.5. Структурная схема организации автономного электропитания абонентских устройств ONT

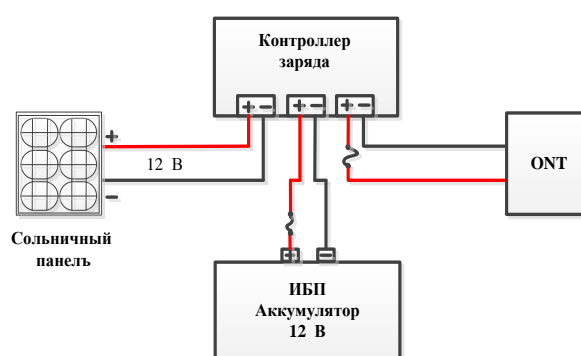


Рис.6. Структурная схема солнечной источника электроэнергии

Основным элементом этой схемы является панель фотопреобразователей (солнечных элементов – СЭ). Их коэффициент полезного действия:

$$\eta_{СЭпред} \cong 1 - \frac{4T_{СЭ}}{3T_C} \quad (15)$$

где: $T_{СЭ}$ -равновесная температура солнечного элемента, при которой осуществляется отвод тепла от него; T_C -5800 К, температура солнечного излучения.

Например, при характерной для солнечных элементов рабочей температуре $T_{СЭ} = 300 \div 500K$ его $\eta_{СЭпред} = 0,931 \div 0,885$. Таких высоких предельных значений КПД не имеет ни один из существующих СЭ. А это означает, что если в результате оптимизации СЭ, направленной на снижение необратимых потерь в процессе преобразования энергии, удастся поднять энергетическиКПД элементов до в среднем $\bar{\eta} = 0,5 \div 0,6$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований, проведённых по диссертации доктора философии в области технических наук (PhD) на тему «Методы обеспечения проектной надежности сельских оптических сетей» представлены следующие выводы:

1. Особенности обеспечения надежности существующих сельских телекоммуникационных сетей, основные виды отказов, статистическая модель и результаты исследования позволили рассчитать вероятность повторения отказов. В результате исследований статистической модели можно определить состояние сельских телекоммуникационных сетей с небольшой надежностью и повысить их надежность за счет своевременного обслуживания.

2. Обосновано, что при построении сетей наиболее оптимальным вариантом является использование топологии «дерево» на базе стандарта GPON и сокращает время, затрачиваемое на проектирование на 5-6%.

3. На основе разработанного алгоритма построения топологии сельских оптических сетей связи и определения времени предотвращения отказа оптического кабеля возможно увеличить управление отказами на 9% за счет более точного определения количества, времени и продолжительности обслуживания.

4. В процессе эксплуатации сети ее проектная надежность за счет оптимального формирования комплекта оптоволоконных кабелей, профилактического обслуживания и запчастей в течение года поддерживалась на уровне 0,98.

5. Пассивная оптическая сеть связи за счет использования схемы солнечных источников бесперебойного питания абонентских устройств дает возможность на 100% повысить эффективность работы абонентских устройств.

6. В результате внедрения разработанных научных решений будет обеспечена бесперебойная работа абонентских устройств сельских телекоммуникационных сетей. В результате проектная надежность обслуживания абонентов была увеличена до 0,99999. При этом за счет сокращения времени на оказание услуг абонентам и увеличения количества пользователей достигнута эффективность 10-12%.

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

TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES

NORMURODOV AKBAR DONIYAROVICH

**METHODS OF ENSURING PROJECT RELIABILITY OF RURAL
OPTICAL COMMUNICATION NETWORKS**

**05.04.01 – Telecommunication and Computer Systems, Telecommunication Networks and
Devices. Distribution of Information**

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

Tashkent – 2021

The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2021.2.PhD/T2219.

The dissertation has been prepared at Tashkent University of Information Technologies.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the Scientific Council website www.tuit.uz and on the website of «ZiyoNet» Information and Educational portal www.ziynet.uz.


