

6021.396
fl 18

А.М.НАЗАРОВ
Ҳ.Х.МАДАМИНОВ
А.ҲОТАМОВ



МОБИЛЬ АЛОҚА
СТАНЦИЯЛАРИДАН
ТАРҚАЛУВЧИ СИГНАЛ
САТҲЛАРИНИ БИНОЛАРДА
ТАҚСИМЛАНИШИ

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ АХБОРОТ
ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ВА КОММУНИКАЦИЯЛАРИНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ ВАЗИРЛИГИ**

**МУҲАММАД АЛ-ХОРАЗМИЙ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ
АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**

**НАЗАРОВ АБДУЛАЗИЗ МУМИНОВИЧ
МАДАМИНОВ ҲАЙДАР ХУДАЯРОВИЧ
ҲОТАМОВ АБДУҒАФУР**

**МОБИЛЬ АЛОҚА
СТАНЦИЯЛАРИДАН
ТАРҚАЛУВЧИ СИГНАЛ
САТҲЛАРИНИ БИНОЛАРДА
ТАҚСИМЛАНИШИ**

(Монография)

Тошкент – 2020

УДК:621.396.67.01

КБК: 32.841

Назаров А.М., Мадаминов Х.Х., Ҳотамов А. Мобиль алоқа станцияларидан тарқалувчи сигнал сатҳларини биноларда тақсимланиши. –Т.: «Aloqachi», 2020. – 104 б.

ISBN 978–9943–6395–8–4

Монографияда мобиль алоқа базавий станцияларидан тарқалувчи ультра қисқа диапазондаги радиотўлкинларнинг майдон сатҳларини бинолар ичида тақсимланиши, умуман ультра қисқа диапазони радиотўлкинларининг бино шароитида тарқалиш хусусиятлари, тарқалаётган сигналларнинг биноларга турли бурчак остида тушиши ва биноларда ишлатилган қурилиш материалларига боғлиқ равишда ўзгаришини ўрганишга бағишланган тадқиқотлар натижалари келтирилган. Шу жумладан монографияда биноларда майдон сатҳи кучсизланишини аниқлаш учун майдон кучланганлигининг дифракцион компонентларини ҳисоблаш усули, томида базавий станция жойлашган бинонинг сўнги каватидаги хоналар ичида майдон сатҳи кучсизланишини ҳисоблашнинг тақомиллаштирилган усули ишлаб чиқилган ва мобиль алоқа базавий станциялари тарқатаётган майдон сатҳи кучсизланишининг бинодаги инсонларга экспериментал боғликлиги аниқланган.

Монография Ўзбекистон Республикаси олий ўқув юртларининг ахборот ва мобиль алоқа технологиялари, телерадиоэшиттириш ва радиоэлектрон тизимлари йўналишлари юқори курс талабалари ва докторантлари, электромагнит мослашув маркази, мобиль алоқа корхоналари муҳандис-техник ходимлари учун мўлжалланган.

УДК:621.396.67.01

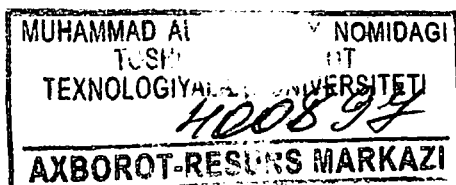
КБК: 32.841

Такризчилар: Писецкий Ю.В. - техника фанлари доктори, профессор, Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети
Тошманов Е.Б. - техника фанлари доктори, доцент, Ўзбекистон Республикаси Миллий гвардияси Ҳарбий-техник институти.

Муҳаммад Ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети Кенгаши қарори асосида нашр қилинган №

ISBN 978–9943–6395–8–4

© «Aloqachi» нашриёти, 2020.



КИРИШ

Дунёда ҳозирги кунда ахборот-коммуникация технологияларининг, хусусан, тўртинчи ва бешинчи авлод мобиль алоқа технологияларининг жадал ривожланиши кузатилмоқда. Бу эса, симсиз алоқа тизимлари ривожланиш босқичида янги поғона ясамоқда. Бир томондан, кенг полосали замонавий симсиз технологиялар кундалик ҳаётимизга енгиллик ва қулайлик олиб киргани ҳолда, фойдаланувчиларни смартфон, планшет каби мобиль алоқа қурилмаларига бўлган талабни муайян равишда оширмоқда. Бошқа тарафдан эса, мобиль терминалларининг кенг тарқалиши, ўз навбатида, симсиз алоқанинг тезкор ривожини таъминламоқда. Бу борада жаҳоннинг илғор мамлакатларида, хусусан АҚШ, Европа Иттифоқи давлатлари, Япония, Жанубий Корея, Хитой, Россияда мобиль алоқа, Интернетга уланиш, рақамли телевидениеларни ривожига катта эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда мобиль алоқа тизимлари радиотўлқинларнинг бино ва хоналар бўйлаб тарқалиш масаласини алоҳида таъкидлаш мумкин. Бунда радиочастоталар спектридан фойдаланиш самарадорлигини оширишга, электромагнит ҳолатни баҳолашга, оптик тола ва мобиль алоқа тармоқларини такомиллаштиришга ҳамда маълумот узатиш тезлигини оширишга қаратилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада мобиль алоқа тармоқларида радиочастота ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш, радиотўлқинларнинг бино бўйлаб тарқалишини такомиллаштириш, радиоканалларнинг техник тамойилларини баҳолаш усулларини ишлаб чиқиш, мобиль алоқа базавий станциялари жойлашувини оптималлаштириш муҳим вазифалардан бири саналади. Соҳа мутахасисларининг фикрича, кўнғироқларнинг 2/3 қисми ва маълумот узатиш билан боғлиқ хизматларнинг 90 фоизи бино ичида амалга оширилади. Тармоқнинг юқори кўрсаткичли радиоқамрови хизмат кўрсатиш сифатининг кафолати (QoS)ни белгилаб беради. Бунда, радиотўлқинларнинг бино ичида тарқалишларини тадқиқ этиш долзарб вазифалардан бири ҳисобланади.

Республикада симсиз алоқа тизимларига, рақамли телевидениега, Интернет тизимларига алоҳида эътибор қаратиш орқали янги технологияларни жорий қилиш бўйича чора тадбирлар амалга оширилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 22 декабрдаги Олий Мажлисга мурожаатномасида мазкур

соҳанинг ривожини билан боғлиқ бир қатор вазифаларни илгари сурган ҳолда, “... аҳолини телекоммуникация хизматлари билан тўлиқ қамраб олиш мақсадида 4 мингдан ортиқ таянч мобиль алоқа станциясини ишга туширилиши”, таъкидланган эди¹, ва 2018 йил 19 февралда қабул қилинган “Ахборот технологиялари ва коммуникациялари соҳасини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5349-сонли Фармонида бир қатор вазифалар белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда «охирги миля» тамойили бўйича Интернет тармоғидан кенг поласали фойдаланиш, мультисервиси алоқа тармоқлар технологиялари, замонавий телекоммуникация хизматларини ривожлантириш ва модернизация қилиш бўйича чора-тадбирлар режасини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йилнинг 18 апрелидаги ПҚ-3673-сонли “Инновацион лойиҳаларни амалга ошириш ва идоравий ахборот тизимларини жадал интеграциялашувининг ташкилий чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарори, 2017 йилнинг 7 февралдаги ПФ-4947-сонли “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида” Фармони, Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2018 йилнинг 7 мартдаги 185-сонли “Алоқа, ахборотлаштириш ва телекоммуникация хизматлари сифатини янада яхшилашга доир чора-тадбирлар тўғрисида”ги Қарори ҳамда соҳага доир бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда кўзда тутилган вазифаларни бажаришга ушбу монография муайян даражада хизмат қилади.

Яқин йилларгача мобиль алоқа тизимлари радиотўлқинларнинг бино ва хоналар ичида тарқалиш масаласига алоҳида эътибор қаратилмаган. Бино ичидаги деворлар, тўсиқлар, мебеллар, радиоэлектрон аппаратлар, инсонлар ва бошқа объектлар радиотўлқинлар тарқалишига тўсқинлик қилишига оид нашрий материаллар, шу жумладан, Тошкент шаҳри ва унга ўхшаш бошқа шаҳар бинолари ичида майдон сатҳларини ҳисоблаш усуллари оид нашрий материаллар деярли чоп этилмаган. Сўнгги йилларда Россия Федерацияси ва Болтиқ бўйи давлатларида бу каби мавзулардаги нашрий ишлар чоп этилди. Шаҳар шароитида ультра

¹Ўзбекистон Республикаси Президенти Шавкат Мирзиёевнинг Олий Мажлисга 2017 йилнинг 22 декабрида қилган Мурожаатномаси. // <http://uza.uz/oz/documents/zbekiston-respublikasi-prezidenti-shavkat-mirziyevning-oliy-22-12-2017>

қисқа тўлқин диапазолида радиотўлқинлар тарқалишининг (электромагнит майдон тақсимланишининг) ўзига хос хусусиятларини аниқлашда хорижлик олимлардан Ж. Окамура, М. Хата (Япония), М. Долуханов, Е. Милютин, Г. Василенко (Россия) кабилар муносиб ҳисса кўшганлар.

Ўзбекистонда бу муаммолар билан Д.Ликонцев, А.Нигманов, А.Абдукадиров, А.Шахобиддинов каби олимлар катта ҳисса кўшганлар.

Монографияда ультра қисқа тўлқинлар диапазолининг 450, 900, 1800, 2100 МГц ва 2600 МГц частоталарида тарқалувчи радиотўлқинларнинг биноларда кучсизланиш хусусиятларини ўрганиш учун ўтказилган экспериментал тадқиқотлар натижалари келтирилган, мобиль алоқа сигналени темир-бетонли деворларда кучсизланиш даражасини ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган, турли материаллардан қурилган бинолар деворларида сигнал йўқотилишларини тадқиқ қилиш ўрганилган, бинолар ичидаги инсонларнинг сигнал кучсизланишига таъсирини аниқлаш усули ишлаб чиқилган.

Монография кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат.

I БОБ. БИНО ТАШҚАРИСИДА МАЙДОН САТҲЛАРИНИ ТАҚСИМЛАНИШИ УСУЛЛАРИ

1.1. Ўзбекистонда мобиль алоқани ривожланиш истиқболлари

Ҳозирги кунда мобиль алоқа тизимларида маълумот узатиш хизматчилари фойдаланувчилар талабларининг кескин ортишини бошидан кечирмоқда. Тез ўсаётган мобиль алоқа абонентлари сони ва хизматлардан фойдаланиш ҳажмининг ортишитуфайли операторлар такомиллаштирилган технологияларни жорий этиш, юқори сифатли мавжуд алоқа хизматларини ва маълумот узатишнинг инновацион хизматларини тақдим этиш ҳисобига ўз тармоқларини такомиллаштиришга мажбур бўлмоқдалар. Алоқа операторлари ва ускуна етказиб берувчилар инновацион ечимларни, шу жумладан, қўлланадиган радиочастота спектрининг самарадорлигини яхшилайдиган таклифларни илгари сурмоқдалар. Шу билан бирга GSM стандарти ўзининг “ўта оммавийлиги”га қарамасдан, барибир ўз ўрнини янги мобиль алоқа технологияларига бўшатиб берамоқда. Ҳозирги вақтда Ўзбекистонда ҳозиргача GSM стандартини қўллайдиган тўртта мобиль операторлар - Mobiuz, Beeline, Uzmobile ва Ucell операторлари ишламоқда, улар иккинчи авлод тармоқларида 900МГц ва 1800МГц диапазонларини ишлатади.

Ўзбекистонда ишлайдиган 3G учинчи авлод тармоғи 2100МГц частоталар диапазонини ишлатади.

4G тўртинчи авлод тармоқларида частоталар диапазонлари ҳар хил операторларда турлича бўлади. Beeline ва Mobiuz мос равишда 850МГц ва 800МГц диапазонларини ишлатади. Шу билан бир вақтда Uzmobile, Ucell ва EVO мос равишда 1800МГц, 2600МГц ва 2300МГц диапазонларини ишлатади (1.1- жадвал) [2; 1-б.].

Ўзбекистон Президенти Матбуот-хизматининг маълумотларига кўра, 2017 йилнинг охирига келиб, Ўзбекистонда мобиль алоқа фойдаланувчилари сони 22,8 млн кишини [3; 1-б.] ташкил этган. Шу билан бирга мобиль алоқа базавий станцияларининг сони ҳам ортмоқда.

Мобиль алоқа операторларининг ишлаш диапазонлари

Операторлар	GSM (2G)	UMTS (3G)	LTE (4G)
Mobiuz	900/1800 МГц	2100МГц	800МГц
Beeline	900/1800 МГц	2100МГц	850/1800* МГц
Uzmobile	900/1800 МГц	2100МГц	1800МГц
Ucell	900/1800 МГц	2100МГц	2600/700** МГц
EVO+	900/1800 МГц	2100МГц	2300МГц

Изоҳ: * Айрим шаҳарларда Билайн 4G 1800МГцда ишлайди.

**Ucell оператори 4G LTE интернет хизматлари учун 700МГц диапазонидаги частотадан фақат Андижон шаҳрида фойдаланиши мумкин.

Ўзбекистонда Республиканинг мобиль алоқа тармоқларини такомиллаштириш бўйича ишлар давом этмоқда [4; 1-б.]. Ўзбекистон миллий мобиль оператори – UZMOBILE Хитойнинг ZTE корпорацияси билан ҳамкорликда Телекоммуникацияларни ривожлантириш маркази лабораторияси базасида “Pre5G” лаборатория тестларини яқунлади. ZTE таклифи бўйича тестларда 4G тармоқларда 5G технологияси ишлатилди. Бу Ўзбекистондаги биринчи “Pre5G”ни тестлаш ва бу тестлаш операторнинг тармоқларида трафикнинг кескин ортиши билан қандай ишлаш кераклигини тушуниб олишга имкон беради. Тестлаш бир неча ташувчиларни агрегациялаш, 4×4 MIMO, 256 QAM ва соҳадаги бошқа илғор технологиялардан фойдаланиш ёрдамида ўтказилди.

Кенг тарқалган базавий станциянинг мульти режимли радиомодули асосида тестлаш ҳар бир фойдаланувчи учун маълумотларни 1 Гбит/сгача узатиш тезлигини кўрсатди, ва бу 4G тармоқларни равон эволюцияланиши жараёнида маълумотларни узатиш қобилиятини ошириш бўйича талабларга тўлиқ жавоб беради.

Бу эса, операторга ўтказувчанлик қобилиятининг оширилиши, Интернет буюмлар (IoT), юқори кўрсаткичли фойдаланувчи тажрибаси ва булутли сервис каби тўрт йўналишда 4G тармоқларининг мунтазам эволюциясини амалга ошириш имконини беради. Бунда янги бизнес-моделлар ва хизматлар спектрига бўлган эътибор сақланиб қолгани ҳолда, 5G тармоқларига равон ўтиш кафолатланади.

ZTE компанияси томонидан биринчи марта 2014 йилда тақдим этилган “Pre5G” концепцияси соҳада юқори эътироф этилди, ва унинг “Pre5G” MIMO (Multiple Input Multiple Output) технологияси бир неча нуфузли мукофотларга сазовор бўлди. ZTE “Pre5G” технологияси 4Gдан 5Gга ўтишдаги муҳим босқич деб ҳисобланади.

Ҳозирги вақтда телекоммуникацион ҳамжамият олдида Интернетга мобиль уланишнинг сифат жиҳатидан янги технологиясини яратиш вазифаси турибди. У 4K-видеони онлайн режимда, масофадан тиббий манипуляцияларни ўтказиш имконияти учун жуда кичик кечикишли узатиш учун жуда юқори уланиш тезлигига эга бўлиши керак. Шунингдек, буюмлар Интернет (IoT) ва машиналараро алоқа (M2M) ривожланишида унга катта умидлар боғланмоқда. Cisco компаниясининг IBSG консалтинг бўлинмаси мутахассислари ҳисоблашларича, 2020 йилга келиб уланган қурилмалар сони 40 млрд. донадан ортади. IoT барчасини қамраб оладиган сегмент (инглизчада Internet of Everything, IoE) бўлиб қолади, ва унга ҳам инсонлар, жараёнлар ва маълумотлар уланади. IoE жуда кўп сонли боғланишли тармоқнинг бошқарилувчанлигини, назорат қилинувчанлигини ва масштабланувчанлигини интеллектуал тармоқ функциялари орқали таъминланишини кўзда тутди.

Шунингдек, айтиб ўтиш керакки, 1G, 2G, 3G ва 4G мобиль алоқа технологиялари орасидаги ўтиш одатда улар тижорий ишлатилиши учун мумкин бўлгунча одатда ўн йиллар давом этади. Бунда эски технологияларни янги технологиялар тўлиқ ва бирданига суриб чиқармайди, аксинча улар яна анча вақт қўлланилади. Шунинг учун 5G форматига ўтиш билан олдинги форматлар ҳали мавжуд бўлиши ва ишлашига барча асослар бор. Алмаштириш аста-секин бўлиб ўтади, чунки нафақат тармоқни қуриш, балки бу тармоқдан фойдаланиш шароитларини яратиш зарур. Бу эса янги фойдаланувчилар қурилмалари, буюмлар

Интернети ва машиналараро алоқа учун асбоблар яратиш дегани. Ҳар қандай ҳолда бешинчи авлод алоқа технологияси нафақат телекоммуникацион соҳани, балки бошқа йўналишлар: – жамоат хавфсизлиги, тиббиёт, фан, маданият, иқтисодни ривожлантириш учун сезиларли туртки беради.

Янги авлод - технологияларини жорий этиш радиочастоталар спектрининг юқорироқ диапазонларида янги частоталарни ўзлаштириш туфайли бўлиб ўтади. Тўртинчи авлод ва кейинги бешинчи авлод мобиль алоқа технологияларини қуриш учун сантиметрли диапазонларда, вақт ўтиши билан эса миллиметрли диапазонларда ишлаш режалаштирилмоқда. Бу эса, ўз навбатида, радиоқамровни режалаштириш, частоталар ресурсини тақсимлаш ва бошқа масалаларда маълум қийинчиликларни яратади.

Юқорироқ частоталарга ўтиш, янги антенналар технологияларини кенг қўлланиши, шунингдек биноларнинг қурилишида ва пардозлашда янги материаллардан фойдаланиш шаҳар шароитларида радиотўлқинларни тарқалишининг ўзига хос хусусиятлари бўйича қўшимча тадқиқотларни ўтказилишини талаб қилади.

1.2. Шаҳар шароитида радиотўлқинлар тарқалишининг ўзига хос хусусиятлари

Силлиқ ер сирти устида тарқалишига нисбатан радиотўлқинларни шаҳарда тақсимланиши анча мураккаб характерга эга. Шаҳардаги қурилишни хатолик жойлашган ярим ўтказувчи тўсқинликлар билан тўлдирилган биржинсли бўлмаган фазо сифатида қараш мумкин. Одатда қабул қилиш нуқтасига бир тўлқин эмас, балки ён атрофдаги бинолардан ва томдан дифракция ҳисобига қайтган бир неча тўлқинлар келади. Бу тўлқинларнинг фазаси ва амплитудасини детерминирланган (аниқ) ҳисоблаш жуда қийин бўлгани учун экспериментал ўлчаш маълумотлари алоҳида аҳамиятга эгадир. Бироқ шуни назарда тутиш керакки, архитектура радиотўлқинларни шаҳарда тарқалиш характеристикаларига сезиларли таъсир кўрсатади [5; 3-18-б.].

Ҳаракатдаги алоқа турида узатилаётган сигналлар шунингдек радиотўлқинларни кўп нурли тарқалиши ва тарқалаётган муҳит нотекисларида сочилиш билан боғланган турли ҳодисаларга дуч келади. Бу ҳодисалар радиосигналларда йўқотишларга олиб келади.

Радиосигнал сўнишлари ўзларининг статистик характеристикалари билан фарқланадиган тез ва секин турларига бўлинади. Агарда қабул қилиш антеннаси стационар ўрнатилган бўлса, у ҳолда тропосфера синдириш кўрсаткичи индекси градиентини ўзгариши билан боғлиқ сигнални секин йўқотиш кузатилади. Бундай йўқотишларни фақат майдон кучланганлиги ўлчагичи ёрдамида қайд қилиш мумкин. Ҳаракатдаги қабул қилиш ҳолига келсак, масалан автомобилда сигнални секин йўқотишлар одатда объекти ҳаракат йўлидаги ер рельефини нисбатан унча катта бўлмаган ўзгаришлари билан тушунтирилади. Сигнални тез сўнишиб қолишлари уларни кўзгалмас ва кўзгалувчан ҳаракатдаги объектлардан қайтиши ҳисобига рўй беради, уларни кўп нурли сўнишлар деб ҳам айтилади.

Сигналларни ҳаракатдаги объект ва базавий станция ўртасидаги тарқалиш характеристикалари асосан айнан кўп нурли сўнишларга боғлиқ. Кўп нурлилиқ сўнишдан ташқари вақт бўйича силжиган қайтадан қайтган импульсларни устма-уст тушиши билан пайдо бўлувчи “сигнал кечикишини силжиши” ходисасига (ёки “импульсни кенгайиши”)га сабабчи бўлади. Кўп нурлилиқ сўниши шунингдек, қутбсизланиш ходисасига олиб келади, қачонки қайтган радиотўлқинларни устма-уст тушиши ҳисобига сигналнинг қутбланиш текислиги ўзгаради ва ортогонал қутбланган сигнал пайдо бўлади.

Ультра қисқа тўлқин диапазонида сигналларни қабул қилиш шароитлари мобиль терминал антеннасининг уни ўраб турган предметларга нисбатан жойлашишига сезиларли боғлиқ бўлади. Шаҳар шароитларида бундай предметларга бинолар, дарахтлар, завод трубалари, мачталар ва ҳоказолар киради. Яқин жойлашган бинолар уларни жойланишига қараб сояловчи тўсиқлар ва қайтган тўлқинларни маҳаллий манбалари бўлиши мумкин. Алоҳида тўсиқнинг сояловчи таъсири шунга олиб келадикки, тўсиқ ортидаги майдон иккита жараён натижасида пайдо бўлиши мумкин: дифракция ва тўсиқ ичидан ўтиш ҳисобига.

Кўрилаётган ультра қисқа тўлқин диапазонида дифракция катта йўқотишлар эвазига кечади. Тўлқинларни тўсиқ орқали ўтиши масалан, бино деворлари ичидан ўтиши шунингдек ютилиш ҳисобига катта йўқотишлар билан рўй беради. Ўлчашлар шуни кўрсатадикки, алоҳида турган ғиштли бино орқасидаги майдон кучланганлиги унинг олдидагидан 20...30 дБга камаяди, темир

бетонли бино ортидаги сигнал сатҳи эса 30...40 дБгача пасаяди. Умуман олганда, шаҳар қурилиши ичида сигнал сезиларли кучсизланган кўп сонли соя зоналар мавжуддир. Ўраб турган биноларни қайтган тўлқин манбалари сифатида таъсир қилиши фазода майдон амплитудасини кўп сонли қайтган тўлқинлар интерференцияси натижасида нотекис тақсимланиши кўринишида ҳам ва сояли зоналарни ўзига хос ёритилиши кўринишида ҳам намоён бўлади. Вертикал (тик) қутбланиш ҳолатида вертикал бўйлаб жойлашган предметлардан (бино деворлари, дарахтлар) қайтган тўлқинлар янада интенсивроқ бўлади.

Йирик ва темир бетонли бинолар радиотўлқинларга деярли шаффоф эмас. Сояли майдонда тўғридан-тўғри бино ортида майдон сатҳи яна ҳам пастроқ бўлиши керакдек туюлади, аммо ҳамма вақт ҳам бундай эмас. Бунга сабаб - сояли областларни ёритиб турувчи ва уларда бино орқали ўтадиган майдон кучланганлигидан ҳам юқори кучланганлик ҳосил қиладиган бошқа бинолардан қайтган тўлқинлардир. Шундай, якка тартибда турган бинолар орқасидаги майдон кучланганлигини 627 МГц частотада ўлчанган қийматлари шуни кўрсатадики, ғиштли бино ортида унинг олдида нисбатан майдон кучланганлиги 26 дБ га камаяди, темир бетонли бино ортида эса сигнал сатҳи 35 дБ га камаяди [5; 3-18-б.].

Тарқалаётган тўлқин узунлигидан анча катта бўлган бино деворлари интенсив қайтаришни вужудга келтиради, бу эса шаҳар шароитида радиотўлқинларни тарқалиш жараёнига кўп нурлилик характерини беради. Қайтарувчи сиртларни мураккаб конфигурацияси (дераза дарчалари, балконлар, лоджиялар ва х.к.) кенг бурчакли секторларда радиотўлқинларни сочилишига олиб келади. Шу билан бирга ойнасимон қайтишга мос йўналишларда тўлқин нурланиши интенсивлиги анчага ўсади.

Экспериментал тадқиқотлар натижалари шуни кўрсатадики, шаҳар шароитларида масофага боғлиқ равишда майдон кучсизланиши очик фазога нисбатан анча тез ўсиб боради ва бир хил типдаги шаҳарлар учун деярли бир хил бўлади. Масалан, 836 МГц частотада майдон кучсизланиши очик фазога нисбатан ўртача 15...25 дБга катта бўлади.

Қатор илмий ишларда радиотўлқинларни кучсизланиш қийматида шаҳар туманлари кўчаларини планировкасини таъсири кучлилиги қайд этилади. Узун бўйли кўчаларда кенгроқ кўчалар бўйлаб сигнал тор кўчаларга нисбатан яхшироқ тарқалади,

кўндаланг кўчаларда кучсизланиш бўйлама кўчаларга нисбатан 3...8 дБ га кўпроқ бўлади.

Юқори даражада тизимлаштирилганлиги билан ажралиб турадиган ва шаҳар шароитида УҚТ майдони кучланганлигини медиан аҳамияти учун қатор муҳим қонуниятларни ўрнатишга имкон берувчи энг тўлиқ экспериментал натижалар Окамура томонидан олинган бўлиб, у Токио шаҳри атрофида базавий станциялар антенналарининг 45 дан то 820 м баландликларида 453, 922, 1430 ва 1920 МГц частоталарда экспериментал изланишлар ўтказди. У томонидан шу кўрсатилдики, частота ошиши билан сигнал кучсизланиши шаҳар шароитида ортиб боради. Шаҳар шароитида сигнал кучсизланишига турли сабабларга кўра узатувчи ва қабул қилиш антенналар баландлиги таъсир этади. 10 кмдан кам масофалар учун қабул қилинаётган сигнал қуввати деярли антенна баландлиги қиймати квадратига нисбатан пропорционал равишда ўзгаради. Катта масофаларда (30 кмдан кўп) бу боғланиш янада кучли тус олади. Мобиль терминал антеннасини 1,5дан 3 м гача кўтаришда сигнал ўзгариши 3 дБдан ошмайди.

Шаҳарда тўлқинларни кўп нурли тарқалиши шароитларида қайтган тўлқинларни статистик жиҳатдан мустақил бўлиши ҳақидаги тахмин табиийдек кўринади. Кузатиш нуқтасида ҳар бир тўлқин томонидан яратилаётган майдон кучланганлиги кўп сонли тасодифий факторларга боғлиқ: қайтариш сиртини шакли ва унинг электр хусусиятлари, унинг бир жинслилиги, фазодаги йўналишига боғлиқ бўлади. Бу эса майдон кучланганлигини тақсимланиши нормал қонуниятга яқин, сигнал амплитудаси учун эса рээлей ёки райс тақсимоти характерли бўлган тасодифий комплекс катталиқ сифатида қарашга имкон беради.

Қабул қилувчи объектни қурилишлар зичлиги тахминан доимий бўлган туманларда ҳаракатланишида 50% сигнал сўнишлари сигнални ўртача сатҳидан 9...10 дБ га, чуқур сўнишлар эса 24...35 дБ кам бўлади, бунда сўнишлар чуқурлиги нурланиш частотасига боғлиқ бўлмайди.

Илмий ишларда радиотўлқинларнинг шаҳар бўйлаб тарқалиши билан боғлиқ эътиборга молик маълумотлар ҳам келтирилган [6; 231-236-б.].

1.3. Майдон сатҳларини ҳисоблаш усуллари

Бино хоналари ичида майдон кучланганлиги сатҳларини аниқлаш учун бино деворларидаги майдон кучланганлигини олдиндан аниқлаш зарур.

Бунинг учун шаҳар шароитларида майдонсатҳларини ҳисоблашнинг турли усуллари мавжуд. Айрим муаллифлар ҳисоблаш ифодасига шаҳар қурилиши тури, антенналарнинг кўтарилиш баландлиги, узаткичнинг қуввати ҳисобига олинмаган эмпирик коэффицентни киритади. Бошқалари мавжуд назарий боғлиқликларга тузатиш коэффицентларини киритишга уринишади. Учинчи муаллифлар бу масалани дифракция назарияси ёрдамида ечишга ҳаракат қилади. Қуйида шаҳар шароитларида (бинолардан ташқарида) майдон сатҳларини ҳисоблаш усулларини қисқача таҳлил қилиши келтирилади.

Айрим мумкин бўлган усуллардан бири катта ҳажмли экспериментал маълумотларни ўртачалаштириш асосида олинган эмпирик коэффицентлар билан ҳисоблаш усулидан фойдаланиш ҳисобланади. Ҳар бир усул ўзининг эмпирик коэффицентлар тўпламига ҳамда ўз қўлланиш шартларига эга.

Шунингдек ҳисоблаш учун фойдаланиладиган детерминистик усулларгеометрик оптика ва геометрик дифракция назарияси принципларига асосланган ва реал шаҳар қурилишларини ҳисобга олади. Бундай усуллардан ҳам стационар алоқа линиясида, ҳам мобиль алоқа базавий станциялари майдони сатҳларида, айниқса 1 ГГцдан юқори частоталарда ҳисоблаш учун фойдаланиш мумкин.

1.2- жадвалга биринчи энг маълум нашрлардан шаҳар шароитларида эмпирик ва дифракцион электромагнит майдон сатҳларини ҳисоблаш усуллари киритилган. Ишларнинг қисми [7; 1-21-б.] ишда тавсифланган. Нашрлар орасида Н.И.Бардин ва Н.Д.Дымовичнинг иши муҳим ўрин эгаллайди, унда муаллифлар Ленинград (ҳозирги Санкт-Петербург) шаҳридаги олинган экспериментал натижаларни назарий умумлаштиришга уринишган.

1.2- жадвал

Усулнинг ҳисоблаш ифодаси	№	Муаллифлари	Эслатма
$E = \frac{\Delta K_{\text{а.м.}} \sqrt{P_{\Sigma \text{баз.ст}}}}{r} \cdot \exp\left(-\frac{\alpha S}{\lambda x}\right), \text{ В/м;}$	(1.1)	Джонс Л.	$\alpha, \Delta K_{\text{а.м.}}, x$ - эмпирик коэффициентлар; S - эквивалент ютиш қатламида тўлиқ босиб ўтадиган масофа
$E = \frac{1290\pi}{\lambda} \cdot \sqrt{P_{\Sigma \text{баз.ст}}} \cdot \frac{h_{\text{баз.ст}} \cdot h_{\text{моб.г}} \cdot V}{r^2}, \text{ МВ/м;}$	(1.2)	Введенский Б.А. ва Аренберг Г.А.	$P_{\Sigma \text{баз.ст}}$ - кВтда, r - кмда.
$E = \frac{c \sqrt{P_{\Sigma \text{баз.ст}}}}{r^m}, \text{ МВ/м;}$	(1.3)	Кушнир В.Ф. ва Долуханов М.П.	$P_{\Sigma \text{баз.ст}}$ - кВтда, r - кмда. c ва m - эмпирик коэффициентлар.
$E = \frac{26,1 h_{\text{баз.ст}} \sqrt{P_{\Sigma \text{баз.ст}}}}{r} \cdot \exp(-0,726r), \text{ мкВ/м}$	(1.4)	Трифонов П.М.	$h_{\text{баз.ст}} > H_{\text{бино}},$ $f = 150 \text{ МГц}$
$E = \frac{8,7(1,1 + h_{\text{баз.ст}}) \cdot \sqrt{P_{\Sigma \text{баз.ст}}}}{r} \cdot \exp(-0,723r), \text{ мкВ/м;}$	(1.5)	Трифонов П.М.	$h_{\text{баз.ст}} > H_{\text{бино}},$ $f = 300 \text{ МГц}$
$E = \frac{214 h_{\text{баз.ст}} \sqrt{P_{\Sigma \text{баз.ст}}}}{r} \cdot \exp(-1,22r), \text{ мкВ/м;}$	(1.6)	Трифонов П.М.	$h_{\text{баз.ст}} > H_{\text{бино}},$ $f = 150 \text{ МГц}$
$E = \frac{25,8(0,38 + h_{\text{баз.ст}}) \sqrt{P_{\Sigma \text{баз.ст}}}}{r} \cdot \exp(-1,22r), \text{ мкВ/м;}$	(1.7)	Трифонов П.М.	$h_{\text{баз.ст}} > H_{\text{бино}},$ $f = 300 \text{ МГц}$
$E = \frac{ch_{\text{баз.ст}} \sqrt{P_{\Sigma \text{баз.ст}}}}{r^m}, \text{ мкВ/м;}$ $E = \frac{(-0,23 \lg p + 0,465) \cdot \sqrt{P_{\Sigma \text{баз.ст}}}}{r^{-(5 \cdot 10^{-3} p + 1,68)}}, \text{ мкВ/м;}$	(1.8) (1.9)	Чепура В.Ф.	$P_{\Sigma \text{баз.ст}}$ - кВтда, r - кмда, p - “таъминлаш” фоизи, $10\% \leq p \leq 95\%$.

1.2-жадвалнинг охири

$E = \frac{173\sqrt{P_{\Sigma\text{баз.ст}}}}{r} \cdot \sqrt{1 + 2R \cdot \cos\left(\theta + \frac{4\pi h_{\text{баз.ст}} \cdot h_{\text{моб.т}}}{\lambda \cdot r}\right) + R^2}, \text{ мкВ/м,}$ $E = \frac{2,18\sqrt{P_{\Sigma\text{баз.ст}} \cdot h_{\text{баз.ст}} \cdot h_{\text{моб.т}}}}{r^2 \cdot \lambda}, \text{ мкВ/м,}$	(1.10) (1.11)	Бардин Н.И. ва Дымович Н.Д.	Кенг радиал кўчаларда том сатҳидан пастда қабул қилиш. $P_{\Sigma\text{баз.ст}}$ - в кВт, r - в км
$E = \frac{0,14b \cdot h_{\text{баз.ст}}^{3/2} \cdot h_{\text{моб.т}} \sqrt{P_{\Sigma\text{баз.ст}}}}{\lambda^{3/2} \cdot z \cdot r^{5/3}}, \text{ мВ/м;}$	(1.12)	Бардин Н.И. ва Дымович Н.Д.	$2b$ кўча кенглиги Френель биринчи зонаси ўлчамларидан кичик; $z = H_{\text{бино}} - h_{\text{моб.т}}$ - бинолар томи сатҳидан қабул қилиш антеннасиғача масофа.
$E = \frac{0,019b \cdot h_{\text{баз.ст.к}} \sqrt{P_{\Sigma\text{баз.ст}}}}{r^2} \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{z}} \cdot V, \text{ мВ/м;}$	(1.13)	Бардин Н.И. ва Дымович Н.Д.	Кўнланг кўча. V - график аниқланадиган кўшимча кўпайтувчи; $h_{\text{баз.ст.к}}$ - қабул қилиш биноси томи сатҳидан ҳисобланадиган узатиш антеннасининг кўтарилиши баландлиги.
$E = \frac{89\sqrt{P_{\Sigma\text{баз.ст}} \cdot h_{\text{моб.т}} \cdot h_{\text{баз.ст}}^{1,2}}}{r^{2,7}}, \text{ мкВ/м.}$	(1.14)	Рубин Г.З.	

Ишларнинг бир қисми [8; 62-71-б] да келтирилган.

$$E = E_0 - L_{ш.0}(r, f) + \Delta h_{баз.ст}(h_{баз.ст}, r) + \Delta h_{моб.т}(h_{моб.т}, f) + \Delta K_{ш.о.о} + \Delta K_{т.ж} + \Delta K_{тоғ.ж} + \Delta K_{к.д.к}, \quad (1.15)$$

бу ерда E_0 - эркин фазода электр майдон кучланганлиги, дБ;

$L_{ш.0}(r, f)$ - эркин фазога нисбатан шаҳардаги кучсизланиш қиймати, дБ, ёрдамчи графикдан аниқланади;

$\Delta h_{баз.ст}(h_{баз.ст}, r)$ - базавий станция антеннасининг кўтарилиши баландлигига тузатиш, дБ, ёрдамчи графикдан аниқланади;

$\Delta h_{моб.т}(h_{моб.т}, f)$ - мобиль терминал антеннасининг кўтарилиши баландлигига тузатиш, дБ, ёрдамчи графикдан аниқланади;

$\Delta K_{ш.о.о}$ - шаҳар олди ва очик жой учун тузатиш коэффициенти, дБ, ёрдамчи графикдан аниқланади;

$\Delta K_{т.ж}$ - тепаликларли жой учун тузатиш коэффициенти, дБ, ёрдамчи графикдан аниқланади;

$\Delta K_{тоғ.ж}$ - тоғли жой учун тузатиш коэффициенти, дБ, ёрдамчи графикдан аниқланади;

$\Delta K_{к.д.к}$ - “куруқлик-денгиз-куруқлик” турдаги жой учун тузатиш коэффициенти, дБ, ёрдамчи графикдан аниқланади;

Реудинк қабул қилиш қурилмасининг чиқишидаги $P_{кқ.ўр}$ қувват (1.15) формулага ўхшаш дБмда ҳисоблашни таклиф этди

$$P_{кқ.ўр} = P_0 - L_{ш.0}(r, f) + \Delta h_{баз.ст}(h_{баз.ст}, r) + \Delta h_{моб.т}(h_{моб.т}, f) + \Delta K_{ш.о.о} + \Delta K_{т.ж} + \Delta K_{тоғ.ж} + \Delta K_{к.д.к}, \quad \text{дБм}, \quad (1.16)$$

бу ерда P_0 - эркин фазода мобиль терминал киришидаги қувват қиймати, дБм.

Барча қолган коэффицентлар ўзгаришсиз қолдирилган.

Хата шаҳар ва шаҳар олди зоналарида 150...1500 МГц частоталар диапазонида базавий станция антеннасининг $h_{баз.ст} = 30...200$ м баландлилари, ҳаракатдаги терминаллар антеннасининг $h_{моб.т} = 1...10$ м баландлилари ва $r = 1...20$ км масофлар учун $L_{рузатиш}$ йўқотишларини ҳисоблаш учун формулаларни таклиф этди (формулаларни ХЭАИ тавсия этган). Тенгламалар Окамуранинг соддалаштирилган эмпирик усулига асосланган. Бироқ Хата усули юқори ютиш кўрсаткичини беради. А.Ш.Шахобиддинов томонидан такомиллаштирилган

(модернизациялашган) Хата усули ушбу бобнинг якуний кисмида келтирилган.

Мобиль алоқа тизимларининг ривожланиши бир чеклашларда 1500...2000 МГц частоталар диапозони учун COST 231-Hata усулини пайдо бўлишига олиб келди:

“катта шаҳар” маркази учун

$$L_P = 48,5 - 13,82 \lg h_{\text{баз.ст}} + 35,4 \lg f - (1,1 \lg f - 0,7) \cdot h_{\text{моб.т}} + (44,9 - 6,55 \lg h_{\text{баз.ст}}) \cdot \lg r, \text{ дБ}; \quad (1.17)$$

қишлоқ жойи учун

$$L_P = 9,56 - 13,82 \lg h_{\text{баз.ст}} + 53,7 \lg f - (1,1 \lg f - 0,7) \cdot h_{\text{баз.ст}} + (44,9 - 6,55 \lg h_{\text{баз.ст}}) \cdot \lg r - 4,78 (\lg f)^2, \text{ дБ}, \quad (1.18)$$

очик жой учун

$$L_P = 4,56 - 13,82 \lg h_{\text{баз.ст}} + 53,7 \lg f - (1,1 \lg f - 0,7) \cdot h_{\text{баз.ст}} + (44,9 - 6,55 \lg h_{\text{баз.ст}}) \cdot \lg r - 4,78 (\lg f)^2, \text{ дБ}. \quad (1.19)$$

Ишда муаллифлар [8; 106-111-б.] томонидан кузатиш нуқтасида майдоннинг сатҳига энг сезиларли ҳиссани қабул қилиш ва узатиш пункти орасидаги тўсиқлардаги тўлқинлар дифракцияси самаралари, шунингдек йирик қурилишларнинг сиртларидан бир марталик қайта қайтиш киритади.

Майдон дифракцион компонентларининг сатҳларига асосий таъсирни базавий станция ва мобиль терминал антенналарини боғлайдиган линия бўйлаб жойлашган тўсиқлар кўрсатади.

[9; 100-105-б.] ишда ернинг таъсири ҳисобга олинмасдан қабул қилиш нуқтасида майдоннинг кучсизланишини ҳисоблашга ҳаракат қилинган.

Ишда [10; 21-24-б.] муаллифлари томонидан яна қайта қайтарилган нурларни натижавий майдонга улушини баҳолаш ўтказилган. Бунда ер сиртининг таъсири квадратик кучсизланиши кўпайтувчисини киритиш билан ҳисобга олинди. Мобиль терминали антеннасининг самарали майдонининг ўзгариши ҳисобга олинадиган унинг чиқишидаги таъсир этувчи қувват нурларни қабул қилиши формула кўринишида ёзилади

$$P_{\text{инт.ўр}} = \sum_{i=1}^n \frac{(h_{\text{баз.ст}} h_{\text{моб.т}})^2}{l_{iH}^4} \cdot \Gamma^2, \quad (1.20)$$

бу ерда $l_{in} - i$ нчи нур траекториясининг узунлиги,

Γ - бинонинг сиртидан тўлқининг қайтиш коэффициентини модули.

Бу ишда ҳам эътибор қаратилган, нисбатан бўш шаҳар курилиши трассасида сигналнинг йўқотилиш қийматини қуйидаги формула бўйича аниқлаш мумкин

$$L = \max(L_0, L_{ep.c}) + L_D + L_{бино}, \text{ дБ}, \quad (1.21)$$

бу ерда $L_0 = 20 \lg(\lambda/4\pi r)$ - эркин фазода қувватни йўқотилиши қиймати, дБ;

r - узатиш ва қабул қилиш пунктлари орасида уларни тўғри линия бўйлаб боғлайдиган масофа, м;

$L_{ep.c} \approx 20 \lg(h_{баз.ст} h_{моб.ст})/r^2$ - ер сиртида тақалишида сигналнинг кучсизланиши, дБ;

L_D - жой рельефининг нотекистикларида нурланиш дифракциясида сигналнинг кучсизланиши кўпайтувчиси, дБ;

$L_{бино} = -10 \lg V_{бино}$ - ҳаракатланувчи объектга яқин бинода (биноларнинг кетма-кетлиги) сигналнинг дифракциясида ёки жойнинг табиий нисбатан кескин бир жинслимаслигида (масалан, қиялик ёки реал тепаликларда) унинг кучсизланиши, дБ.

$L_{бино}$ қиймат одатда қозиксимон ёки сферик тўсиқда нурланишнинг Френель дифракциясида йўқотилиши сифатида аниқланади.

$r/l \gg 1$ бўлганда қабул қилинадиган сигналнинг ўртача қуввати учун ифода олинган

$$P_p = \Gamma^2 \frac{h_{баз.ст}^2 \cdot h_{моб.ст}^2 l^{3/2}}{S_{\ddot{y}p} r^{7/2}} \cdot \exp(-r/l). \quad (1.22)$$

бунда, $S_{\ddot{y}p}$ - бинонинг ўртача майдон.

Авторлартомонидан [11; 308-317-б.] ишда қуйидаги ҳисоблаш формуласи таклиф этилган

$$E = E_{мед} + \Delta P_{\Sigma} + \Delta h_{сам} + \Delta K_{ам}, \text{ дБ}, \quad (1.23)$$

бу ерда $E_{мед}$ - антенналарини 10 м кўтарилиш баландлигида майдон кучланганлигининг медиана қиймати, дБ;

ΔP_{Σ} - самарали нурлантирладиган қувватга тузатиш қиймати, дБ;

$\Delta h_{\text{сам}}$ - антенналарнинг самарали кўтарилиши баландлигига тузатиш қиймати, дБ;

$\Delta K_{\text{ам}}$ - атроф-муҳитга тузатиш қиймати, дБ

$$\Delta K_{\text{ам}} = F(S_{\text{шах.кур}}) + \Delta K_{\text{т.ж}} + \Delta K_{\text{тоғ.ж}} + \Delta K_{\text{қия}} + \Delta K_{\text{қ.д.қ}}, \text{ дБ} \quad (1.24)$$

$\Delta K_{\text{қия}}$ - ер сиртининг қиялигига тузатиш қиймати, дБ.

Таъкидланадики, $S_{\text{шах.кур}}$ қиймати фақат 5...40 чегараларда олинади.

Агар $S_{\text{шах.кур}} \leq 1\%$ бўлса, $F(S_{\text{шах.кур}}) = 20$, дБ;

Агар $1\% < S_{\text{шах.кур}} < 5\%$ бўлса,

$F(S_{\text{шах.кур}}) = -3,74 \lg S - 9,75 (\lg S_{\text{шах.кур}})^2 + 20$, дБ;

Агар $5\% < S_{\text{шах.кур}} < 40\%$ бўлса, $F(S_{\text{шах.кур}}) = -19 \lg S_{\text{шах.кур}} + 26$, дБ.

Бу иш шаҳар шароитларида майдон кучланганлиги сатҳларини ҳисоблашда дастурий таъминотдан фойдаланишда фойдали бўлиши мумкин.