Scientific adviser:	Berganov Iskandar Raxmanovich PhD of Technical Sciences, Associate professor
Official opponents:	Davronbekov Dilmurod Abdujalilovich Doctor of Technical Sciences, Professor Gulyamov Shuxrat Mannapovich Doctor of Technical Sciences, Professor
Leading organization:	Military institute of information and communication technologies and communications


The defense of dissertation will take place on December 24 of 2021 year at 10⁰⁰ hours at the meeting of the Scientific Council DSc.13/30.12.2019.T.07.02 at Tashkent University of Information Technologies in **on-line** mode on Zoom platform. **Zoom ID: 330 044 4963; Access code 1.** (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur str., 108. Tel.: (99871) 238-64-43; fax: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

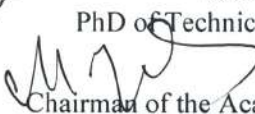
The dissertation could be reviewed is the Information Resource Centre at Tashkent University of Information Technologies (registrated number No232). Address: 100202, Tashkent, Amir Temur str., 108. Tel.: (99871) 238-65-44.

The abstract of dissertation is distributed on: «10» December 2021 y.
(protocol at the register No 7 on «9» December 2021 y).




I.X. Siddikov
Chairman of the Scientific Council awarding Scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor


X.E. Xujamatov
Scientific secretary of the Scientific Council awarding scientific degrees, PhD of Technical Sciences, Associate professor


M.M. Muxitdinov
Chairman of the Academic Seminar at the Scientific Council awarding scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is the development of methods to ensure the design reliability of rural fiber-optic telecommunication networks.

The object of the research is the fiber optic rural telecommunication network.

The scientific novelty of research is as follows:

based on the processing of the collected data, a statistical model has been developed for assessing the health of a telecommunications network;

a promising topology with PON technology has been developed and a structural diagram has been developed to improve the efficiency of rural optical communication networks;

analytical expressions and algorithms for determining the time and duration of cable maintenance have been developed, ensuring the design reliability of rural optical communication networks during operation;

a block diagram of a hybrid power source has been developed, which ensures uninterrupted operation of subscriber devices of a rural optical communication network with PON-technology.

Implementation of the research results. Based on the obtained scientific results on the methods of ensuring the design reliability of rural optical communication networks:

a statistical model for assessing the health of a telecommunication network, developed on the basis of processing the collected data and a promising technology that ensures the use of optical communication networks have been introduced at the enterprises of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan, in particular, in the Khorezm branch of JSC Uzbektelecom (Act from the Ministry for the Development of Information Technologies and communications of the Republic of Uzbekistan No.33-8/930 dated February 9, 2021). As a result of the study, the efficiency of the telecommunications network was increased to 0.3% by reducing the time and duration of service;

promising topology with PON technology to improve the efficiency of rural optical communication networks and a block diagram of a hybrid power supply that ensures uninterrupted operation of subscriber devices of a rural optical communication network with PON technology have been introduced at the enterprises of the Ministry for Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan, in particular in the branch of JSC Uzbektelecom of the Republic of Karakalpakstan (Act from the Ministry for Development of Information technologies and communications of the Republic of Uzbekistan No.33-8/930 dated February 9, 2021). As a result of the study, it was possible to achieve 100% power supply of subscriber devices and save 100 km of optical cables due to the power supply of (autonomous) subscriber devices;

analytical expressions and algorithms for determining the time and duration of cable maintenance, ensuring the design reliability of rural optical communication networks in the process have been introduced at the enterprises of the Ministry for

the Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan, in particular, in the Tashkent branch of JSC Uzbektelecom (Act from the Ministry for Development of Information Technologies and Communications Of the Republic of Uzbekistan No.33-8/930 dated February 9, 2021). As a result of the study, the duration (volume) of preventive maintenance of optical communication networks, the correct formation of spare parts and an increase in the design reliability of optical communication networks during operation to 0.9999 were determined.

Structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, abbreviations and appendices. The volume of the dissertation is 119 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Нормуродов А. Д. Мультисервис алоқа тармоқларида пакетларнинг кечикиши ва йўқотишлар эҳтимоллигини ҳисоблаш усуллари // “ТАТУ хабарлари” журнали.-№4.- 2009. -Б.37-42, (05.00.00, №31).