Антеннасининг кўтарилиши баландлиги сезиларли нуқтасига дифрагмацияланган нурдан ташқари бир неча нурлар тушиши мумкин, [12; 64-67-б.] ишига мурожаат қилиш мумкин. Унга кўра, олим томонидан β формуласи асосида девордан тарқалувчи тўлқинларнинг акс этиши чоғидаги йўқотишлар қийматини аниқлаш таклифи илгари сурилган

$$\beta = 20 + \frac{f}{40} + 0,18L \cdot S_{\text{шах.кур}} - 0,34H_{\text{кўр.бал}} + \Delta K_{\text{ам}}, \text{ дБ} \quad (1.25)$$

бу ерда $\Delta K_{\text{ам}} = 0,094S_I - 5,5$, дБ;

$S_{\text{шах.кур}}$ - қурилган бинолар % майдонига тенг бўлган коэффициент;

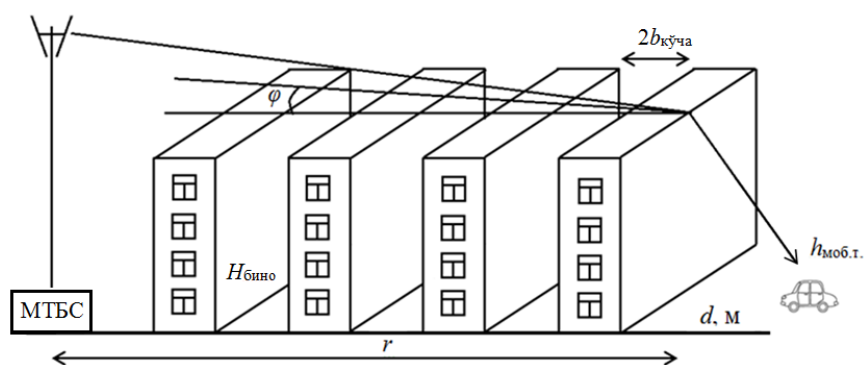
S_I - тўрт ёки ундан ортиқ қаватларда қурилган бинолар % майдонига тенг бўлган коэффициент;

$H_{\text{кўр.бал}}$ - базавий станция ва мобиль терминали орасидаги “кўриниш” баландлиги.

Уолфиша-Икагами усулида [13; 1788-1796-б.] қисман дастлабки икки усул натижасидан фойдаланилиб, у ITU-R томонидан $f = 800 \dots 2000$ МГц, $r = 0,02 \dots 5$ км, $h_{\text{моб.т}} = 1 \dots 3$ м, $h_{\text{баз.ст}} = 4 \dots 50$ м га тенг бўлган базавий станция антенналарининг турли хилдаги

жойлашув баландлигидан иборат бўлган макро ва микросотали тизимлар ҳисобини юритишда фойдаланиш учун тавсия этилади [13; 1788-1796-б.].

Базавий станция ва мобилъ терминали антенналари ўртасидаги тўғри кўринишлар мавжуд бўлмаган ҳолатларда тақсимланишдаги асосий йўқотишлар бино томларидаги кўпсонли дифракцион тарқалишлар чоғидаги йўқотишлар ҳамда кўшни бинонинг том қисмидан дифракция натижасидаги йўқотишлар ҳисобига пайдо бўлади (1.1.-расм).



1.1- расм. Йўқотишлар ҳисобини юритиш усулига аниқлик киритиш.

Кўшни бино томидан дифракция ҳисобига йўқотишлар $L_{\text{кўш.бино.диф}}$ (1.26) формуладан топилади, лекин кўчага йўналтиришда йўқотишлар ўзгаради

$$L = -5,8 - 10 \lg(2b_{\text{кўча}}) + 10 \lg f + 20 \lg(H_{\text{бино}} - h_{\text{моб.т}}) + 10 \lg(\sin \varphi) - 10 \lg(1 + 3/L_{\text{қайт}}^2) \quad (1.26)$$

$$L_{\text{кўш.бино.диф.}} = -10 + 0,354\varphi, \text{ дБ } 0^\circ < \varphi < 35^\circ \text{ бўлганда;}$$

$$L_{\text{кўш.бино.диф.}} = 2,5 + 0,075(\varphi - 35), \text{ дБ } 35^\circ < \varphi < 55^\circ \text{ бўлганда; } (1.27)$$

$$L_{\text{кўш.бино.диф.}} = 4,0 - 0,114(\varphi - 55), \text{ дБ } 55^\circ < \varphi < 90^\circ \text{ бўлганда;}$$

Бу усулнинг қўлланиши шартларидан [12; 64-67-б.] микросотали алоқа тизимларида йўқотишларни аниқлаш учун ундан фойдаланиш имконияти келиб чиқади.

Бунда, узатувчи антеннадан кичик масофада турли қутбли сигналларнинг масофага боғлиқлиги юзасидан сезиларли тафовут кузатилади. Буни бино деворларидан аксланиш шароитларининг турлича экани билан изоҳлаш мумкин [13; 1788-1796-б.], [14; 186-

193-б.].

Икегами усулида [14; 186-193-б.] майдон кучланганлиги иккита нурлар – дифрагмацияланган (тўғри) ва бинолар деворидан қайтган нурлар интерференцияси орқали аниқланади.

Майдон кучланганлиги қуйидаги формула бўйича аниқланади

$$E = \left(\frac{0,225}{\sqrt{2}}\right) E_0 \cdot \sqrt{\frac{\lambda[b_{\text{ант}} + (4b - b_{\text{ант}})/L_{\text{қайт}}^2]}{H_{\text{бино}} - h_{\text{моб.т}}}} \cdot \sqrt{\sin\gamma}, \quad (1.28)$$

бу ерда γ - тўғри нурнинг сирпаниши бурчаги (кўча йўналиши ва базавий станция антеннасидадан мобиль терминали антеннасига йўналиш орасидаги бурчак);

$2b$ - кўчанинг кенглиги, м;

$b_{\text{ант}}$ - бино деворидан қабул қилиш антеннасига масофа, м;

$L_{\text{қайт}}$ - қайтиш ҳисобига йўқотишлар (тушадиган ва қайтадиган тўлқинлар амплитудаларининг нисбати). Ҳисоблашларда $L_{\text{қайт}} = 0,5$ дБ олиш мумкин.

Умумий ҳолатда трассадаги йўқотишлар қиймати формула асосида аниқланган ва очик фазодаги майдон кучланишининг дБ қийматларидаги тафовутлар асосида аниқланади (1.28).

Ўтказилган тажриба синовлари мавжуд усулнинг умумий ҳисобда ижобий натижа беришини кўрсатмоқда. Келтирилган усулнинг камчиликлари сифатида радиал кўчаларда ҳисоб юритиш имконининг мавжуд эмаслиги ҳамда микро ва пикосоталар ҳисобини юритишда ўз таъсирини кўрсатмай қолмайдиган базавий станция антенналарининг жойлашув баландлигига боғлиқликнинг мавжуд эмаслиги кабиларни келтириш мумкин.

Қуйида келтирилган [15; 143-б.] усули ITU-R хужжатларига асосланиб, шаҳар ва қуруқликдаги трассанинг майдон кучланишини аниқлашда қўл келади. Шунга кўра, шаҳар шароитида базавий станциядан r масофада жойлашган, қабул қилиш жойига кўра L % га ҳамда вақтга кўра T % га ошувчи майдон кучланиши, дБ қуйидаги ифода асосида аниқланади

$$E(r, L, T) = P_{\Sigma} + E(50, 50) + \Delta K_{\text{т.ж}} + \Delta h_{\text{моб.т}} + \Delta E(L) + \Delta E(T) + F(S_{\text{шаҳ.қур}}), \quad (1.29)$$

бу ерда $E(50,50)$ - мобилъ терминали антенналарининг $h_{\text{моб.т}} = 10$ м баландлигида $P_{\Sigma} = 0$ дБ (1 кВт) бўлганда жой (50%дан) ва вақт майдон кучланганлигининг медиана қиймати, график аниқланади;

$\Delta K_{\text{т.ж}}$, $\Delta h_{\text{моб.т}}$ - жойнинг текислиги ва мобилъ терминали антенналарининг кўтарилиш баландлигини ҳисобга оладиган тузатиш коэффициентлари, дБ;

$\Delta E(L)$ ва $\Delta E(T)$ - қабул қилиш жойи L ва вақтининг T берилган фоизларида майдон кучланганлиги қийматларини медиана қийматидан оғишлари, дБ;

$S_{\text{шах.кур}}$ - %даги шаҳар қурилиши зичлиги, график аниқланади;

$F(S_{\text{шах.кур}})$ - шаҳардаги қўшимча сўнишлар, дБ.

Жойнинг нотекислиги даражаси $\Delta h_{\text{м}}$ параметр орқали баҳоланади, у маълум масофада 10 ва 90%дан ошадиган жой баландликлари (белгилари) фарқи сифатида аниқланади.

Шаҳарда майдон кучланганлигини ҳисоблаш учун (1.29) формулага $F(S_{\text{кур.шах}})$ коэффициент қўшилади, у қўшимча кучсизланишни ҳисобга олади ва $S_{\text{кур.шах}}$ шаҳар қурилишлари зичлигига боғлиқ бўлади. Катта шаҳар учун $F(S_{\text{кур.шах}})$ қиймати 10...15 дБни ташкил этади. Қўшимча кучсизланиш дециметрли тўлқинлар диапазони учун узатиш станциясидан узоклашиш билан камаяди.

Йирик шаҳарлар учун мобилъ терминали антенналарининг кўтарилиши баландликларини 10 метрдан 3 метрга камайтириш 100...1000 МГц частоталарда майдон кучланганлиги медианасини 7...9 дБга камайишига олиб келади.

Тодқиқот ишда шаҳар кўчасида бир жинсли дифракция назариясига асосланган радиотўқинларни кўп нузли тарқалишини ҳисоблаш усули кўриб чиқилган [16-20]. Услуб асосан микросотали алоқа учун мўлжалланган.

Ли У таклиф этган ҳисоблаш усули (1.30) ҳам дециметрли диапазонда кенг ишлатилади [19; 246-253-б.], бунда n_1 ва n_2 мос равишда қишлоқ жойи учун 2,35 ва 49га, шаҳар олди жойи учун 3,84 ва 61,7га, Токио шаҳри учун 3,05 ва 84 га, Нью-Йорк шаҳри учун 4,8 ва 77га тенг.

$$L_p = 10n_1 \lg r + n_2 - 20 \lg h_{\text{баз.ст}} - 10 \lg h_{\text{моб.т.}} + 59, \text{ дБ.} \quad (1.30)$$

Ҳисоблаш усулида қурилишларнинг тунг баландликлари ва бинолар орасидаги бир хил масофалар кўзда тутилиши билан

вазят содалашади [21; 185-193-б.]. Бу усулда дифракция ходисаси ҳисобга олинади. Қўшни бино томидаги қабул қилиш антеннаидан дифракция цилиндрик тўлқин ҳисобланади ва геометрик дифракция назарияси (ГДН) усуллари орқали тавсифланади. Бино қаторларидага кўп томонлама дифракция тарқатгичларнинг кетма-кетлиги орқали шаклантирилади ва ГДН тўғри усуллари орқали тавсифланмайди. Бундай дифракция учун математик ифода Л.Бертони томонидан [21; 185-193-б.] олинган. [22; 170-176-б] ишда зич қурилишларли микросоталарда радиотўлқинларнинг тарқалишида йўқотишлар қийматини ҳисоблаш усули келтирилган.

Ксиа-Бертони усулига [21; 185-193-б.] мувофиқ ҳолда, радиотўлқин йўқотишлари қуйидаги ифода асосида аниқланади

$$L = L_0 + L_{\text{д.бино}} + L_{\text{том.к.д}}, \text{ дБ}, \quad (1.31)$$

бу ерда $L_{\text{д.бино}}$ - бинонинг томидан мобиль терминалга тўлқинлар дифракциясидаги йўқотишлар, шунингдек сочилишдаги йўқотишлар, дБ;

L_0 - эркин фазода қувват йўқотишлари қиймати;

$L_{\text{том.к.д}}$ - биноларнинг томидаги кўп томонлама дифракцияни тавсифлайди, дБ.

$2b_{\text{кўча}}$ - кўчанинг кенглиги, $b_{\text{ант}}$ - қўшни бинодан мобиль терминал антеннасигача масофа параметрларини киритиш билан иккинчи ҳадни оламиз (1.31)

$$L_{\text{д.бино}} = 10 \lg \left[\frac{\lambda}{2\pi \sqrt{(H_{\text{бино}} - h_{\text{моб.т}})^2 + b_{\text{ант}}^2}} \left| \frac{1}{\theta'} - \frac{1}{2\pi + \theta'} \right|^2 \right], \text{ дБ}, \quad (1.32)$$

бу ерда

$$\theta' = \arctg[(H_{\text{бино}} - h_{\text{моб.т}})/b_{\text{ант}}]. \quad (1.33)$$

Ишда хулосалар асосида [23; 1138-1147-б.] бинолари қаторидаги кўп томонлама дифракцияларга боғлиқ йўқотишлар қуйидаги кўринишда ёзилади

$$L_{\text{том.к.д}} = -10 \lg \left| Q_{N_{\text{д.э}}}^2 \right|, \quad (1.34)$$

бу ерда Q_N Омил Боерсм функцияси орқали ифодаланиши мумкин [23; 1138-1147-б.]

Бу тарқалиш йўқотишларини ҳисоблаш усули антаннлари орасидаги масофа бир неча юзлаб метрларни ташкил этадиган алоқа тизимлари учун йўқотишларни ҳисоблашни амалга оширишга имкон беради. Лекин у ўз асосида ҳудуд бир хил турдига биноларли тенг баландликларли қурилишлар билан характерланишини кўзда тутишдан келиб чиқади, бу кўплаб ҳолларда бажарилмайди. Томлар сатҳидан пастда жойлашган базавий станция антенна тизимлари учун йўқотишларни ҳисоблашнинг айрим натижалари экспериментал маълумотлар билан фарқларга эга бўлади.

Бу бинолар бир хил масофаларда бўлганида $N_s \approx \lambda/w\theta^2$ сифатида [24; 230-б.] ёки бинолар турли хил масофаларда бўлганида $N_s \approx \lambda/b\theta^2$ сифатида баҳоланиши мумкинлиги аниқланган.

Ксиа услубнинг энг катта камчилиги умуман унда қурилишларнинг турли баландликларини ҳисобга олинмаслиги, балки фақат биноларнинг ўртача баландлиги эътиборга олиниши ҳисобланади.

Бу усулда қўлланадиган кўчанинг йўналишига тузатиш қатор ҳолларда башоратлаш нуқтаи назаридан хатоликларни беради.

Тўлқиннинг тарқалиши йўлида ўртача даражадан сезиларли кичик баландликларли бинолар бўлганида тарқалишга кам таъсири туфайли кларни ҳисоблашдан чиқариб ташлаш зарур.

Биринчи зона ҳажмига тушадиган бинолар қабул қилиш нуқтасида майдонни шакллантириш учун сезиларли сифатда топилиши мумкин.

Муҳим омил биноларнинг қайтариш сиртлари яхлит эмаслиги, балки қандайдир ойна блокларига эга бўлиши ҳисобланади. Бинобарин, бунинг учун зарур маълумотлар кўплаб ҳолларда маълум эмас, у ҳолда Френель қайтариш коэффициентида қандайдир кўшимча эмпирик кўпайтувчи ишлатилади. Унинг қиймати қайтарадиган сиртларга нибатан мобиль терминали антенналарининг жойлашиши ва ойна тирқишларининг ўлчамларига боғлиқ. Натижада қайтарилган тўлқин ўртача 2...4 дБга кучсизланади.

[24; 230-б.] ишда мобиль алоқада сигналлар характеристикаларини ҳисоблашнинг айрим усуллари кўриб чиқилган. Шунингдек ишда йўқотишлар қийматларини

ҳисоблашнинг иккита эмпирик усуллари келтирилади. Улардан биринчиси энг кичик квадратларга асосланган ва қуйидаги кўринишга эга:

$$L_p = L(r_0) + n_2 + n_{10} \lg(r/r_0), \text{ дБ}, \quad (1.35)$$

бу ерда r_0 - 1 км масофадаги санок нуқтаси;

n - трассадаги йўқотишлар экспонентаси.

Иккинчи усул SUI асосан кучли паст-баландликли жойлари учун мўлжалланган ва шаҳар олди жойларида қисман ишлатилиши мумкин.

Абонентлар ўзаро зич жойлашган шаҳар шароитидаги фемто/пико/макросоталарнинг иерархик жойлашувига бағишланган иш [25; 36-б] қисқача таҳлил қилинди.

ITU-R тавсиясида [25; 1-б.] 300 МГц...100 ГГц диапазонда бинолардан ташқарида кичик ишлаш радиусили (1 км атрофида) радиоалоқа тизимларини режалаштиришда тавсия этиладиган қабул қилиш қурилмасининг киришида қувватнинг кучсизланишини ҳисоблаш усули келтирилади.

ITU-R тавсиясига [26; 1-б.] мувофиқ, жойлашиш ўрни ва вақт бўйича майдон кучланганлигининг статистик тақсимооти параметрлари медиана ва стандарт оғиш ҳисобланадиган логарифмик-нормал қонун билан аппроксимацияланади. Бу тавсияда келтирилган эгриликлар 30 дан 3000 МГцга частоталар полосалари ва 1 дан 1000 кмгача масофаларда майдон кучланганлигини башоратлаш учун қабул қилинган ва турли параметрлардан функция сифатида 1 кВтда ярим тўлқинли диполь ҳосил қиладиган кучланганлик сатҳларини тавсифлайди. Узатиш антеннасининг $h_{\text{баз.ст.сам}}$ кўтарилиши баландлиги пастки сиртга нисбатан 10 - 1200 м чегараларда ўзгаради. Пастдаги сиртнинг баландлигига мобиль терминали антеннасининг баландлиги ҳам боғлиқ бўлади.

Базавий станция антеннасининг самарали $h_{\text{баз.ст.сам}}$ кўтарилиши баландлиги қабул қилиш антеннасининг йўналишида 3 - 15 км масофаларда ернинг ўртача сатҳидан унинг метрлардаги баландлиги сифатида аниқланади.

Тарқалишни башоратлашни тузишда жойнинг рельефи ҳақидаги маълумотлар бўлмаганида $h_{\text{баз.ст.сам}}$ параметрнинг қиймати (тарқалиш эгриликлари учун) r узунликдаги трассага

мувофик қуйидаги тарзда ҳисобланади: $r \leq 3\text{км}$ учун $h_{\text{баз.ст.сам}} = h_{\text{баз.ст}}$ ва $3\text{км} < r < 15\text{км}$ учун $h_{\text{баз.ст.сам}} = h_{\text{баз.ст.сам}} + (h_{\text{эфф}} - h_{\text{ант}})(r - 3)/12$, бу ерда h_a - ер устидан антеннанинг кўтарилиши баландлиги. Тарқалишни башоратлашни тузишда жойнинг рельефи ҳақидаги маълумотлар бўлганида $h_{\text{баз.ст.сам}} = h_b$, бу ерда $h_b - 0,2r$ ва r км диапазондаги масофлар учун ўртачалаштирилган жой рельефи баландлиги устидан антеннанинг кўтарилиши баландлиги.

Базавий станция антеннасининг $h_{\text{баз.ст.сам}}$ кўтарилиши баландлиги параметрларини аниқлаш. $h_{\text{баз.ст.сам}}$ қиймат эгрилик ёки эгриликларни танлашни аниқлайди, улардан майдон кучланганлиги қиймати, шунингдек талаб қилиниши мумкин бўлган экстраполяциялаш ёки интерполяциялашни олиш керак бўлади. Бунда қуйидаги ҳоллар ажратилади. Базавий станция антеннасининг $h_{\text{баз.ст.сам}}$ кўтарилиши баландлиги параметри 10...3000 м диапазонда ётади.

Агар $h_{\text{баз.ст.сам}}$ қиймат эгриликлар келтирилган баландликлар қийматларидан бирига, айнан 10; 20; 37,5; 75 га мос келмаса, у ҳолда талаб қилинадиган майдон кучланганлигини графикда келтирилган эгрилидан ёки мос табуляцияланган қийматлардан тўғридан-тўғри олиш мумкин. Акс ҳолда талаб қилинадиган майдон кучланганлиги қуйидаги тенглама ёрдамида олинган иккита эгриликлардан майдон кучланганлиги қийматларида экстраполяцияланиши ёки интерполяцияланиши керак.

$$E = E_{\text{инт}} + (E_{\text{экст}} - E_{\text{инт}}) \lg(h_{\text{баз.ст.сам}}/h_{\text{инт}}) / \lg\left(\frac{h_{\text{экст}}}{h_{\text{инт}}}\right), \text{ дБ}, \quad (1.36)$$

бу ерда агар $h_{\text{баз.ст.сам}} > 1200$ м бўлса, $h_{\text{инт}} = 600$ м, акс ҳолда яқиндаги номинал самарали баландлик $h_{\text{баз.ст.сам}}$ қийматдан кичик бўлади;

агар $h_{\text{баз.ст.эф}} > 1200$ м бўлса, $h_{\text{инт}} = 1200$ м, акс ҳолда яқиндаги номинал самарали баландлик $h_{\text{баз.ст.эф}}$ қийматдан катта бўлади;

$E_{\text{инт}} - h_{\text{инт}}$ учун талаб қилинадиган масофадаги майдон кучланганлиги қиймати;

$E_{\text{экст}} - h_{\text{экст}}$ учун талаб қилинадиган масофадаги майдон кучланганлиги қиймати;

Шунга ўхшаш тарзда ҳисоблаш ифодасига кирадиган бошқа ўзгарувчилар учун ҳам тузатишлар аниқланади.

Бинобарин, Хата усули ернинг силлиқ сирти устидаги майдон сатҳларини ҳисоблаш учун мўлжалланган, у ҳолда тепаликли жойда ҳисоблашда сезиларли хатоликлар вужудга келиши мумкин. Шунга кўра, [27; 23-24-б.] ишда Хата усулига жойнинг тепаликлигига кўшилувчи сифатида тузатиш коэффициентини киритиш таклиф этилган.

Шунингдек, А.Ш.Шахобиддинов томонидан шаҳар шароитидаги майдон кучсизланишлари ҳисобини юритиш юзасидан бир қатор усуллар таҳлили юзасидан тадқиқот ишлари олиб борилган [28].

[29; 4027-4031-б.] ишда Тошкент шаҳри учун Хатанинг модернизацияланган усули келтирилган.

Алоҳида баланд бинолар ва жойнинг тепаликлиги киратадиган кучсизланишни ҳисобга оладиган коэффициентлар ҳисобга олинганида модернизацияланган Хата усуллари қуйидаги кўринишга эга бўлади:

- ўртача қурилишлар зичликдаги шаҳар туманлари учун

$$L = -27,55 - 13,82 \lg(h_b/h_0) + 27,72 \lg(f/f_0) - [1,1 \lg(f/f_0) - 0,7] \cdot (h_m/h_0) + [31,9 - 6,55 \lg(h_b/h_0)] \cdot \lg(r/r_0) + L_{\text{вз}} + K_x, \text{дБ}; \quad (1.37)$$

- кичик қурилишлар зичликдаги шаҳар туманлари учун

$$L = -32,17 - 13,82 \lg(h_b/h_0) + 27,72 \lg(f/f_0) - [1,1 \lg(f/f_0) - 0,7] \cdot (h_m/h_0) + [25 - 6,55 \lg(h_b/h_0)] \cdot \lg(r/r_0) + L_{\text{вз}} + K_x, \text{дБ}; \quad (1.38)$$

- кенг радиал кўчалар учун

$$L = -29,55 - 13,82 \lg(h_b/h_0) + 27,72 \lg(f/f_0) - [1,1 \lg(f/f_0) - 0,7] \cdot (h_m/h_0) + [27 - 6,55 \lg(h_b/h_0)] \cdot \lg(r/r_0) + K_x, \text{дБ}; \quad (1.39)$$

- кенг кўндаланг кўчалар учун

$$L = -27,41 - 13,82 \lg(h_b/h_0) + 27,72 \lg(f/f_0) - [1,1 \lg(f/f_0) - 0,7] \cdot (h_m/h_0) + [37 - 6,55 \lg(h_b/h_0)] \cdot \lg(r/r_0) + L_{\text{вз}} + K_x, \text{дБ}. \quad (1.40)$$

Хулосалар

1. Мазкур бобда келтирилган майдон кучсизланишига оид ҳисобларни юритиш усулларида шаҳар ва шаҳар атрофидаги мобил радиоалоқа сигналлари сатҳини прогнозлашда фойдаланиш

мумкинлиги аниқланган. Таъкидлаш жоизки, детерминистик усуллардан фойдаланишда шаҳардаги қурилишларнинг балкон, ойна ва ҳоказолардан иборат архитектуравий бино элементларини ўзида ифода этган аниқ рақамли харитаситалаб этилади. Эмпирик усуллардан эса, айнан улар олинган шаҳарнинг архитектуравий қурилишларида фойдаланиш мумкинлиги кўрсатилган.

2. Япон олими Хатанинг шаҳарсозлик архитектурасини ҳисобга олувчи такомиллашган усулларининг қисқача таҳлили келтирилган.

Шу тариқа, биринчи бобда келтирилган материаллардан фойдаланган ҳолда, мобиль терминали базавий станциясидан бинога қадар бўлган масофадаги майдон сатҳи кучсизланишларини прогнозлаш мумкинлиги асосланган.

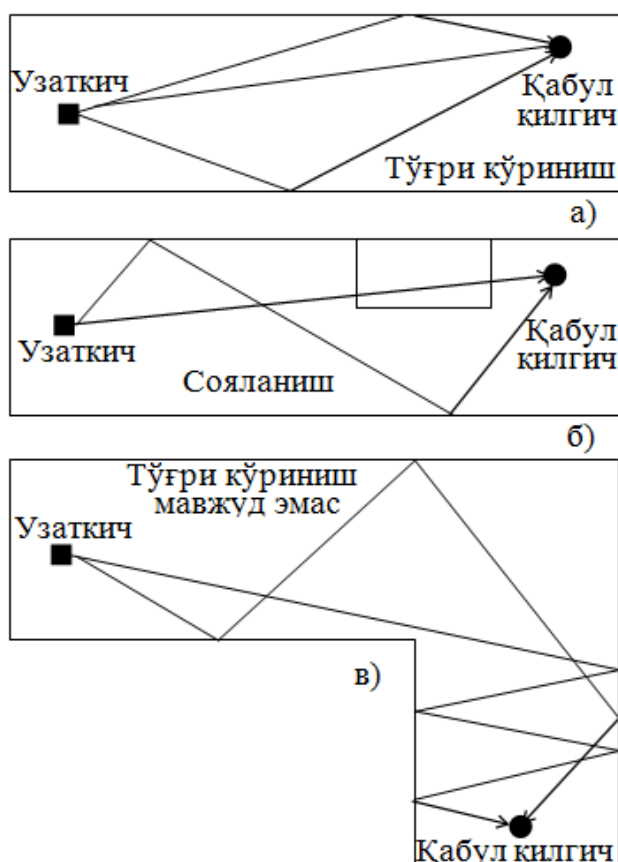
3. Бино ичидаги майдон сатҳи кучсизланишларини аниқлашда, дастлаб бинонинг хоналари ичидаги майдон сатҳи кучсизланишлари ҳисобини юритиш усулларини ўрганиш кераклиги кўрсатилган.

4. Юқорироқ частоталарга ўтиш, янги антенна технологияларини кенг қўлланиш, шунингдек биноларнинг қурилишида ва пардозлашда янги материаллардан фойдаланиш шаҳар шароитларида радиотўлқинларни тарқалишининг ўзига хос хусусиятлари бўйича қўшимча тадқиқотларни ўтказиш зарурлиги кўрсатилди.

II БОБ. БИНОЛАРДА ЭЛЕКТРОМАГНИТ МАЙДОННИНГ КУЧСИЗЛАНИШИ

2.1. Бинолардаги майдон сатҳи кучсизланишини ҳисоблашусуллари

Ҳозирги вақтда кўп сонли маълумотларни симсиз узатиш тизимлари биноларни ичида ишлайди. Биноларда радиотўлқинларни тарқалиши шартлари “табиатдаги” бинолардан ташқаридаги шартлардан сезиларли фарқланади. Одатда қуйидагилар ишлатилади (2.1- расм):



2.1- расм. Бинолар ичида радиосигналлар тарқалиш шартлари (а – тўғри кўриниш шариотларида; б – тўсиқлар бўлганида; в - тўғри кўриниш бўлмаган шариотларда)

2.1- жадвалда радиоалоқа ишлатиладиган айрим биноларнинг хоссалари келтирилган [30-33].

- радиотўлқинларнинг тўғри кўриниш чегараларида тарқалиши (РТКЧТ);

- радиотўлқинларнинг тўсилиши шароитларида тарқалиши (РТТ);

- радиотўлқинларнинг тўғри кўриниш бўлмаганда тарқалиши (РТКБТ).

Майдон сатҳларининг тақсимланишини тавсифлашда, хоналарнинг турли конфигурацияларини қуйида келтирилган масалалар йиғиндисига мослаш талаб этилади[38; 114-116-б.].

Битта қаватда:

- ҳажмнинг чекланганлиги, туннелга ўхшашлик, сиртлардан қайтиш, турли материаллар;

- ҳажмнинг мураккаб конфигурацияси, бўртмалар, бурилишлар, тирқишлар;

- мебель, тўсиқлар, қурилмалар билан тўсилиш (қайд этилган);

- инсонлар орқали тўсилиш (ҳаракатдаги).

2.1-жадвал

Турли хил биноларнинг характеристиклари

№	Бино	Радиотўлқинларни тарқалиши характери	Ўлчам, м	Парметрлар билан тўсилиш	Инсонлар
1.	Офис биноси	Тўғри кўриниш мавжуд эмас, РТТ	100	қайд этилган	РТТ
2.	Аудитория	РТТ	15	қайд этилган	қайд этилган
3.	Коридор	РТТ	60	қайд этилган	ҳаракатдаги
4.	Аэропорт зали	Тўғри кўриниш мавжуд эмас, РТТ	300	қайд этилган	ҳаракатдаги
5.	Самолёт	РТТ	50	қайд этилган	қайд этилган / ҳаракатдаги

Кўп қаватли биноларда:

- сигнални тўсиқ орқали ўтиши;

- қаватларни бир жинсли конструкциялари;

- тўғри тирқишлар (зиналар), лифтлар шахталарининг мавжудлиги.

Бинолардан ташқарида ёки ичкарида:

- ташқаридан бинонинг ичига сигнални ўтиши;

- бинонинг ичидан ташқарига сигнанинг ўтиши.

Радиотўлқинларнинг тарқалиши муҳити сифатида биноларнинг сезиларли фарқлари қуйидаги омиллар ҳисобланади:

- бинолардан ташқарида тарқалишда узаткич ва қабул қилгич орасидаги масофа сезиларли кичик;

- бинолардан ташқаридагига қараганда, айниқса, узаткич-қабул қилгич масофасига нисбатан атроф-муҳит ҳолатининг (муҳитининг) ўзгарувчанлиги.

Узаткич қувватининг ўзгариши жараёнлари (радиосигналларнинг сўниши) қабул қилгичга яқинлашиш билан ҳам биноларда, ҳам бинолардан ташқарида стационар эмас, шунинг учун тадқиқ қилинадиган жойнинг ҳар бир нуқтасида сигналнинг қувватини ўрнатилган параметрлари билан бир қаторда қабул қилинадиган сигналнинг ўртача кечикиши, унинг оғиши ва бошқалар каби импульсли характеристикаларини (кўпинча статистик ўртачалаштирилган) башорат қилишга уринишади (2.2- жадвал) [35-43].

2.2- жадвал

Сигнал параметрлари ва характеристикалари

Ўзгартириладиган параметрлар	Узлуксиз нурлантиришдаги статик характеристикалар	Импульсли характеристикалар
<ul style="list-style-type: none"> - частота - бинонинг ўлчамлари; - антенналарнинг кўтарилиши баландлиги; - кутибланиш тури тўлқинлари; - деворларнинг материаллари; - биноларнинг конфигурацияси; - тўсиш объектлари 	<ul style="list-style-type: none"> - қувватнинг сўниши (йўқотишлар; - логарифмик-ўртача квадратик оғиш; - нурларнинг ўртача кечикиши; 	<ul style="list-style-type: none"> - кўп нурлиликда кечикишларнинг тақсимланиши (дисперсия); - максимал ортикча кечикиш; - сигналнинг кўп нурли компонентлари қабул қилгичга кластерларда “келади” (Пуассон тақсимоти); - кластер ичида кечикишлар ва амплитудаларнинг тақсимоти

Абонентларнинг алоқаси амалга ошириладиган ёпик жойларнинг катта хилма-хилигида радиотўлқинларни тарқалишининг ўзига хос хусусиятларини моделлаштириш учун энг катта қийинчиликни турли материаллардан тўсиқларли мураккаб шаклдаги “кучли паст баландликли” жойлар, қаватлар орасидаги тўғри ҳажмлар (лифт шахталар, зиналар ўтишлари), кўп сонли тўсувчи ҳаракатланадиган объектларнинг (персонал ва бошқалар) борлиги билан ажралиб турадиган кўп қаватли офис бинолари юзага келтиради.

Ҳозирги вақтга келиб, бинолар ичида майдон сатҳи кучсизланиши тақсимланишининг қатор усуллар ишлаб чиқилган. Бу усуллардан ҳар бирининг ўз камчиликлари ва авзалликлари мавжуд [35-43]. Қўлланадиган усуллар фақат бу усул учун барча талаб қилинадиган биноларни режалаштириш ҳақидаги дастлабки маълумотлар киритилганидан кейингина ишлай бошлайди [39-42].

Биноларда радиотўлқинларнинг тарқалишини моделлаштириш учун ифодаларни қуйидаги тўртта гуруҳларга бўлинади:

Статистик усуллар. Бу усуллар бинодаги деворлар ҳақида ҳеч қандай маълумотларни талаб қилмайди. Фақат бино турининг тавсифи (офис, меҳмонхона, магазин ва ҳ.к.) зарур бўлади [39-44].

Тўғри тарқалиши йўлили (битта нурли) эмпирик усуллар. Улар узаткич ва қабул қилгич орасидаги тўғри йўлга асосланган, ҳеч қандай бошқа нурлар қаралмайди [39-43].

Эмпирик кўп нурли усуллар. Бу янги ёндашиш узаткич ва қабул қилгич орасидаги тўлқинларни кўп нурли тарқалишига асосланган. Йўлларнинг ҳар хил турлари ҳисобланади ва уларнинг параметрлари башоратлаш учун ишлатилади [42; 342-б].

Геометрик оптика асосидаги усуллар. УҚТ диапазонда радиотўлқинларнинг тарқалиши деворлардаги қайтишлар ва бурчаклардаги дифракциялар қараладиган квазиоптик тарқалиш усуллари ёрдамида тавсифланиши мумкин. Нурни трассалаштириш (нурни нахорат қилиш) ва нурни чиқариш каби турли ёндашишлар яратилган. Ҳар бир гуруҳ ёнданишларнинг турли ишлатилишига эга, лекин битта гуруҳга кирадиган барча усуллар дерли ўхшаш натижаларга олиб келади ва бир хил авзалликлар ва камчиликларга олиб келади.

2.2. Бино хоналаридаги майдон тақсимланишини моделлаштириш усуллари

2.2.1. Эмпирик битта нурли усуллар

Биноларда масофага боғлиқ майдоннинг кучсизланиши ҳатто, агар узаткич ва қабул қилгич орасида тўғри кўриниш бўлсада, қайтиш, дифракция ва сочилиш туфайли эркин фазодагидек бўлмайди. Томойили жиҳатдан, ҳозирги вақтда таклиф этиладиган бинолар ичида сигналларнинг эмпирик битта нурли усуллари узаткич ва қабул қилгич орасидаги антенналарнинг жойлашишига боғлиқ равишда 2 гуруҳларга - бир қаватли ва икки қаватли усулларга бўлиш мумкин [45; 176-б.], [46;4-б.].

Тарқалиш йўлида йўқотишлар қийматини ҳисоблаш узаткич антеннаси нуқтасида чиқиш қувватини ва қабул қилгич киришидаги сигнал сатҳи билан таққослаш йўли билан амалга оширилади ва бу икки нуқталар орасидаги антенналар, фидерлар туфайли ва эркин фазодаги йўқотишлар ва бошқалар барча йўқотишларни ўз ичига олади [45; 176-б.], [46;4-б.].

Эркин фазодаги йўқотишларни қуйидаги формула бўйича ҳисоблаш мумкин

$$L = 32,44 + 20lgd + 20lgf, \text{ дБ}, \quad (2.1)$$

бу ерда d -антенналар орасидаги масофа, км, f -ишчи частота, МГц.

Бинолар учун COST 231 усули. Бинолар ичидаги трассада дБларда ифодаланган йўқотишлар усули бинолар ичидаги муҳит учун COST 231 усулидан олинган қуйидаги шакл ҳисобланади [47;177-б.]

$$L = 37 + 20lgd + \sum N_{\text{дев.}i} L_{\text{дев.}i} + 18,3q^{[(q+2)(q+1)-0,46]}, \text{ дБ}, \quad (2.2)$$

бу ерда d - қабул қилгич ва узаткич антенналари орасидаги масофа, м;

$N_{\text{дев.}i}$ - кесишадиган i деворнинг номери;

$L_{\text{дев.}i}$ - i девордаги қувват йўқотишлари;

q - тўлқин келиб ўтадиган қаватлараро тўсиқлар сони.

Одатда бинолар ичидаги деворларни иккита тури - 3,4 дБдаги йўқотишлар омилили енгил ички деворлар ва 6,9 дБдаги йўқотишлар омилили стандарт ички деворлар қаралади [48; 13-23-б].

Агар ички деворлар индивидуал моделлаштирилмаса, ички йўқотишлар усули қуйидаги ифодани беради

$$L = 37 + 30lgd + 18,3q^{[(q+2)/(q+1)-0,46]}, \text{ дБ.} \quad (2.3)$$

Эркин фазодаги (тўғри кўриниш зонасидаги) йўқотишлар қуйидагича аниқланади

$$L = 30,18 + 26lgd, \text{ дБ.} \quad (2.4)$$

Тўсиқлардаги йўқотишларнинг умумий қиймати қуйидагича аниқланади

$$L = 34,53 + 38lgd, \text{ дБ.} \quad (2.5)$$

2.2.2. Радиотўлқинларнинг қават бўйлаб тарқалиш усуллари

COST 231 услубида узаткич ва қабул қилгич антенналари бино ичидаги битта қаватда жойлашганда ишлатилади [47; 177-б.], [49; 257-б.]. Радиоалоқа линиясидаги йўқотишлар усули, шунингдек d_n усул ёки «One slope» статистик усули ёки “Битта қиялик” дейиладиган усули масофага боғлиқ равишда симсиз алоқа линиясидаги йўқотишлар қийматини ҳисоблаш учун қуйидаги формулага асосланган

$$L_{0.1\text{мД}} = L(r_0) + 10nlg(r/r_0), \text{ дБ,} \quad (2.6)$$

r_0 - дастлабки масофа, одатда 1 м;

$L_{0.1\text{мД}}$ - эркин фазода $r_0 = 1$ м масофадаги йўқотишлар;

n - қабул қилинадиган қувватни масофага даражали боғлиқлиги кўрсаткичи (2.3- ва 2.4- жадваллар).

Dual slope [47; 257-б.] статистикусули узоқ ва яқин масофаларда сигнал қувватини йўқотилишлардаги фарқларни ҳисобга олади [48; 13-23-б.]. Унда узаткич ва қабул қилгич орасидаги масофани $d_{к.аро}$ ажратиш нуқтаси билан иккита яқин ва узоқ зоналарга бўлиш пайдо бўлди:

$$L_1(r) = 10 M_{кес.i1}lg(r/d_{п}) + L_{BR}, \text{ дБ} \quad r < d_{к.аро} \quad (2.7)$$

$$L_2(r) = 10 M_{кес.i2}lg(r/d_{п}) + L_{BR}, \text{ дБ} \quad r \geq d_{к.аро} \quad (2.8)$$

бу ерда $M_{кес.i1;2}$ - d_{BR} гача ва ундан кейин оралиқда қувватни камайиши коэффицентлари, улар мос равишда 2 ва 6 олинади.

(2.1) ва (2.6) формулаларни таққослаш билан кўриш мумкинки, $M_{кес.i}$ бинолари ичи учун 2 га тенг.

2.3- жадвал

Турли хил биноларда сўниш даражаси кўрсаткичларининг боғлиқлиги

Бино	Частота, МГц	Даража кўрсаткичи, n	Оғиш, дБ
Офис, кўп тўсиқлар	1500	3,0	7,0
Офис	900	2,4	9,6
Офис	1900	2,6	14,1
Ишлаб чиқариш фабрикаси	1300	2,0	3,0
Ишлаб чиқариш фабрикаси	4000	2,1	7,0
Тўқимачилик фабрикаси	1300	1,8	6,0
Металлургия фабрикаси	1300	1,6	5,8
Хусусий уй (ичкаридан кўчага)	900	3,0	7,0
Магазин	914	2,2	8,7
Раста	914	1,8	5,2

2.4- жадвал

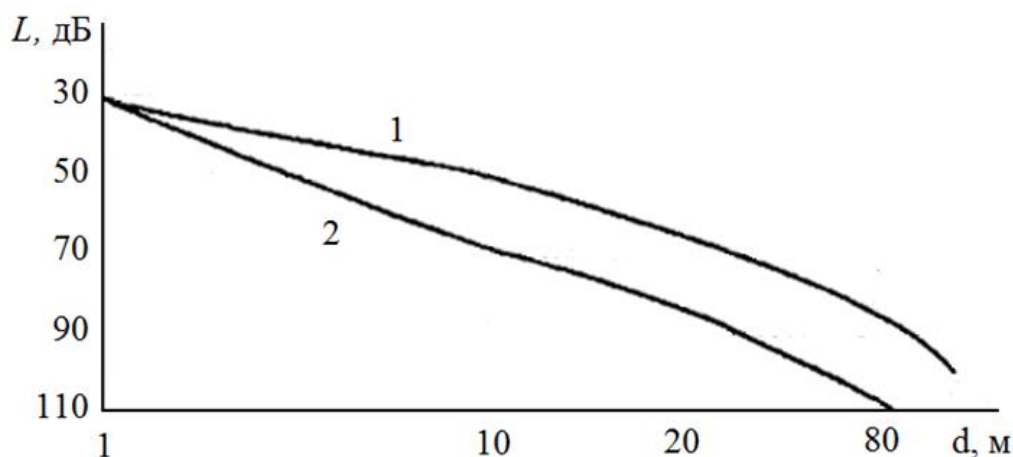
Турли хил биноларда сўниш даражаси кўрсаткичлари

Бинолар конфигурацияси	Сўнишнинг даражали кўрсаткичи
Коридорлар	1,4...1,9
Катта очик хоналар	2
Мебеллаштирилган хоналар	3
Зич жойлаштирилган хоналар	4
Турли қаватлар ораси	5

Бинолар учун $M_{кес.i}$ қиймат ташувчи частота, бинонинг тури ва режалаштирилишига боғлиқ. Адабиётларда радиотўлқинларнинг тарқалиши кучли тўсилган йўллар учун 6,5 гача $M_{кес.i}$ қийматларини топиш мумкин. Бундай усул дастурий маҳсулотнинг вариантларидан бирида қўлланиши мумкин ва ҳисоблашларнинг тезкорлиги билан характерланади, уларнинг бажарилишида фақат антенналар орасидаги масофани аниқлаш талаб қилинади, барча қолган параметрлар ва константалар (доимийликлар) умуман бутун бинога киради ва олдиндан берилади [45-49].

$m_{\text{кес}}$ параметр тарқалиш муҳитига, яъни қурилиш материалларининг турига, интерьер тури, бинонинг жойлашиши ўрнига ва бошқаларга жуда сезгир. Шу билан бирга, n қиймат 1,2 (тўлқин ўтказгич самараси) дан 6 гача ўзгариши мумкин ва маълумотларни олиш ва ишлов бериш усулига боғлиқ бўлиши мумкин.

Бундай усуллардан фойдаланишда қувват йўқотишларини баҳолаш жуда тез амалга оширилади, маъқул хатоликларни беради, лекин биноларнинг геометрияси, антенналарнинг жойлашиши баландлиги ва бошқалар каби ўзига хос хусусиятларни ҳисобга олмайди. “Эриксон” фирмаси, масалан, ўз ҳисобларида ҳар хил бинолар турлари учун узаткичдан масофага боғлиқ равишда сўниш қийматлаининг график берилишини ишлатади (2.2- расм).



2.2- расм. Бинонинг ичида майдоннинг кучсизланиши учун “Эриксон” фирмасининг графикли услуги (1 - юқори чегара; 2 - пастки чегара)

Бу усулга мувофиқ қувватни йўқотилиши қиймати $L(d_o)$ (узаткичдан 1 метр масофада) ўзгармас ва узаткичнинг P_t номинал қувватидан -30 дБга тенг олинади. График кўринишда узаткич ва қабул қилгич орасидаги масофага боғлиқ кутиладиган йўқотишлар қиймати учун пастки ва юқори чегаралар кўрсатилади [50.76-82-б.].

Кўп қаватли биноларда сигналнинг сўнишини таҳлил қилиш учун одатда тузатиш коэффицентлари киритилади. Одатдаги қийматлар биринчи қават учун 15 дБ, иккинчидан бешинчига ҳар бир вақт учун 6...10 дБ, бешинчидан юқори этажларга 1...2 дБни ташкил этади.