2. Нормуродов А.Д. Қишлоқ телекоммуникация тармоқларини ривожлантириш тўғрисида // “Ахбороткоммуникациялар: тармоқлар-технологиялар-ечимлар” журнали. -№3(51).-2019.-Б.24-28, (05.00.00, №2).

3. Берганов И.Р., Нормуродов А.Д. Задачи развития сельской телекоммуникационной сети // “Ахбороткоммуникациялар: тармоқлар-технологиялар-ечимлар” журнали.- №4(52).- 2019.-Б.43-49, (05.00.00, №2).

4. Нормуродов А.Д. Қишлоқ жойларда PON технологиясини қўллашнинг ўзига хос хусусиятлари // “Мухаммад ал-Хоразмий авлодлари” журнали.- №1(11).- 2020. -Б.33-35, (05.00.00; №10).

5. A.D.Normurodov. Methods for ensuring the stability of design reliability in rural telecommunications network during its operation // International scientific and technical journal “Chemical Technology, Control and Management”. -№3(93).-2020-P.40-44, (05.00.00; №12).

6. Normurodov A.D. The use of electric power solar sources in rural optical telecommunication networks // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology.-2020.-Volume.7, Issue 5-PP.13743-13746, (05.00.00; №8).

7. Нормуродов А.Д. Қишлоқ телекоммуникация тармоқларининг ишончилигини камайтирадиган омилларнинг таҳлили // “Мухаммад ал-Хоразмий авлодлари” журнали.-№4(14).-2020. -Б.74-78, (05.00.00, №10).

8. Berganov I.R., Normurodov A.D. Optimization of preventive maintenance characteristics of rural optical telecommunication network// International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology.-2020.-Volume.7, Issue 5.-PP.13743-13746, (05.00.00; №8).

9. Normurodov A.D. Analysis Of Factors Decreasing The Reliability Of Designing Rural Communication Networks // Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry (TOJQI) Volume 12, Issue 8, 2021.-PP.2554-2560, Scopus.

II бўлим (II часть; II part)

10. Нормуродов А.Д. Қишлоқ жойларда PON дан фойдаланишнинг аҳамияти // Иқтисодётнинг тармоқларини инновацион ривожлантиришда ахборот-коммуникация технологияларининг аҳамияти. Республика илмий-техник анжумани Маърузалар тўплами. Тошкент- 2020 йил 5-6 март, -Б.288-290.

11. Нормуродов А.Д. ОТАЛ нинг лойиҳавий ишончилигини хизмат кўрсатиш шароитида таъминлаш усуллари // Иқтисодиётнинг тармоқларини инновацион ривожлантиришда ахборот - коммуникация технологияларининг

аҳамияти Республика илмий-техник анжумани Маърузалар тўплами. Тошкент- 2020 йил 5-6 март, -Б.-290-293.

12. А.Д.Нормуродов. Сравнительный анализ возможных вариантов построения сельской телекоммуникационной сети// interconf Science, education, innovation: Topical issues and modern aspects, Tallin, Estonia, 16-18.12.2020. №2(38) - PP.1190-1194.

13. A.Normurodov,. A.O'rushov. Comparative analysis of technologies for the development of optical networks // interConf Science, education, innovation: Topical issues and modern aspects, Hamburg, Germany, 26-28.2021. №40, -PP.685-688.

14. А.Д.Нормуродов. Қишлоқ оптик алоқа тармоқларига киришни лойиҳавий ишончилигини таъминлаш усуллари// Электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳнома. Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги ҳузуридаги Интеллектуал мулк агентлиги, №DGU08317, 09.06.2020 й.

15. А.Д.Нормуродов. Қишлоқ оптик телекоммуникация тармоқларига техник хизмат кўрсатиш тавсифларини оптималлаштиришни ҳисоблаш математик моделлари // Электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳнома. Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги ҳузуридаги Интеллектуал мулк агентлиги, №DGU27408, 22.02.2021 й.

Автореферат “Мухаммад ал-Хоразмий авлодлари” журнали таҳририятида
ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларининг мослиги текширилди
(06.12.2021).

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табоғи: 2,75. Адади 100. Буюртма № 70/21.

Гувоҳнома № 851684.
«Тірографф» МЧЖ босмаҳонасида чоп этилган.
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.