Тўсиқнинг кучсизлантирувчи омилига асосланган йўқотишлар

усули радиоалоқа линиясида ички йўқотишларни баҳолаш учун тўсиқлардаги йўқотишларни ҳисобга олади. Бино ичида сигналнинг тарқалишига бинонинг деворлари ва уни ичидаги тўсиқларнинг қурилиш материаллари таъсир қилади [46-51]. Бу усул d_n усулга қараганда деворлар ва тўсиқларнинг таъсири туфайли кўшимча йўқотишларни киритади. Бу усулда бинолардаги йўқотишлар учун формула қуйидаги кўринишга эга:

$$L_{\text{п}} = L_{0.1\text{мД}} + 10n \lg(r/r_0) + \sum P_k A F_k, \text{ дБ.} \quad (2.9)$$

Радиосигнал P_k тўсиқ ёки k синфдаги деворлар орқали ўтади, улардан ҳар бири F_k факторда (омилда) ифодаланадиган кучсизланишни кўшади. Уларнинг йиғиндиси бу қаватдаги тўлқиннинг йўлини тўсадиган барча тўсиқлар келтириб чиқарадиган трассадаги йўқотишларнинг тўлиқ қиймати ҳисобланади.

Motley-Keenan усули [51; 175-б] ҳисоблашларда узаткич ва қабул қилгич антенналари орасидаги тўғри нур кесиб ўтадиган барча деворларни ҳисобга олди. Ҳар хил бинолар турлари (офис бинолари, янги ёки эски бинолар, кутубхоналар, меҳмонхоналар ва х.к.) деворлардаги турли йўқотишлар қийматлари билан характерланади.

Агар деворнинг материали маълум бўлса, у ҳолда бинонинг ички деворларидаги йўқотишларнинг ўртача қийматини ҳисоблаш мумкин. Бу гуруҳдаги усуллар статистик йўқотишлар усулига узатиш ва қабул қилиш антенналари орасидаги йўлдаги барча деворлардаги йўқотишларни кўшишга асосланган.

2.2.3. Радиотўлқинларнинг қаватлараро бўйлаб тарқалиш хусусиятлари

Бу усуллар узаткич ва қабул қилгич антенналари турли қаватларда жойлашганда қўлланади. Алоқа линиясидаги йўқотишлар усули масофага боғлиқ равишда (2.6) тенглама билан ҳам ифодланади, лекин каттароқ n қийматлари қаралади. Учтагача тўсиқлар бўлганида n қиймат одатда 4 ва 5,5 орасида бўлади [56-61].

Қаватлараро тўсиқларнинг кучсизлантириш омилига асосланган йўқотишлар усули қаватлараро тўсиқлар келтириб чиқарадиган ва $L_{\text{кўп.қав}}$ билан белгиланадиган йўқотишлар билан тўлдирилади

$$L_{\text{м}} = L_{0.1\text{мД}} + 10n \lg(r/r_0) + L_{\text{кўп.қав}}, \text{ дБ.} \quad (2.10)$$

Кўп қаватли бинода бир вақтда тўсиқлар ва кўп қаватли йўқотишларни ҳисобга олиш зарур. Бинолар ичи учун тўлиқ формула қуйидаги кўринишга эга [51-59]

$$L_{\Pi} = L_{0.1\text{мД}} + 10n\lg(r/r_0) + \Sigma P_k A F_k + L_{\text{кўп.қав}}, \text{ дБ.} \quad (2.11)$$

Одатдаги $L_{\text{кўп.қав}}$ қийматлари битта қават учун қарайиб 15 дБни ва бешинчи қаватларгача ҳар бир қўшимча қаватга яна 5...12 дБни ташкил этади. Бештадан ортиқ қаватларни кўриб чиқишда $L_{\text{кўп.қав}}$ қийматни сезиларли ортиши кузатилмайди [62; 88-б].

Motley-Keenan ва *COST 231 Multi-wall* битта нурли усуллари такомиллаштирилган «One slope» усули ҳисобланади

$$L(d) = L_M + 10n\lg d + N_{\text{дев}} L_{\text{дев.}i}, \text{ дБ,} \quad (2.12)$$

$$L = L_{0.1\text{мД}} + 10n\lg d + \Sigma N_{\text{дев}} L_{\text{дев.}i} + L_{\text{кес}} m_{\text{кўчма}}^{\{(n+2)/(n+1) - b_{\text{эм.п}}\}}, \text{ дБ,} \quad (2.13)$$

бу ерда $L_{0.1\text{мД}}$ - эркин фазода $r_0 = 1\text{ м}$ масофадаги йўқотишлар;

L_M - 1 м масофада ўлчанган сигнал қуввати йўқотишлари;

$N_{\text{дев}}$ - кесишадиган деворлар сони;

$L_{\text{дев.}i}$ - i девордаги қувват йўқотишлари;

$L_{\text{кес}}$ - тўсиқ орқали ўтишда сигнал қуввати йўқотишлари;

$m_{\text{кўчма}}$ - базавий станция ва кўчма терминал орасидаги қаватлар сони ($m \geq 1$);

$b_{\text{эм.п}}$ - эмпирик параметр.

ХЭАИ тавсия этган асосий усул қуйидаги кўринишга эга [62; 86-б]

$$L_{\text{total}} = 20\lg f + n\lg d + L_{\text{кес}}(m_{\text{кўчма}}) - 28, \text{ дБ,} \quad (2.14)$$

бу ерда n - қувватни йўқотилиши масофавий коэффициентлари;

f - частота, МГц;

d - базавий станция ва кўчма терминал орасидаги масофа, м (бу ерда $d > 1\text{ м}$);

$L_{\text{кес}}$ - тўсиқ орқали ўтишида сигнал қувватини йўқотилиши, дБ;

$m_{\text{кўчма}}$ - базавий станция ва мобиль терминал орасидаги масофа қаватлар сони ($m \geq 1$).

Турли ўлчашларга асосланган ўзи хос параметрлар [63; 4-б] 2.5- ва 2.6 - жадвалларда келтирилган.

2.5-жадвал

Бинолар ичида сигналнинг кучсизланишини ҳисоблашда ишлатиладиган n қувват йўқотишлари коэффициенти

Частота, ГГц	Офислар	Саноат бинолари	Турар-жойлар
0,9	33	20	-
1,2...1,3	32	22	-
1,8...2,0	30	22	28
4,0	28	22	-
5,2	31	-	-

2.6- жадвал

Пол орқали сигнални ўтишида $L_{кес}$ йўқотишлари коэффициенти, дБ, бу ерда $m_{кўчма}$ - бино ичида узатиш йўқотишларини ҳисоблашда ишлатиладиган ўтилган қаватлар сони ($m \geq 1$)

Частота, ГГц	Офислар	Саноат бинолари	Турар-жойлар
0,9	9 (1 қават) 19 (2 қават) 24 (3 қават)	-	-
1,8...2,0	$15 + 4(m_{кўчма} - 1)$	$6 + 3(m_{кўчма} - 1)$	$4n$
5,2	16 (1 қават)	-	-

Турар-жой биноларида қувватни йўқотилиши коэффициенти ўрнатилмаган турли частоталар диапазонлари учун хизмат бинолари учун бу коэффицентнинг мос қийматларидан фойдаланиш лозим. Таъкидлаш керакки, қаватлар орасида сигналларнинг ўтишида кўзда тутиладиган изоляциялашга чеклашлар мавжуд бўлиши мумкин. Сигнал қаватлар орасидаги тўсиқларни кўр марталик кесиб ўтишдагига қараганда кам умумий йўқотишларли алоқа линияларини яқунлаш учун бошқа ташқи йўллари топиши мумкин [48; 13-23-б].

Агар бу ташқи йўллари олиб ташланса, у ҳолда 5,2 ГГц частотадаги ўлчашлар кўрсатдики, радиотўлқинларнинг нормал ўзини тутишида қаватлар орасидаги одатдаги осма шипларли темир-бетон тўсиқлардан ўтишда ўртача қўшимча йўқотишлар 1,5 дБ стандарт оғишда 20 дБни ташкил этади. Ёритиш асбоблари

ўртача йўқотишларни 3 дБ стандарт оғишда 30 дБгача оширади, пол остидаги вентиляция каналлар эса 5 дБ стандарт оғишда 36 дБгача оширади. Бу қийматлар жойга боғлиқ бўлган, масалан, нурларни қуришга боғлиқ бўлган усулларда $L_{кес}$ коэффициентлар ўрнига ишлатилиши керак.

Бинолар ичидаги тўсиш келтириб чиқарадиган сўнишлар статистикаси логарифмик нормал қонунга мос келади, стандарт оғишлар қийматлари эса 2.7 - жадвалда келтирилган.

2.7- жадвал

Бинолар ичида тўсиш туфайи сўнишлар статистикаси, узатиш йўқотишларини ҳисоблаш учун стандарт оғиш, дБ

Частота, ГГц	Турар-жойлар	Хизмат бинолари	Саноат бинолари
1,8...2,0	8	10	10
5,2	-	12	-

Ҳозирги вақтдаги мавжуд ўлчашлар натижалари турли шароитларда олинган, бу уларни тўғридан-тўғри таққослашни кийинлаштиради ва маълумотлар фақат алоҳида частоталар диапазонлари учун тушган, айрим умумий хулосаларни эса, айниқса, 900...2000 МГц диапазон учун барибир чиқарш керак:

- тўғри кўринишли компонентли трассаларда (РТКЧТ) эркин фазода узатиш йўқотишлар устунлик қилади, улар учун масофавий қувват йўқотилиши коэффициенти эса деярли 20 га тенг бўлади;

- катта очиқ бинолар учун ҳам 20 га тенг масофавий қувват йўқотилиши коэффициенти қиймати характерли. Бу бинонинг катта зонасида кучли РТКЧТ ташкил этувчисининг борлиги билан тушунтирилиши мумкин. Мисоллар бўлиб катта савдо омборларида жойлашган бинолар, спорт ареналари, заводлар бинолари ва очиқ режалаштирилган офислар хизмат қилиши мумкин;

- коридорларда эркин фазодагига қараганда одатдаги 18 га тенг масофавий қувват йўқотилиши коэффициенти қиймати трассадаги кичик йўқотишлар кузатилган. Стеллажлар орасидаги узун чизикли ўтишлари билан гипермаркетлар коридорларга мос йўқотишлар характеристикаларига эга;

- тўсиқларни айланиб ўтиш ва деворлар орқали тарқалиш сезиларли йўқотишларга олиб келади, улар одатдаги шароитларда масофавий қувват йўқотилиши коэффициенти 40 гача ошириши мумкин. Мисоллар бўлиб ёпиқ режалаштирилган офис

биноларидаги хоналар орасидаги трассалар хизмати таҳлил қилинди;

- Френель биринчи зонасида тўсиқларсиз узун трассаларда “эгри чизиқнинг бурилиши нуқтаси” вужудга келиши мумкин. Бу масофада масофавий қувват йўқотилиши коэффициентини 20 дан 40 гача ўзгариши мумкин;

- офисларда қабул қилиш шароитлари учун частотани оширилишида трассадаги йўқотишлар коэффициентининг камайиши (2.6 - расм) ҳар доим ҳам кузатилмайди ёки осон тушунтирилади. Бир томондан, частота ортганида тўсиқдан (масалан, деворлар, мебель) тўғри ўтишда йўқотишлар ортади ва дифрагмацияланган сигналлар қабул қилинадиган сигнал қувватига кам улушни қўшади, бошқа томондан, Френель зонаси юқорида частоталар учун камроқ ёпиқ, бу кам йўқотишларга олиб келади. Ҳақиқатда трассадаги йўқотишлар бунга қарама-қарши амалдаги механизмларга боғлиқ.

2.2.4. Эмпирик кўп нурли усуллар

Статистик усуллар кўп сонли ўлчашларни умумлаштириш натижаси ҳисобланади, бинобарин, шундай тарзда улардан сигналларни узатишни имитациялаш учун фойдаланиш мумкин. Масалан, имитациялашни дискрет усул, кенг маънода корреляцияланмаган сочилишли стационар канал ёрдамида амалга ошириш мумкин. Бундай имитациялаш усулларида бири кўп сонли тарқалиш траасаларини алмаштиришдан иборат, улар усулда фақат бир неча N кўп нурли компонентларли реал каналда мавжуд бўлиши мумкин. Кейин мураккаб, вақт бўйича ўзгарадиган $g_n(t)$ Гаусс жараёнлари ёрдамида турли бурчакларда ва $N_{\text{нур}}$ кўп нурли ташкил этувчили усулнинг $\tau_{\text{нур},N}$ кечикиши қийматига яқин бўлган вақт кечикишлари билан келадиган рухсат этилмаган кўп нурли ташкил этувчиларнинг суперпозицияси моделлаштирилади. У ҳолда $h(t)$ импульсли характеристика қуйидагича аниқланади

$$h(t) = \sum_{n=1}^{N_{\text{нур}}} \sqrt{P_{\text{каб},N}} g_n(t) \cdot \delta(t - \tau_{\text{нур},N}), \quad (2.15)$$

бу ерда $P_{\text{каб},N}$ – усулнинг N_n чи кўп нурли ташкил этувчисининг қабул қилинадиган қуввати. Бундай статистик усул ҳар бир ташкил этувчиси учун мос параметрларни талаб қилади.

Кўп нурли тарқалишни биноларда ҳисобга олиш жуда муҳим ва

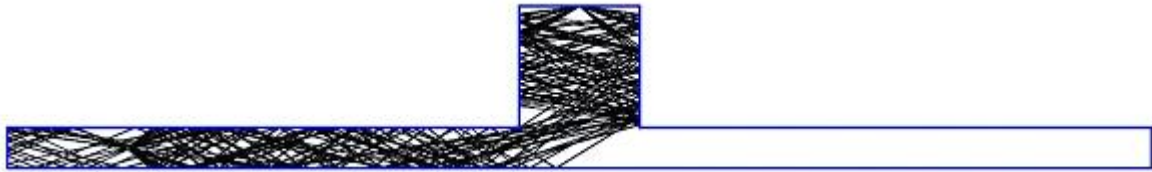
кўп нурли усул аниқроқ натижаларни олиш учун кўп нурли параметрларни кўриб чиқиши керак. Шунга кўра, доминант нур усули (*Dominant Path*) [55; 29-б.] Gahleitner R. ва Bonek E. Томонидан ишлаб чиқилган. У кўп нурли тарқалишни кўриб чиқиш ва деярли эмпирик битта нурли усуллар даражасигача ҳисоблаш вақтини камайтириш билан узаткич ва қабул қилгич орасидаги устун нурларни (доминант нурларни) ҳисобга олади. Асосий нурга асосий йўлда туадиган биноларга кўшни бўлган бинолар орқали ўтадиган кўшимча нурлар кўшилади. Бунда радиотўқинларни қайтиши нуқталарини аниқ қидириш амалга оширилмайди.

Ҳар бир хона учун хоналарни ҳисоблашдан кейин (маълумотлар омборида фақат векторга-йўналтирилган бинолар деворларининг тавсифи зарур), кўшни хоналар ва хоналар орасидаги кўшничилик нисбати ҳисобланади ва маълумотлар омборида сақланади, чунки улар узаткич антеннасининг ҳолатига боғлиқ эмас ва барча башорат қилишларда ишлатилиши мумкин [48; 13-23-б].

Хоналарнинг жойлашиши нисбатларига асосланиш билан хонанинг схемаси ва жойлашини тасвирлайдиган хона тузилмаси дарахти ҳисобланади [55-57]. Узаткич антеннасида қабул қилгич антеннасига нурлар ва бу нурлар босиб ўтган хоналар дарахти бўйича аниқланади ва шунинг учун ўзига хос деворларга кирмайди. Хоналар дарахти ва нурларни жойлашиши ҳақидаги маълумотлар [58; 128-б.], [59; 1667-б.] ишларда берилган. Тарқалиш кечикиши ва тез сўнишни жуда аниқ башоратлаш доминант нур усулида ҳам мумкин [55; 29-б].

Бу усулда маълумотлар омборининг аниқлигига кам боғлиқ, чунки деворларнинг аниқ жойлашишини кўриб чиқмайди ва фақат хоналар ва кўшни хоналар ҳақидаги маълумотлар нурларни ҳисоблашга таъсир қилади [45-53], [61; 140-б.], [62; 1540-б.], [65; 967-б.].

Ҳисоблашлар иккита босқичларда амалга оширилади. Дастлаб ҳар бир хонадаги асосий нурлар ҳисобланади, кейин эса, агар узаткич ва қабул қилгич антенналари ўша бир хонада жойлашса, ҳар бир хонадаги асосий нурлар ҳисобланади (2.3- расм).



2.3- расм. Нурларни трассалаштириш

Бу иккинчи ҳисоблаш хонадаги қабарик бурчакларни эътиборга олади. Бу ҳолда қабарик бурчаклар узаткич ва қабул қилгич антенналари орасида тўғр кўриниш бўлмаганида ҳисобга олинади. У ҳолда дарахт хонанинг тузлимаси учун дарахт сифатида қурилади [61-67, 63-71].

2.2.5. Геометрик оптика асосидаги ҳисоблаш усуллари

Статистик усуллар режалаштиришда кўрсатмалар сифатида жуда фойдали бўлиши билан бир вақтда, детерминантланган усуллар (ёки жойнинг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга оладиган) тизимларни лойиҳалаштирувчилар учун жуда аҳамиятли.

Эмпирик ҳисоблаш усулларни ишлаб чиқишда кўпинча муҳитнинг геометрик характеристикалари ҳисобга олинмайди. Бу камчилик бинолардан радиотўлқинларнинг кўп нурли тарқалишида намоён бўлади. Нурларни трассалаштириш бу биноларнинг геометрик ўлчамларини ҳисобга оладиган алоқа каналини симуляциялаш усули ҳисобланади, яъни радиотўлқинларнинг тарқалиши ҳам кучсизланиш, ҳам биноларнинг деворларидан қайтиш характеристикаларига эга бўлган кўп сонли мустақил нурларнинг тарқалиши сифатида берилди.

Хоналарининг маълум ўлчамларили бинода сигнални узатишда нурларни трассалаштириш усули $\beta_i^d = |\beta_i^d| \cdot \exp(j\phi_i^d)$ кўринишга эга бўлади, бу ерда симуляциялашда узатиш антеннасида қабул қилиш антеннасига узатиладиган нурлар тўплами нурлар қабул қилиш антеннасига етгунча ёки муҳитда кучсизланиш туфайли йўқолмагунча трассалаштирилди.

Бинонинг ичида мобиль алоқа базавий станцияларидан майдон кучланганлиги электромагнит тўлқинларни бинонинг ойналари ва деворлари орқали ўтиши ҳисобига, шунингдек ойна ва эшик тирқишларида дифракция ҳисобига майдонларни қўшилиши орқали аниқланади.

Детерминантланган тақсимот усулларини ишлаб чиқишнинг бир неча усулларини ажратиш мумкин. Геометрик оптика усули биноларнинг ичида майдон кучланганлигини ҳисоблашга энг умумий ёндашиш ҳисобланади.

Ҳисоблаш вақтини маъқул қийматларгача қисқартирадиган турли ёндашишлар таклиф этилган [70-75].

Битталиқ нур бўйлаб майдон кучланганлиги геометрик/бир жинсли дифракция назарияси ёрдамида ҳисобланади. Бундан ташқари, бу усуллар ёрдамида майдон кучланганлигини ҳам, тарқалиш кечикишини ҳам башоратлаш мумкинлиги аниқланди.

Геометрик оптика асосидаги усулларнинг асосий камчиликларидан бири уларнинг маълумотлар омборининг аниқлигига кучли боғлиқлиги ҳисобланади. Агар деворнинг материали аниқ аниқланмаган бўлса ёки деворларининг жойлашиши ҳақиқий жойлашишга нисбатан ўзгарса, башоратлаш турли ва нотўғри натижаларга олиб келади.

ЎЮЧ диапазонда тарқалишни деворлардан қайтиш ва бурчаклардаги дифракцияни ҳисобга оладиган квазиоптик усуллар асосида ўрганиш мумкин. Иккита ёндашишларга ажратилади: нурларни жойлаштириш (ray tracing) ва нурларни ишга тушириш (ray launching) [76-80]. Улардан ҳар бири ўз авзалликлари ва камчиликларига эга.

Нурларни жойлаштириш ва ишга тушириш усули. Нурларни жойлаштиришда барча қайтариш сиртлари (деворлар) синал кўрилиши шарти билан қабул қилгичга етиб борадиган (ҳар бир қабул қилгич учун алоҳида) барча нурлар ҳисобланади. Бундай ёндашиш сезиларли катта вақтни талаб қилади, чунки нурларни ишга туширишда нурлар узаткич орқали бурчакнинг доимо ортиши билан “нурлантирилади”. Бу вариантда муаммо, айниқса, узок масофаларда кўп сонли қайтишлар туфайли нурларнинг “кўпайиши”да вужудга келади. Нурларни ишга тушириш алгоритми узаткичдан қабул қилгичга сигналнинг барча бўлиши мумкин тарқалиши йўллари ҳисоблайди.

Нурни трассалаштириш асосий усулларида башоратлаш фазовий тарқалиш ва деворлардан қайтишни ҳисоблашга асосланган. Янада мураккаб алгоритмлар дифракция, сочилиш, турли материаллардан ўтиш механизмларини ўз ичига олади. Ниҳоят, исталган аниқ бир жойдаги сигналнинг сатҳи бу нуқтага етиб борган компонентлар йиғиндиси сифатида топилади.

Тарқалишдаги йўқотишлардан ташқари, нурни трассалаштириш усули вақт дисперсиясини башоратлаши келтирилган.

Трассалаштириш усуллари электромагнит майдон сатҳини башоратлашда энг аниқ усуллар гуруҳига киради. Шу билан бирга, улар ҳудудни жуда батафсил таҳлил қилишни талаб қилади. Уларнинг аниқлиги жойнинг режаси ҳақидаги маълумотларнинг аниқлиги ва тўлиқлигига боғлиқ. Шу билан бирга, бундай усулларни ҳисоблашни амалга ошириш катта ҳисоблаш ресурсларини талаб қилади. Ҳисоблаш вақти ҳудуд режасининг батафсиллигига экспоненциал боғлиқ. Шунинг учун катта деталлар сони кичик ҳудуд учун ҳисоблаш вақти кам делалларли катта ҳудуд учун бўлганидан катта бўлиши аниқланди.

G-симон усул. [80; 223-б.] ишда *G*-симон конфигурациядаги (бурилишли коридор) биноларда радиотўлқинларни тарқалиши геометрик (нурларни трассалаштириш) усули таклиф этилган. Усул қабул қилиш нуқтасида қабул қилинадиган сигналнинг қувватини башоратлаш учун ишлатилади. Усулда деворлардан тўрттагача қайтишлар ҳисобга олинади (ҳисобланадики, қайтишдаги йўқотишлар туфали юқорироқ даражали қўшилувчиларни ҳисобга олиш усулнинг аниқлигига сезиларли ўзгартиришларни киритмайди). Усул бинода 433, 915 ва 2400 МГц частоталар диапазонларидаги экспериментал маълумотлар асосида курилади.

Биноларнинг ичидаги қўллашлар учун, хусусан, вақт соҳасида чекли фарқлар усули (*FDTD*) ва геометрик оптикага асосланган усул ўрганилган. Геометрик оптика усули *FDTD* усулига қараганда ҳисоблашларга нисбатан самаралироқ. Геометрик оптикага асосланган усулда иккита асосий ёндашишлар мавжуд: тасвирлардан фойдаланиш ва нурни қўзғатиш.

Тасвирлардан фойдаланиш усулида атроф-муҳитнинг барча қайтариш сиртларига нисбатан қабул қилгичнинг тасвири ишлатилади. Барча тасвирларнинг координаталари ҳисобланади, кейин эса бу тасвирларга йўналиш бўйича нурларнинг траекториялари аниқланади. Нурни қўзғатишли ёндашиш узатиш антеннасининг атрофида қатор қўзғатилган нурларни бир текис тақсимлашни кўзда тутди. Ҳар бир нурнинг траекторияси у қабул қилгичга етиб боргунча ёки амплитуда берилган сатҳдан тушмагунча назорат қилинади.

Нурни қўзғатишли ёндашиш ва тасвирдан фойдланили ёндашишни таққослаш кўрсатадики, нурни қўзғатишли ёндашиш

тез мослашувчанроқ, чунки дифрагмацияланган ва сочилган нурларга симметрик қайтариш билан бирга кўриб чиқиш мумкин. Кейин нурни тилиниши усули ёки вариацион усулдан фойдаланиш билан талаб қилинадиган рухсат этишни сақлаш орқали ҳисоблаш вақтини қисқартириш мумкинлиги келтирилган.

Нурни кўзгатиш ёндашиш катта зонага хизмат кўрсатадиган каналнинг импульсли характеристикасини башоратлаш учун тўғри келади, тасвирлар усули эса пунктни пункт билан алоқасида башоратлар учун яхши тўғри келади.

Детерминантланган усуллар бино қурилиш материалларининг қаралаётган частотадаги тарқалиш характеристикаларига таъсир ҳақида қатор тахминларга асосланган. Жойнинг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга оладиган усул ҳам бинонинг геометрияси, қайтиш, дифракцияни, ҳам деворлар орқали сигнални узатилишини ҳисобга олиши керак.

Деворлар ва бошқа сиртлардан қайтган ёки улардан ўтган нурлар траекториялари Френель тенгламалари ёрдамида ҳисобланади. Демак, бино қурилиш материалларининг комплекс диэлектрик сингдирувчанлиги дастлабки параметр бўлиши керак [48; 13-23-б].

Қабул қилиндиган сигнални мос тавсифлаш учун усулга девордан қайтган ва ундан ўтган нурлардан ташқари, дифрагмацияланган ва сочилган нурлар қўшилиши керак. Хусусан, бу бурчаклар бўлган коридорлар каби биноларда ва бошқа ўхшаш тарқалиш шароитларида ишлаш турларига киради.

Геометрик оптика усуллари – бинолар ичида майдон кучланганлигини ҳисоблашга энг умумий ёндашишдир. Улар узаткич ва қабул қилгич орасидаги барча мавжуд нурларни ҳисобга олади, бу албатта, узоқ ҳисоблаш вақтига олиб келади. [56-73, 70,71] ишларда ҳисоблаш вақтини маъқул қийматларгача қисқартирадиган бу усулларни тезлаштиришга турли ёндашишлар таклиф этилган. Битталиқ нур бўйлаб майдон кучланганлиги геометрик/бир жинсли дифракция назарияси ва қайтариш/ўтказиш учун Френель тенгламалари ёрдамида ҳисобланади [68; 31-б.]. Шунингдек мумкин эмпирик тенгламалар ўлчашлар ёрдамида калибрланади. Бундан ташқари, бу усуллар ёрдамида яна майдон кучланганлиги сатҳларининг тақсимланишини ҳисоблаш ва тарқалиш вақтини кечикиши вақтларини аниқлашди.

Геометрик оптика асосидаги усулларнинг асосий

камчиликларидан бири бинолар бўйича маълумотларни тавсифлашга уларнинг кучли боғлиқлиги ҳисобланади [56-69], [70; 37-б.], [71; 649-б.]. Бу гуруҳдаги усуллар биоларнинг режалаштирилиши ҳақидаги маълумотларни максимал тўлиқ ҳисобга олиши керак. Уларга мувофиқ узаткичдан антеннасидан қабул қилгични антеннасига сигналларни тушиши барча бўлиши мумкин йўллари аниқланади. Бунга боғлиқ ҳисоблашлар вақтини қисқартириш учун ҳисоблаш жараёнини тезлаштиришнинг бир неча усуллари таклиф этилган [61; 140-б.], [62; 1540-б.], [64; 2-б.].

Бундай турдаги усулларни ишлатишнинг иккита турлари – нурларни трассалаштириш (*ray tracing*) ва нурларни ҳосил қилиш (ишга тушириш) (*ray launching*) турлари мавжуд. Ҳисобга олинadиган итерациялар (қайтаришлар, тўсиқлар) сони компьютернинг қувватига боғлиқ. Усулларнинг кўпчилиги максимум олти итерациялар, шу жумладан иккитадан ортиқ бўлмаган тўсиқлар билан чекланган.

Манба нуқтасидан (антеннадан) ўлчаш амалга ошириладиган нуқтагача нурнинг тарқалиши йўлини назорат қиладиган усул мавжуд. Бу усул нурларни трассалаштириш усули сифатида маълум ва радиотўлқинларни тарқалиш усуллари учун қўллана бошланди [50-54]. Бу усуллар етарлича аниқ ҳисоблаш натижасини бериши мумкин, лекин ҳисоблаш вақти жуда катта. Шунга кўра, нурларни трассалаштириш усулини оптималлаш бўйича қатор тадқиқотлар ўтказилган [51; 175-б.]. Бу ерда яна нурларни конусли трассалаштириш кўриб чиқилган.

Барча конуслар учта чегаравий нурлар ва манба орқали тавсифланади ва ҳар бир конус у объект билан кесиши ёки кесишишмаслигини аниқлаш учун тадқиқ қилинади. Агар объект объект билан қисман кесишиш мавжуд бўлса, конус объектнинг чегараларида бўлинади. Аниқ битта объект билан боғланадиган конуслар қайтган ва узатилган сигналларга мос кичик конусларни генерациялаш учун ишлатилади. Конуслар сигнал интенсивлиги тўридан ўтганидан кейин сигналнинг фазаси ва сатҳи ҳисобланади.

Фазани ҳисоблаш муаммоли бўлиши мумкин, чунки бу квадрат илдиз остида кўп сонли қийматларни ҳисоблашга боғлиқ. Бу муаммо камроқ аниқ, лекин тезкорроқ бирчизиқли интерполяциялашган фойдаланиш билан ечилиши мумкин [58-61, 63-65]. Конуссимон трассалаштириш усули боғлиқ муаммони ажратиш ечади. Бинобарин, конус фақат тўртта назорат нуқталарига (манта ва учта чегаралар) эга,

агар деворлар жуда кичик бўлса, уларни ҳисобга олмаслик мумкин. Конусларни катта қисми бошқа деворларни тўсадиган деворлар билан боғланганида тўсиқлар бу бошқа қийинчилик ҳисобланади. Бу деворларни тўсиқларни аниқлаш учун мувофиқлаштирилган тизимга трансформациялаш йўли билан ечилади [61; 140-б.], [64; 2-б.].

Вақт соҳасидаги чекли фарқлар усули (FDTD Finite-Difference Time-Domain). Радиосигналларни тарқалиши характеристикалари Максвелл тенгламасини ечилиши билан олиниши мумкин. *FDT* усули бу тенгламаларни сонли ечилиши усули ҳисобланади. Бу усулда Максвелл тенгламаси чекли-фарқли тенгламалар тизими кўринишида берилган. *FDTD* усули универсал бўлиб, у сонли ечилишини талаб қиладиган электродинамиканинг деяри барча масалаларида муваффақиятли қўлланиши мумкин. Бу ва ички масалалар, шу жумладан бир жинслимаслиги, тўлқин ўтказгичли ва микро полосали мураккаб шаклдаги тузилмаларни таҳлил қилиш ва нурлантирувча тузилмалар, антенналарни моделлаштириш ва ЎЮЧ актив асбобларини таҳлил қилиш ва бошқалар ҳисобланади.

Тадқиқ қилинадиган объектнинг частотавий характеристикалари Фурье дискрет ўзгартириши ёрдамида ва шартли равишда жуда юқори аслиқда квазигармоник манбанинг берилиши ва ўрнатилган режимга чиққунча ҳисоблашларни бажарилиши йўли билан олиниши мумкин. Қўйилишининг оддийлигидан ташқари, *FDTD* усули бир жинсли бўлмаган, анизотроп ва ихтиёрий чегаралари шаклларили ночизикли муҳитларлар электродинамик объектларни моделлаштириш томонидан катта авзалликларга эга. Ўзининг классик қўйилишида *FDTD* усули дифференциал фазовий-вақт ифодалашда ёзилган Максвелл тенгламаларини оддий дискретлаштиришга асосланган.

2.3. Қутбланиш тури ва антенналарнинг йўналтирилганлик хоссалари

Хона ичида қабул қилиш жараёнида нафақат базавий станция ва мобиль терминали антеннаси орасидаги тўғри кўринишли нур, балки аксланувчи ва дифракцион нурлар ҳам мавжуд бўлади. Девор, пол ва томлардан аксланишлар тўлқиннинг қутбланиши, тўлқиннинг тушиш бурчаги ҳамда қурилиш материалларининг диэлектрик ўтказувчанлик комплексига боғлиқ бўлади. Нурларнинг келиш бурчаклари антеннанинг йўналиш диаграммаси

кенглиги, бино тури ва нурланиш манбаи ва мобиль терминали антеннасининг жойлашувига боғлиқ ҳолда тақсимланади. Шу боисдан, тўлқиннинг қутбланиш тури ва мобиль терминали антеннасининг йўналиш диаграммаси хона ичидаги майдон сатҳи кучсизланишига сезиларли таъсир кўрсатади [76; 60-б.].

Радиотўлқинларнинг тўғри кўринишли тарқалишлари жараёнида йўналтирилган антенналар йўналтирилмаган антенналардан фарқли равишда, кечикишли импульс сочилишларининг ўрта квадратли қийматларини қисқартиради. Доирали қутбланишдан фойдаланилиши ҳам чизиқли қутбланишдан фарқли равишда кечикишли импульс сочилишларини қисқартириш имконини беради.

Ҳар бир акс этиш чоғидаги доирали қутбланиш нури йўналишининг тескари кўринишдаги ўзгариши, бир марталик акс этишдан сўнг келувчи кўпнурли аксланишларнинг таркибий тузилишлари РТКЧТ компонентига нисбатан отроғонал қутбланганлигини англатади. Бу эса, кўпнурлилик билан боғлиқ шовқинларни бартараф этиш имконини беради. Мавжуд ҳолатнинг частотага боғлиқ эмаслиги 1,3...60 ГГц частота диапазонида экспериментал тарзда ўз исботини топган бўлиб, у бино ичи ва ташқарисидаги мобиль алоқа тизимларига ҳам тааллуқлидир. Барча қурилиш материалларининг Брюстер бурчаги 45° дан ошмагани боис, бир марталик акс этиш ҳисобига биноларнинг катта қисмида кўпнурлиликка йўл қўйилмайди.

Маълумки, ортоғонал қутбланган антенналар орасида сўнишларни корреляциялаш характеристикаси жуда паст корреляциялаш коэффицентига эга. Бу сўнишлар характеристикаси ишлатиладиган ортоғонал қутбланган антенналарли кўплаб киришлар ва чиқишларли тизимлар (*MIMO*) ва қутбланиш тури бўйича ажратиш усуллари ишлаб чиқилган. Қутбланиш тури бўйича ажратиш усулидан фойдаланиш қабул қилинадиган сигналнинг қувватини ошириш учун ечимлардан бири ҳисобланади, усулнинг ишлаши эса сезиларли даражада X_{PR} характеристикага боғлиқ.

2.8 - жадвалда барча шароитлар турлари учун кросс-қутбланиш медиана ва ўртача қийматлари учун ўлчашлар натижалари келтирилган.

Кросс-кутбланиш қийматларига мисоллар

Частота, ГГц	Шароитлар	Антеннанинг конфигурацияси	X_{PR} , дБ
5,2	Зал	Узатиш антеннаси тўсиқлардан юқори баландликда, қабул қилувчи антенна эса, тўсиқлар билан бир хил баландликда ўрнатилган.	6,39 (медиана) 6,55 (ўртача қиймат)
		Узатиш ва қабул қилиш антенналари тўсиқларнинг баландлигига мос баландликка ўрнатилган	4,74 (медиана) 4,38 (ўртача қиймат)
	Мажлислар зали	Узатиш ва қабул қилиш антенналари тўсиқларнинг баландлигидан ошадиган баландликка ўрнатилган.	8,36 (медиана) 7,83 (ўртача қиймат)
		Узатиш антеннаси тўсиқларнинг баландлигидан ошадиган баландликка ўрнатилган, қабул қилиш антеннаси эса тўсиқларнинг баландлигига мос баландликка ўрнатилган	6,68 (медиана) 6,33 (ўртача қиймат)

Агар нурланиш манбаи ва мобиль терминал антеннаси ўртасида шовқин/тўсиқлар (препятствия) мавжуд бўлса, у ҳолда кечикишлар қиймати тақсимланишининг кутбланиш тури ва антенна йўналишига бўлган мураккаб кўринишли боғлиқликлари кузатилади. Масалан, узаткичнинг барча томонларга йўналтирилган горизонтал антенна ва доиравий кутбланишли қабул қилгич антеннаси бирлиги энг кичик кечикишнинг оғиши ўртача квадратик қиймати ва тўсиқларли трассада ортиқча кечикишнинг энг кичик максимал қийматини беради.

Мобиль терминалининг қабул қилиш жараёнида тўлқинларнинг акс этиши ва ёйилишлари, тўлқинлар тарқалишининг асосий механизмлари сифатида намоён бўлади.

Мавжуд шароитларда кросс-қутбланиш ҳисобига радиоалоқа мобил терминали орқали қабул қилинувчи тасодифийликка асосланган сигналлар даражаси бир хилигини таъминлаш эҳтимолини оширади.

Афсуски, нурланиш манбаи ва мобиль терминали жойлашувининг хона ичидаги тарқалишларга нисбатан таъсирига оид чоп этилган экспериментал ва назарий тадқиқот натижалари у қадар кўп эмас. Бироқ, мобиль терминалидаги тўғри кўринишларни таъминлаш мақсадида нурланиш манбаини хонанинг том қисмига яқин масофада жойлаштириш таклифини илгари суриш мумкин.

Тошкент шаҳрининг бир қатор бинолари ичида электромагнит тўлқинларнинг декутбланишини тадқиқ этиш мақсадида STV-401 селектив микровольтметри ёрдамида ўтказилган тажриба-синов экспериментлари, тўлқинларнинг пол ва деворлардан акс этиши ҳисобига майдон кучланишининг сезиларли ортогонал тузилишлари кузатилишини кўрсатиб беради. Бу эса, мобил терминал антеннасининг деярли ҳар қандай кўринишда маълумот қабул қилинишини таъминлаш имконини беради.

Хулосалар

1. Бино хоналаридаги майдон кучсизланишлари ҳисобини юритиш усулининг қисқача таҳлили келтирилган.

2. Геометрик оптика усулларида фойдаланган ҳолда, майдон кучсизланишларининг нисбатан аниқ ҳисобларини олиш мумкинлиги таъкидланган. Ушбу усулларда бинонинг лойиҳаси ҳақидаги маълумотлар максимал тарзда тўлақонли ҳисобга олиниши лозим.

3. Геометрик оптика асосидаги усулларнинг асосий камчиликларидан бири, ҳар хил ўлчамли хоналарда ўзаро фарқланувчи маълумотлар базасининг аниқлигига боғлиқлиги билан белгиланади.

4. Бундан ташқари, қурилиш материалларининг бино хоналаридаги майдон кучсизланишларига таъсири ҳақидаги маълумотларнинг ҳам етарлича эмаслигини таъкидлаб ўтиш лозим бўлиб, тадқиқот ишининг навбатдаги боби мазкур масалага бағишланган.

III БОБ. БИНОЛАРДА МАЙДОН КУЧСИЗЛАНИШЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ

3.1. Қурилиш материалларининг таъсири

Ҳар қандай симсиз алоқа узатиш муҳити кўпсонли объектлардан иборат бўлиб, улар радиотўлқинларнинг тарқалишига тўсқинлик қилади. Масалан, бино ичидаги мавжуд объектлар сирасига деворлар, поллар ва мебелларни киритиш мумкин бўлиб, очик майдонда мавжуд объектлар турли шаклдаги бинолар ва инфратузилмалардан иборатдир. Радиотўлқинлар тарқалишида, тўлқин узунлигига нисбатан катта ҳажмдаги объектга дуч келганида, радиотўлқиннинг тўсиқнинг юза қисмидан акс этилиши кузатилади. Масалан, металдан қурилган объектлар радиотўлқинларни кучли акс эттириш хусусиятига эга, бинобарин, сигнал металдан иборат девордан ўтиш имконига эга эмас. Бошқа тарафдан, ёғоч, ойна, пластик ва ғишт радиосигнални акс эттириб, уни қисман ютиш хусусиятига эга. Сигнал бино деворида акс этганида, деворнинг материали ва қалинлигига боғлиқ равишда йўқотишлар кузатилади.

3.1- жадвалда турли қурилиш материаллари учун йўқотишлар коэффициентлари ўтказилган эксперимент натижалари бўйича олинган қийматлари келтирилган [81; 2-б.].

3.1- жадвал

Қурилиш материалларини сўниш қийматига таъсири

Материал	Сўниш, дБ	Частота, ГГц
Бетон блок	13...20	1,3
Алюминий панел	20	0,8

1 ГГц частоталарда экспериментал йўл билан олинган одатдаги қурилиш материалларининг комплекс диэлектрик сингдирувчанликнинг қийматлари 3.2- жадвалда келтирилган.

ХЭАЙга мувофиқ қатор қурилиш материалларининг σ ўтказувчанлигини таъсир этиш қисми учун оддий формула кўйидаги кўринишга эга

$$\sigma = c \cdot f^d, \quad (3.1)$$

бу ерда f - частота, ГГц.

3.2- жадвал

Курилиш материалларининг комплексдиэлектрик сингдирувчанликнинг қийматлари [79; 19-б.]

Бетон	$7 - j0,85$
Енгил бетон	$2 - j0,5$
Шип тўшамаси (минерал вата)	$1,2 - j0,01$
Шиша	$6,76 - j0,09$
Шиша тола	$1,2 - j0,1$

Нисбий диэлектрик сингдирувчанлик c ва d параметрлар қийматлари 3.3- жадвалда келтирилган.

3.3- жадвал

ХЭАИ бўйича нисбий диэлектрик сингдирувчанлик сва курилиш материалларининг ўтказувчанликлари σ [62; 86-б.]

Материал	ϵ	σ , См/м		f , ГГц
		c	d	
Бетон	5,31	0,0326	0,8095	1...100
Ғишт	3,75	0,0380	0,0000	1...10
Шиша	6,27	0,0043	1,1925	0,1...100
Шип тўшамаси	1,50	0,0005	1,1634	1...100
Ёғочли плита	2,58	0,0217	0,7800	1...100
Пол тўшамаси	3,66	0,0044	1,3515	50...100
Метал	1,00	10^7	0,0000	1...100
Штукатурали плита	2,94	0,0116	0,7076	1...100
Дарахт	1,99	0,0047	1,0718	0,001...100

Жадвалда келтирилган частоталар чегаралари қатъий чегаралар ҳисобланмайди, лекин усулларни куриш учун фойдаланилган маълумотларни кўрсатиш учун хизмат қилади.

Зарурат бўлганида нисбий диэлектрик сингдирувчанликнинг мавҳум қисми ϵ_i ўтказувчанлик ва частота асосида олиниши мумкин

$$\epsilon_i = 17,98\sigma/f. \quad (3.2)$$

Материал орқали тарқалдиган α электромагнит тўлқиннинг омик қаршилиқ туфайли сўниш коэффиценти куйидаги ифода орқали аниқланади [62; 86-б.]

$$\alpha = 1636 \cdot \sigma / \epsilon_r. \quad (3.3)$$

Хорижий муаллифларнинг таъкидлашларича, темир-бетон деворларда олинган ϵ ва σ қийматлари бўйича маълумотлар кучли фарқланади. Шу билан бир вақтда бетон деворда ϵ ва σ қийматлари бўйича маълумотлар кам фарқланади.

Девор орқали тўлқинни ютилиши қиймати L сўниш коэффициентини деворнинг $l_{\text{дев}}$ қалинлигига кўпайтириш орқали аниқланади

$$L = l_{\text{дев}} \cdot \alpha, \text{ дБ.} \quad (3.4)$$

Темир-бетон девор арматураси панжарасидаги $L_{\text{дев.пан}}$ йўқотишлар қийматини экспериментал ўрнатиш, уни бетон деворнинг ютилиш қийматига қўшган ҳолда (сумма $L_{\text{сам}}$ -га тенг), $L_{\text{сам}}$ қийматини α қийматига бўлиш ҳамда "деворнинг эквивалент қалинлиги" $l_{\text{сам.қал}}$ ни аниқлаш лозим. [82].

$$L_{\text{сам}} = l_{\text{дев}} \cdot \alpha + L_{\text{дев.пан}}, \text{ дБ.} \quad (3.5)$$

$$l_{\text{сам.қал}} = L_{\text{сам}} / \alpha = l_{\text{дев}} + L_{\text{дев.пан}} / \alpha. \quad (3.6)$$

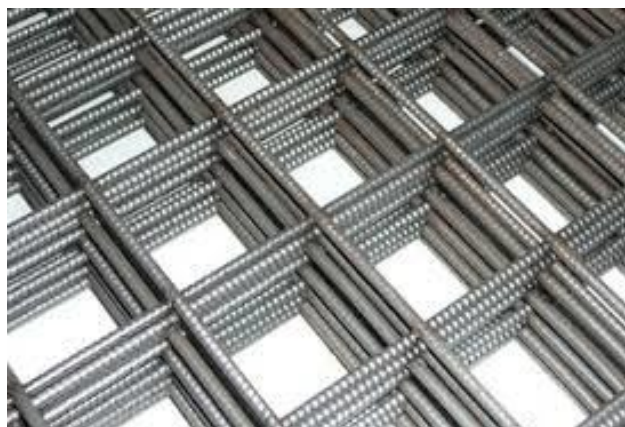
Бу мақсадлар учун метал арматура панжараси орқали қийматни экспериментал аниқлаш учун лаборатория қурилмаси яратилган.

Яратилган қурилманинг тузилиш схемаси 3.1-расмда келтирилган. Узатиш қурилмаси сифатида Fluke 9640A генератор ва R&S®HL562 антеннадан фойдаланилган, қабул қилиш қурилмаси сифатида эса Rohde & Schwarz фирмасининг ESUспектранализатори ва R&S®HE300 антенна ишлатилган. Ўлчашлар "UNICON.UZ" давлат унитар корхонасининг акс-садосиз камерасида ўтказилган [63. 8032-8036-б.].



3.1- расм. Лаборатория қурилмасининг тузилиш схемаси

Тадқиқотлар арматура панжаранинг $l_{\text{пан}}$ турли ўлчамлари учун (3.2- расм) $f = 450$ МГц, 900 МГц, 1800 МГц ва 2600 МГц частоталарда ишлатилди.



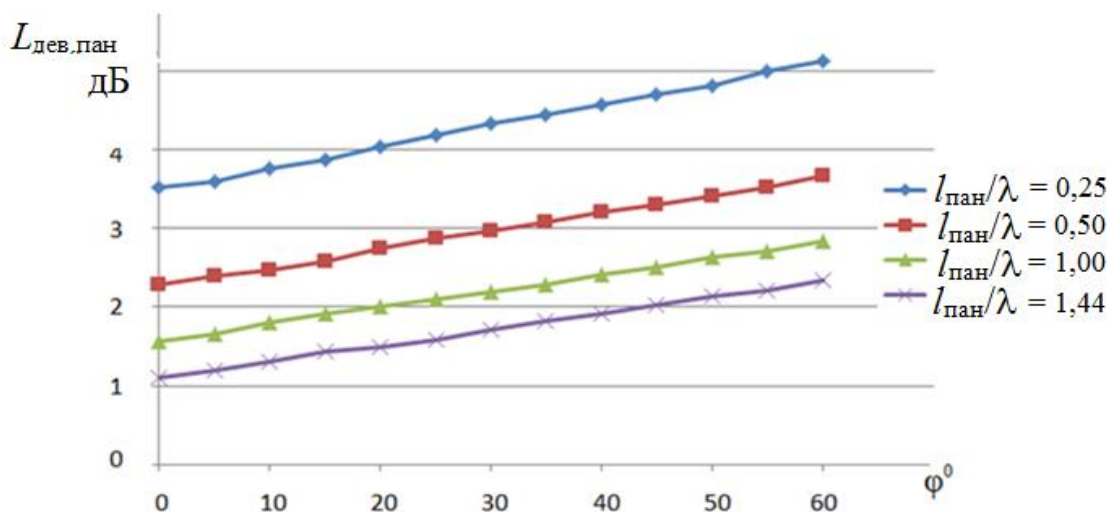
3.2- расм. Темир-бетон девор арматурасининг кўриниши

Мисол учун 3.4- жадвалда ва 3.3- ва 3.4- расмларда 450 МГц ($l_{пан}/\lambda = 0,25$), 900 МГц ($l_{пан}/\lambda = 0,5$), 1800 МГц ($l_{пан}/\lambda = 1$), 2600 МГц ($l_{пан}/\lambda = 1,44$) частоталар учун $l_{пан} = 167$ мм арматура ячейкаси ўлчамида тўлқиннинг тушишига нисбатан панжарадаги унинг φ бурчалиш бурчагидан йўқотишлар қийматларининг экспериментал тадқиқотлари натижалари келтирилган.

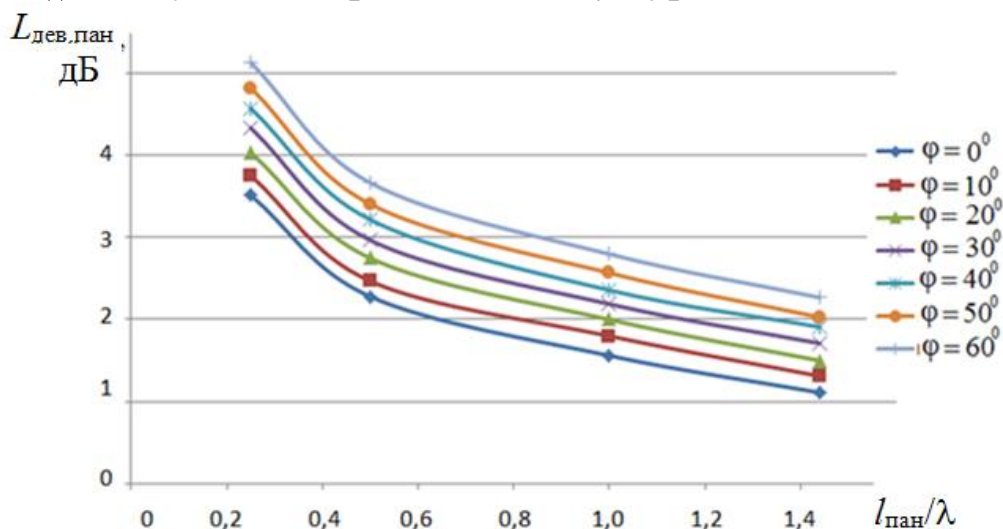
3.4- жадвал

Панжара арматурасидаги $L_{дев.пан}$ йўқотишлар қийматини φ бурчакка боғлиқлиги

φ бурчак, °	$f = 450$ МГц	$f = 900$ МГц	$f = 1800$ МГц	$f = 2600$ МГц
0	3,52	2,28	1,56	1,11
5	3,6	2,39	1,72	1,2
10	3,66	2,5	1,8	1,31
15	3,88	2,69	1,89	1,39
20	3,94	2,92	1,98	1,56
25	4,13	2,88	2,11	1,66
30	4,34	3,08	2,13	1,82
35	4,46	3,21	2,27	1,86
40	4,58	3,42	2,36	1,91
45	4,71	3,51	2,5	1,96
50	4,92	3,57	2,57	2,07
55	4,97	3,82	2,71	2,18
60	5,33	3,85	2,77	2,27



3.3- расм. Турли $l_{пан}/\lambda$ қийматлар учун панжара арматурасидаги $L_{дев.пан}$ йўқотишлар қийматини φ бурчакка боғлиқлиги



3.4- расм. Турли φ бурчак қийматлари учун панжара арматурасидаги $L_{дев.пан}$ йўқотишлар қийматини $l_{пан}/\lambda$ қийматга боғлиқлиги

$L_{дев.пан}$ дБ ли арматура панжарасидаги φ бурчак бурилишларидаги йўқотишлари қиймати

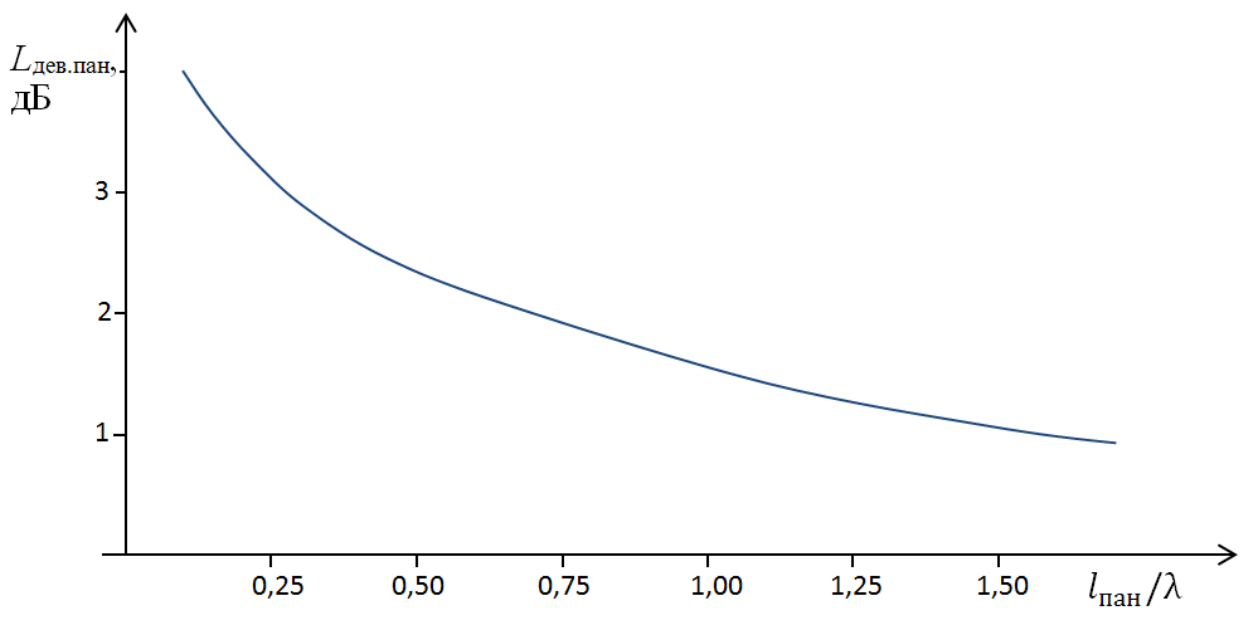
Боғлиқликлар аппроксимацияси $L_{дев.пан} = f(\varphi^{\circ})$.

450 МГц частота учун $(l_{пан}/\lambda) = 0,25$ $L_{дев.пан} \approx 3,50 + 0,0305 \varphi^{\circ}$, дБ.

900 МГц частота учун $(l_{пан}/\lambda) = 0,50$ $L_{дев.пан} \approx 2,28 + 0,026 \varphi^{\circ}$, дБ.

1800 МГц частота учун $(l_{пан}/\lambda) = 1,00$ $L_{дев.пан} \approx 1,56 + 0,020 \varphi^{\circ}$, дБ.

2600 МГц частота учун $(l_{пан}/\lambda) = 1,44$ $L_{дев.пан} \approx 1,11 + 0,020 \varphi^{\circ}$, дБ.



$l_{\text{пан}}/\lambda$ арматура панжарасидаги $L_{\text{дев.пан}}$ йўқотишлар қийматининг боғлиқлиги

Графиклардан кўриниб турибдики, панжаранинг φ буралиш бурчаги ортганида ва ячейкалар ўлчамлари камайганда девор арматураси панжарасидаги кучсизланишни ортиши боғлиқлиги аниқ кузатилади.

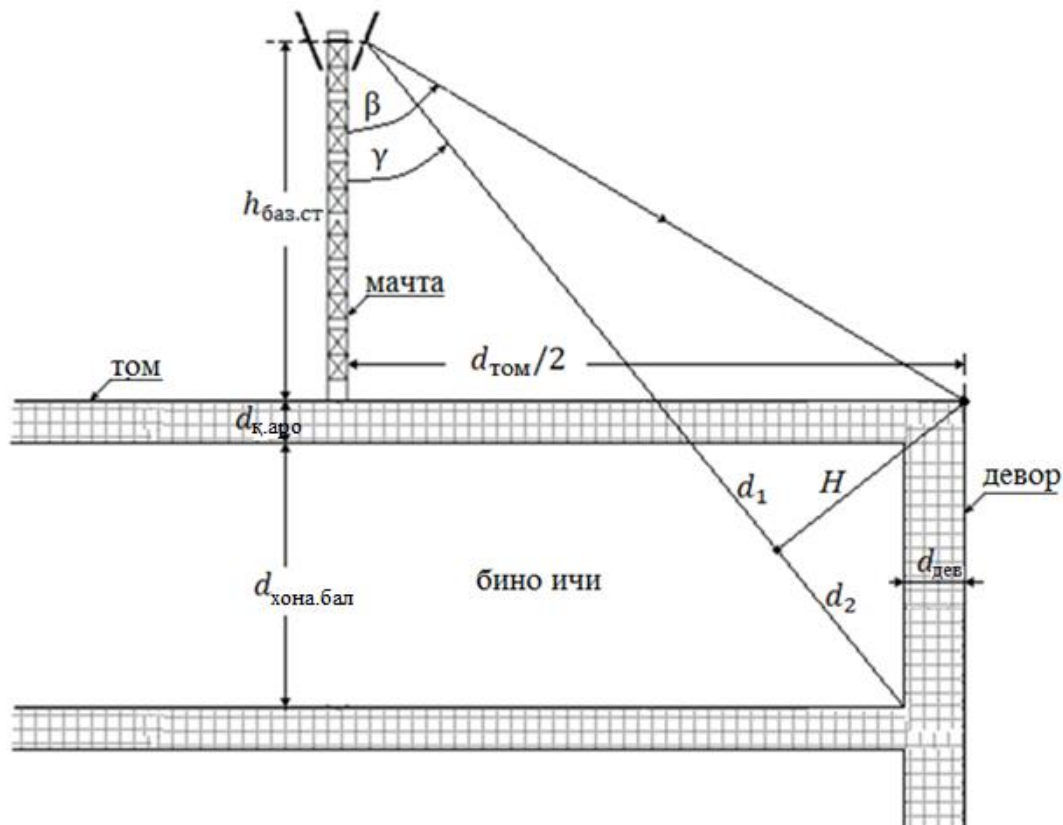
3.2. Томга ўрнатилган нурланиш манбаидан бино ичидаги майдонни ҳисоблаш

Электромагнит ҳолат деганда берилган фазо соҳасида, частоталар ва вақт диапазонларидаги электромагнит ҳодисалар, жараёнлар тўплами тушунилади. Агар бино ичидаги хона олинса, у ҳолда ундаги электромагнит ҳолат бинонинг ойналари, деворлари ва қаватлар орасидаги тўсиқларда турли манбалардан электромагнит тўлқинларнинг кучсизланиши орқали аниқланади.

Бинобарин, шаҳар шароитларида мобиль алоқа базавий станциялари одатда нотурар-жой бинолари томларида жойлаштирилади, у ҳолда бинонинг ичидаги электромагнит ҳолатга бу станцияни нурланишининг таъсири қизиқишни уйғотади. [83] ишда девордаги ойна орқали бинонинг ичига тушадиган майдонни ҳисоблаш усули келтирилган.

Қуйида бинонинг томидаги мобиль алоқа базавий станциясидан бинонинг деворлари орқали бинонинг ичига

электромагнит тўлқинларнинг тушиши такомиллаштирилган услуби кўриб чиқилган (3.5- расм) [84]. $d_{\text{ТОМ}}$ кенгликдаги бинонинг томига базавий станциянинг $h_{\text{баз.ст}}$ баландликдаги антенналар мачтаси ўрнатилган.



3.5- расм. Бинодаги дифракцион майдонни ҳисоблаш чизмаси

$d_{\text{к.аро}}$ орқали қаватлараро тўсиқнинг баландлиги, $d_1 + d_2$ орқали узатиш антеннаси ва бинонинг поли орасидаги масофа, H орқали экраннинг (қозиқсимон тўсиқнинг) баландлиги, d_1 орқали антеннадан экрангача масофа, d_2 орқали экрандан бинонинг полигача масофа белгиланган [63. 8032-8036-б.].

Деворда тўлқиннинг погонли кучсизланиш коэффициенти қуйидаги тенглик орқали ифодаланади [62; 87-б.]

$$\alpha = 1636\sigma/\varepsilon , \quad \text{дБ/м,}$$

Девордаги сўнишлар

$$L = \alpha \cdot d_{\text{девр}}, \quad \text{дБ.} \quad (3.6)$$

Асосий геометрик муносабатларни киритамиз:

$$\beta = \arctg(d_{\text{ТОМ}}/2h_{\text{баз.ст}}), \quad (3.7)$$

$$\gamma = \arctg \left[(d_{\text{том}} / 2 - d_{\text{ст}}) / (h_{\text{баз.ст}} + d_{\text{к.ар}} + d_{\text{хона.бал}}) \right] \quad (3.8)$$

$$d_1 + d_2 = (h_{\text{баз.ст}} + d_{\text{к.аро}} + d_{\text{хона.бал}}) / \cos \gamma, \quad (3.9)$$

$$d_1 = d_2 / [\cos \beta \cdot \cos(\beta - \gamma)], \quad (3.10)$$

$$H = h_{\text{баз.ст}} \cdot \tg(\beta - \gamma) / \cos \gamma. \quad (3.11)$$

Қатор ўзгартиришлардан кейин 50 см қалинликдаги ғишт девордаги кучсизланиш қиймати қуйидагига тенг бўлади

$$F(u) \approx 15,963 + 10 \lg h_{\text{баз.ст}} + 20 \lg \sin(\beta - \gamma) + 10 \lg (h_{\text{баз.ст}} + d_{\text{к.аро}} + d_{\text{хона.бал}}) - 20 \lg \lambda - 10 \lg \cos(\beta - \gamma) - 10 \lg \left[1 + (d_{\text{КАТ}} + d_{\text{бино}}) \cos \beta / h_{\text{баз.ст}} - \cos \gamma \right] \text{ дБ.} \quad (3.12)$$

40 см қалинликдаги бетон девордаги майдон кучсизланиш қиймати 800 МГц частотада қуйидагига тенг бўлади

$$F(u) \approx 24,35 + 10 \lg h_{\text{баз.ст}} + 20 \lg \sin(\beta - \gamma) + 10 \lg (h_{\text{баз.ст}} + d_{\text{к.аро}} + d_{\text{хона.бал}}) - 20 \lg \lambda - 10 \lg \cos(\beta - \gamma) - 10 \lg \left[1 + (d_{\text{мб}} + d_{\text{том}}) \cos \beta / h_{\text{баз.ст}} - \cos \gamma \right] \text{ дБ.} \quad (3.13)$$

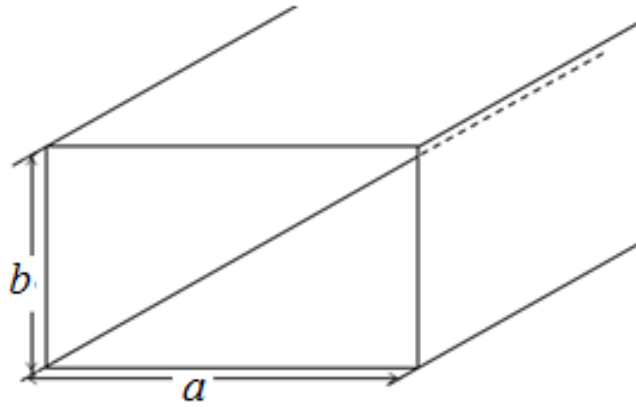
40 см қалинликдаги бетон девордаги майдон кучсизланиш қиймати 1800 МГц частотада қуйидагига тенг бўлади

$$F(u) \approx 32,124 + 10 \lg h_{\text{баз.ст}} + 20 \lg \sin(\beta - \gamma) + 10 \lg (h_{\text{баз.ст}} + d_{\text{к.аро}} + d_{\text{хона.бал}}) - 20 \lg \lambda - 10 \lg \cos(\beta - \gamma) - 10 \lg \left[1 + (d_{\text{к.аро}} + d_{\text{хона.бал}}) \cos \beta / h_{\text{баз.ст}} - \cos \gamma \right] \text{ дБ.} \quad (3.14)$$

Электромагнит нурланиш темир-бетон тўсиқ орқали ўтиши мумкин.[64; 5-б.] ишга мувофиқ қаватлараро тўсиқдаги кучсизланиш 10...12 дБни (10...16 мартани) ташкил этади. Одатда юқори қаватдаги хоналар антеннадан иккита темир-бетон деворлар орқали ажратилган, бу нурланишни 20...30 дБ мартага кучсизлантиради.

3.3. Тўғри бурчакли тўлқин ўтказгич назариясидан фойдаланиб бино коридорларидаги сўнишлар ҳисобини юритиш

Бинодаги коридор, айниқса, унинг деворлари ўтказувчан ёки ярим ўтказувчан материаллардан тайёрланган бўлса, тўғри бурчакли тўлқин ўтказгич билан айрим ўхшашликка эга (3.6-расм) [85].



3.6- расм. Тўғри бурчакли тўлқин ўтказгич бўлаги сифатида коридорнинг чизмаси, бунда a - тўлқин ўтказгич узун деворининг ички ҳажми, b - тўлқин ўтказгич қисқа деворининг ички ҳажми

Юзаси метали тўлқин ўтказгичли қисмида $R_{\text{юза}}$ қаршилиги орқали ўтувчи тўғрибурчакли полда H_{10} туридаги тўлқин кучсизланиш коэффицентининг ифодаси қуйидагича кўринишга эга бўлади [86]

$$\alpha_{H_{10}} = \frac{R_{\text{юза}}}{b \cdot Z_c \cdot \sqrt{1 - (\lambda/2a)^2}} \cdot \left[1 + 2 \frac{b}{a} \cdot \left(\frac{\lambda}{2a} \right)^2 \right], \quad (3.15)$$

Бунда σ - деворнинг самарали ўтказувчанлиги, См/м;

Z_c - тўлқин қаршилик муҳити, Ом;

$R_{\text{юза}}$ - $\sqrt{\pi \cdot f \cdot \mu_a / \sigma}$, га тенг бўлган юза қаршилиги, Ом;

μ_a - абсолютмагнитлисингдирувчанлик, Гн/м.

$R_{\text{юза}}$ ҳолати ва бир қатор қайта ишлашлардан сўнг, қуйидаги ифода юзага келади

$$\alpha = \frac{0,009}{\sqrt{(2a/\lambda)^2 - 1}} \cdot \left[\frac{2a^3 + b\lambda^2}{\sqrt{\lambda \sigma_{\text{тас}} \cdot a^2 b}} \right]. \quad (3.16)$$

Коридорлардаги ҳисобларни умумлаштириш мақсадида, “коридор деворининг таъсир этувчи солиштирма ўтказувчанлик” $\sigma_{\text{тас}}$ тушунчасидан фойдаланиш мумкин [84]. Бунда коридор деворларининг ўтказувчанлик хусусияти ҳамда коридорда жойлашган стандарт мебель жиҳозлари (кийим учун илгак ва б.қ.) ҳисобга олинган.

$$\sigma_{\text{эф}} = \frac{8,1 \cdot 10^{-5} \cdot (2a^3 + b\lambda^2)}{\lambda \cdot [(2a/\lambda)^2 - 1] \cdot a^4 \cdot b^2 \cdot \alpha_{\text{экс}}^2}, \text{См/м}, \quad (3.17)$$

бу ерда $\alpha_{\text{экс}}$ - экспериментал олинган погон сўниш қиймати, дБ/м.

Погон кучсизланиш қийматларини ҳисоблаш учун 4 га 3 метрдаги кўнланг кесимли кенг ва тор деворлар ўлчамли коридор танланган. Бетондан коридор деворлари учун погон кучсизланиш қийматлари 800 МГц, 1800 МГц ва 2100 МГц частоталарда мос равишда 0,151 дБ/м, 0,163 дБ /м ва 0,165 дБ /м қийматларни ташкил этди. Ёшитдан коридор деворлари учун погон кучсизланиш қийматлари 800 МГц, 1800 МГц ва 2100 МГц частоталарда мос равишда 0,128 дБ/м, 0,191 дБ/м ва 0,207 дБ/м қийматларни ташкил этди [87].

Ўз навбатида, “коридор деворининг таъсир этувчи солиштирма ўтказувчанлик” қийматини билиш билан коридордаги погон кучсизланиш қийматини башоратлаш мумкин

Погонли кучсизланишлар бир метр узунликдаги кучсизланишлар қийматини ўзида ифодалагани боис, $\alpha_{\text{экс}}$ қийматини метрларда ифодаланувчи коридор узунлигига кўпайтириш йўли билан коридордаги радиотўлқинларнинг кучсизланишлари қийматини аниқлаш мумкин.

Қуйида 3.5- ва 3.6- жадвалларда 37⁰С ҳароратда инсон организми биологик тўқималари ва суюқликларининг $\sigma_{\text{инс}}$ солиштирма электр ўтказувчанлиги ва $\epsilon_{\text{инс}}$ нисбий диэлектрик сингдирувчанлиги қийматлари келтирилган.

3.5- жадвал

Инсон организмнинг биологик тўқималари ва суюқликларининг $\sigma_{\text{инс}}$ солиштирма электр ўтказувчанлиги

Биоматериал	$\sigma_{\text{инс}}$, См/м
Орқа мия суюқлиги	1,80
Мускуллар тўқималари	0,66
Ёғ тўқималари	0,02
Қуруқ тери	$3 \cdot 10^{-4}$
Суяк тўқимаси	$5 \cdot 10^{-7}$
Тўлик қон	0,54
Қон плазмаси	1,47...1,60
Ошқозон суюқлиги	1,00...1,25

Инсон организмнинг биологик тўқималари ва суюқликларининг $\epsilon_{\text{инс}}$ нисбий диэлектрик сингдирувчанлиги

Биоматериал	$\epsilon_{\text{инс}}$
Оқсил	72
Миянинг оқ моддаси	90
Қон	85
Сув	81
Миянинг кул ранг моддаси	85

Келтирилган $\sigma_{\text{инс}}$ ва $\epsilon_{\text{инс}}$ сонли қийматлари кўрсатадики, инсон электромагнит тўлқин учун ярим ўтказувчан муҳит ҳисобланади ва демак, бинодаги кўшимча кучсизланишларни киритади.

Коридорда бўлган инсонлардаги ютилишлар қийматини $F_{\text{инс}}$ кўшимча кўпайтувчи ёрдамида аниқлаш мумкин

$$F_{\text{инс}} = \exp[-(2\pi/\lambda) \cdot p \cdot l_{\text{инс}}], \quad (3.18)$$

бу ерда p - ёрдамчи параметр, у қуйидагича аниқланади

$$p = \sqrt{0,5 \cdot (-\epsilon_{\text{инс}} + \sqrt{\epsilon_{\text{инс}}^2 + (60\lambda\sigma_{\text{инс}})^2});} \quad (3.19)$$

$l_{\text{инс}}$ - инсоннинг ўртача қалинлиги.

(3.18) ифода умумий $l_{\text{инс}}$ қалинликли ва коридорнинг кесимини тўлиқ ёпадиган инсонлар бўлганда ўринли бўлади. Битта инсоннинг таъсирини ҳисобга олиш учун бу ифодага $1/N_{\text{инс}}$ кўпайтувчини кўшиш зарур. Бу ерда $N_{\text{инс}}$ - коридордаги инсонлар сони. Натижада битта инсондан $F_{\text{инс}}$ кучсизланиш кўпайтувчиси учун ифодани оламиз, марта:

$$F_{\text{инс}} = \exp\left\{- (2\pi/\lambda) \cdot \left[0,5 \cdot \left(-\epsilon_{\text{инс}} + \sqrt{\epsilon_{\text{инс}}^2 + (60\lambda\sigma_{\text{инс}})^2}\right)\right]^{0,5} \cdot l_{\text{инс}}\right\} / N_{\text{инс}} \quad (3.20)$$

Бу ифода коридор турдаги биноларда майдон кучсизланиши усулининг таркибий қисми ҳисобланади.

Инсонлар бўлган коридорда $\alpha_{\text{экср}}$ қийматни аниқлаш учун кўшимча тадқиқотларни амалга оширилиши Тошкент ахборот технологиялари университетида режалаштирилаётган “ақли уй”ни

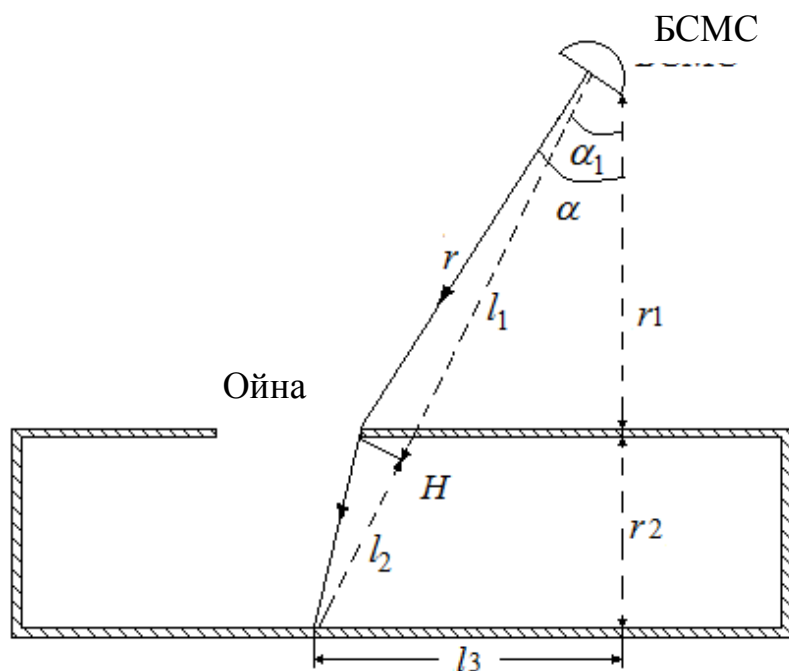
ташкил этиш бўйича илмий лойиҳа доирасида ташкил этиш мумкин.

Коридордаги эшик тирқишлари бинолардаги электромагнит тўлқинлар манбалари ҳисобланади. Эшикларнинг материаллари электромагнит тўлқинларни қисман ютади ва эшикларнинг очилишига бинолардаги майдон сатҳи боғлиқ бўлади.

Агар коридор турдаги хона деворларидан бири темир-бетондан бажарилган бўлса, у ҳолда унда электромагнит тўлқинларнинг ютилишини темир-бетонни бетондан “деворнинг самарали қалинлиги”га алмаштириш билан ҳисоблаш қийин эмас.

3.4. Ойна ва эшик тирқишидаги майдоннинг дифракционкомпонентлари ҳисобини юритиш

Қуйида қозиксимон тўсиқдаги тўлқинлардифракцияси сифатида бериш мумкин бўлган ойна (эшик) тирқишида нурнинг дифракцияси кўриб чиқилади [88]. 3.7-расмда r орқали мобиль алоқа базавий станцияси антеннасида ойна ёки эшик тирқишигача масофа.



3.7- расм. Бино ичидаги дифракцион майдонни ҳисоблаш чизмаси

r_1 орқали мобиль алоқа базавий станцияси антеннасида биногача масофа, r_2 орқали бинонинг кенглиги, l_1+l_2 орқали узатиш антеннаси ва майдонни ҳисоблаш нуқтасигача масофа, H орқали “экран”нинг (қозиксимон тўсиқнинг) баландлиги, l_1 орқали базавий станция антеннасида “экран”гача масофа, l_2 орқали “экран”дан

майдон сатҳини ҳисоблаш нуқтасигача масофа, l_3 орқали майдонни ҳисоблаш нуқтасидан мобиль алоқа базавий станцияси антеннасигача масофа белгиланган [63. 8032-8036 - б].

Қозиксимон тўсиқда (экранда) майдоннинг сўниши қийматини қуйидаги яқинлаштирилган формула бўйича аниқлаш мумкин

$$F(u) \approx 6,473 + 10 \lg u, \text{ дБ}, \quad (3.21)$$

$$\text{бу ерда } u = \frac{H\sqrt{2}}{b} = \frac{H\sqrt{2} \cdot \sqrt{l_1 + l_2}}{\lambda \sqrt{l_1 l_2}}$$

b - Френель биринчи зонасининг радиуси.

Масалани ечишнинг асосий геометрик муносабатлари қуйидаги кўринишга эга:

$$l_1 + l_2 = (r_1 + r_2) / \cos \alpha_1, \quad (3.22)$$

$$l_1 = h_1 / [\cos \alpha \cdot \cos(\alpha - \alpha_1)], \quad (3.23)$$

$$l_2 = (r_1 - r_2) / \cos \alpha_1 - r_1 / [\cos \alpha \cdot \cos(\alpha - \alpha_1)], \quad (3.24)$$

$$H = r \cdot \operatorname{tg}(\alpha - \alpha_1) = r_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha - \alpha_1) / \cos \alpha. \quad (3.25)$$

Унча катта бўлмаган ўзгартиришлардан кейин кучсизланиш қиймати (майдон кучланганлиги бўйича) учун ифодани оламиз

$$F(u) \approx 9,476 + 5 \lg r_1 + 10 \lg \sin(\alpha - \alpha_1) + 5 \lg (r_1 + r_2) - \\ - 10 \lg \lambda - 5 \lg \cos(\alpha - \alpha_1) - 5 \lg [1 + (r_2/r_1) \cos \alpha - \cos \alpha_1], \text{ дБ}. \quad (3.26)$$

Бу ифода радиотўлқинларнинг тарқалиши ҳам кучсизланиш, ҳам биноларнинг деворларидан қайтиш характеристикаларига эга бўлган кўп сонли мустақил нурларнинг тарқалиши сифатида бериладиган нурларни трассалаштириш ёрдамида майдонни ҳисоблашда ишлатилиши мумкин.

Хулосалар

1. Қурилиш материалларининг электродинамик хусусиятлари юзасидан маълумотлар келтирилган.

2. Том қисмида мобиль терминалининг базавий станцияси жойлашган бино ичидаги электромагнит майдон ҳисобини юритишнинг такомиллаштирилган усули ишлаб чиқилган.

3. Темир-бетон деворларда майдоннинг кучсизланишини ҳисоблаш учун “деворнинг самарали қалинлиги” тушунчаси киритилган ва темирбетон девор арматурасидаги майдон кучсизланишларига оид экспериментал тадқиқот натижалари келтирилган.

4. Бино ичидаги майдон кучланишларининг дифракцион компонентлари ҳисобини юритиш усули таклиф этилган.

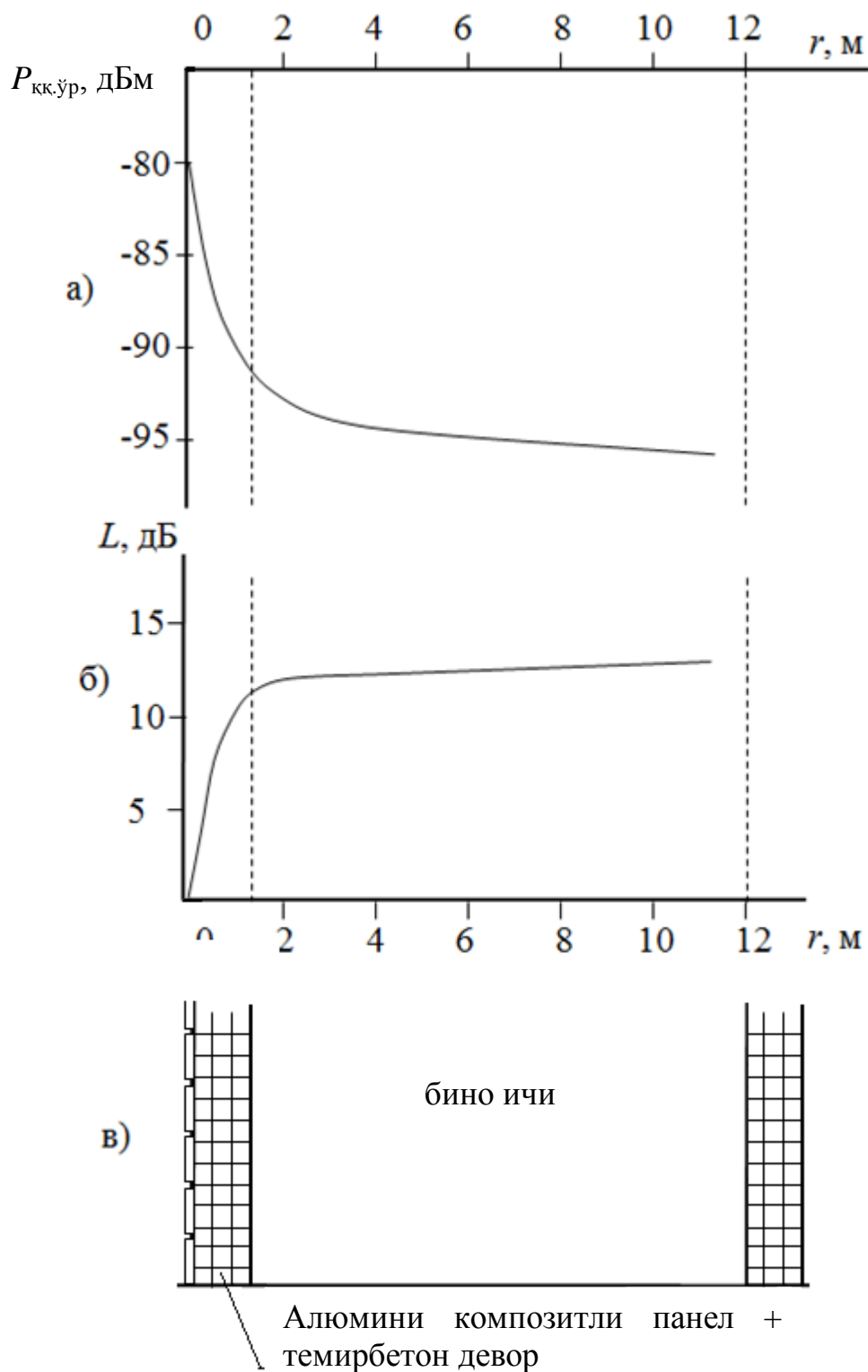
5. Тўғрибурчакли тўлқинсимон ташқи аналогли бино коридоридаги майдон кучсизланишига оид ечим келтирилган. “Коридор деворининг таъсир этувчи солиштирма ўтказувчанлик” атамаси киритилган.

IV БОБ. БИНОЛАРДА ЭЛЕКТРОМАГНИТ МАЙДОННИНГ КУЧСИЗЛАНИШИНИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ

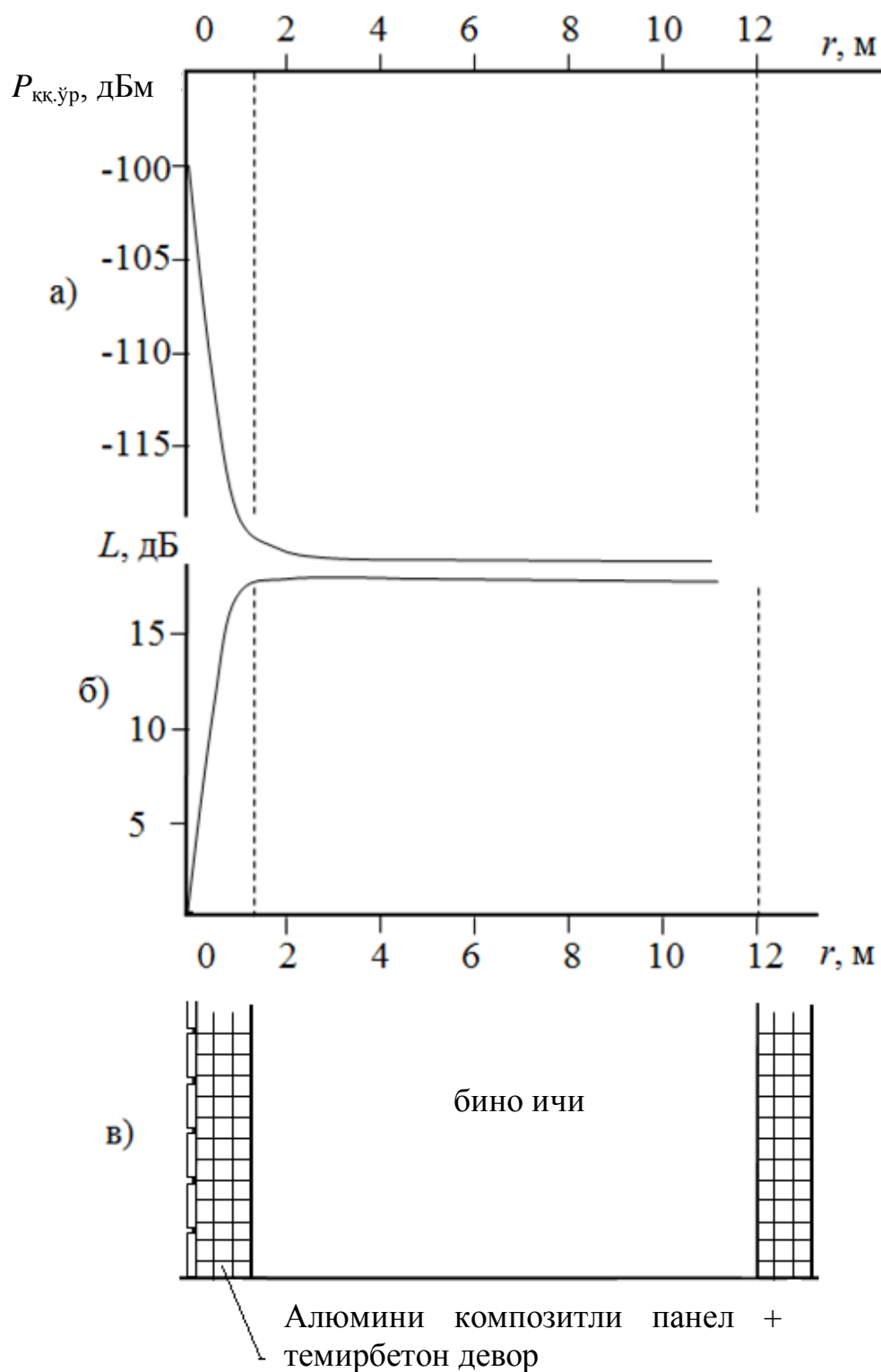
4.1. Бинолар ичида электромагнит майдон кучсизланиши ва тақсимланиши

Ўлчаш қабул қилгичи киришида сигнал қуввати сатҳларини ўлчаш R&S®TSME тестер-сканери ёрдамида ўтказилди. Узатиш қисми сифатида электромагнит майдонларнинг тақсимланиши тадқиқ қилинадиган биноларга яқин жойлашган мобиль алоқа базавий станцияларидан фойдаланилди. Қабул қилинадиган сигнал қуввати сатҳларини ўлчашлар ўлчаш антеннаси пол стаҳидан 1 метрга кўтарилган баландликда R&S®TSME тестер-сканери ёрдамида ўтказилди [62. 8032-8036-б.] [89,92]. Сигнал сатҳларини зарур ўлчашлар сонини аниқлаш 2- иловада келтирилган.

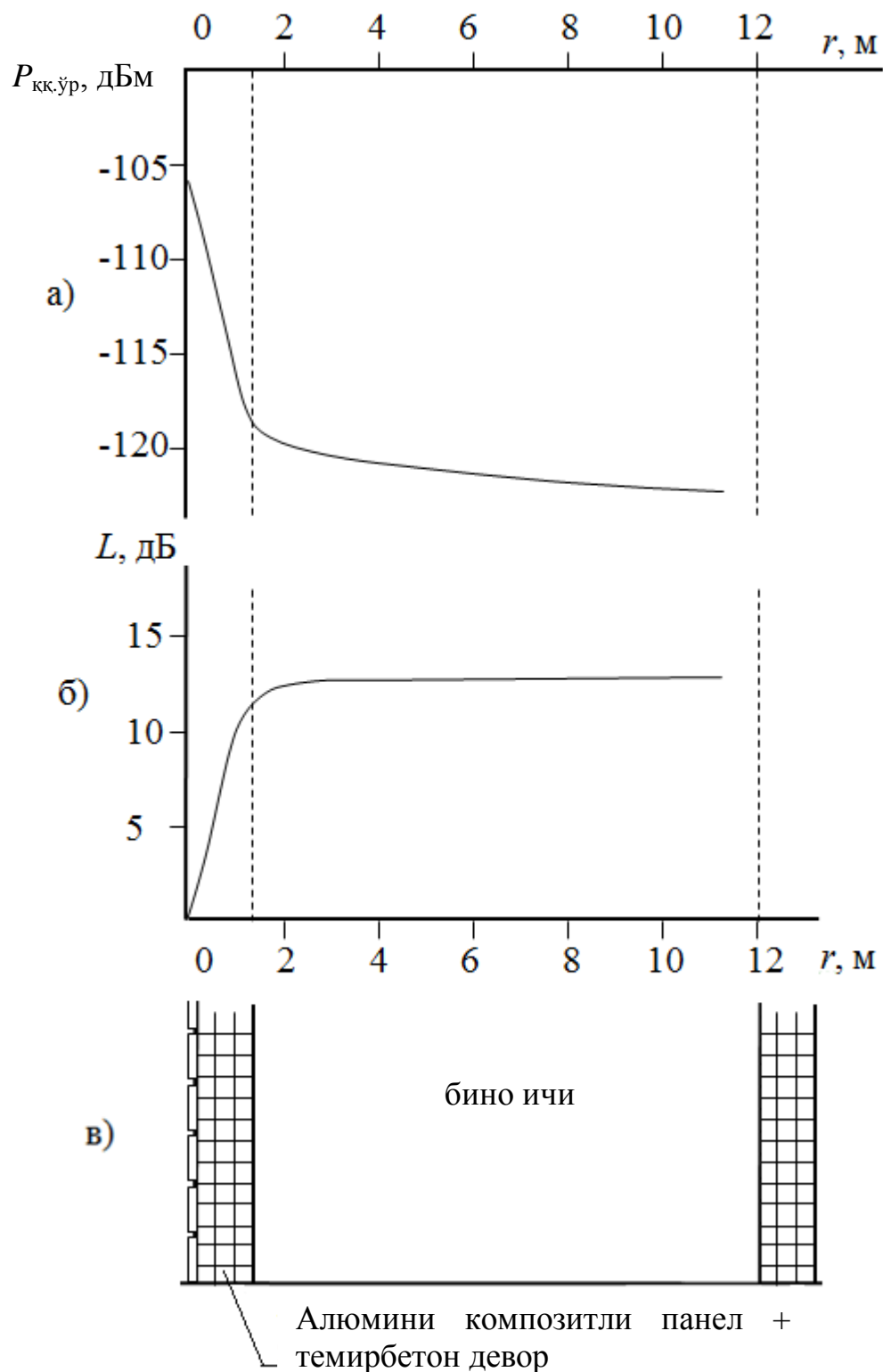
Ўлчаш қабул қилгичи киришида сигнал қуввати сатҳларини ўлчаш иккита босқичларда амалга оширилди. Биринчи босқичда сигнал қуввати сатҳларини ўлчаш бетондан, ғишдан, шунингдек, алюминийли композит панеллардаги бинолар деворларида сигналнинг кучсизланишини аниқлаш мақсадида амалга оширилди. Тадқиқотлар натижалари графиклар кўринишида 4.1...4.15-расмларда тасвирланган [90,91].



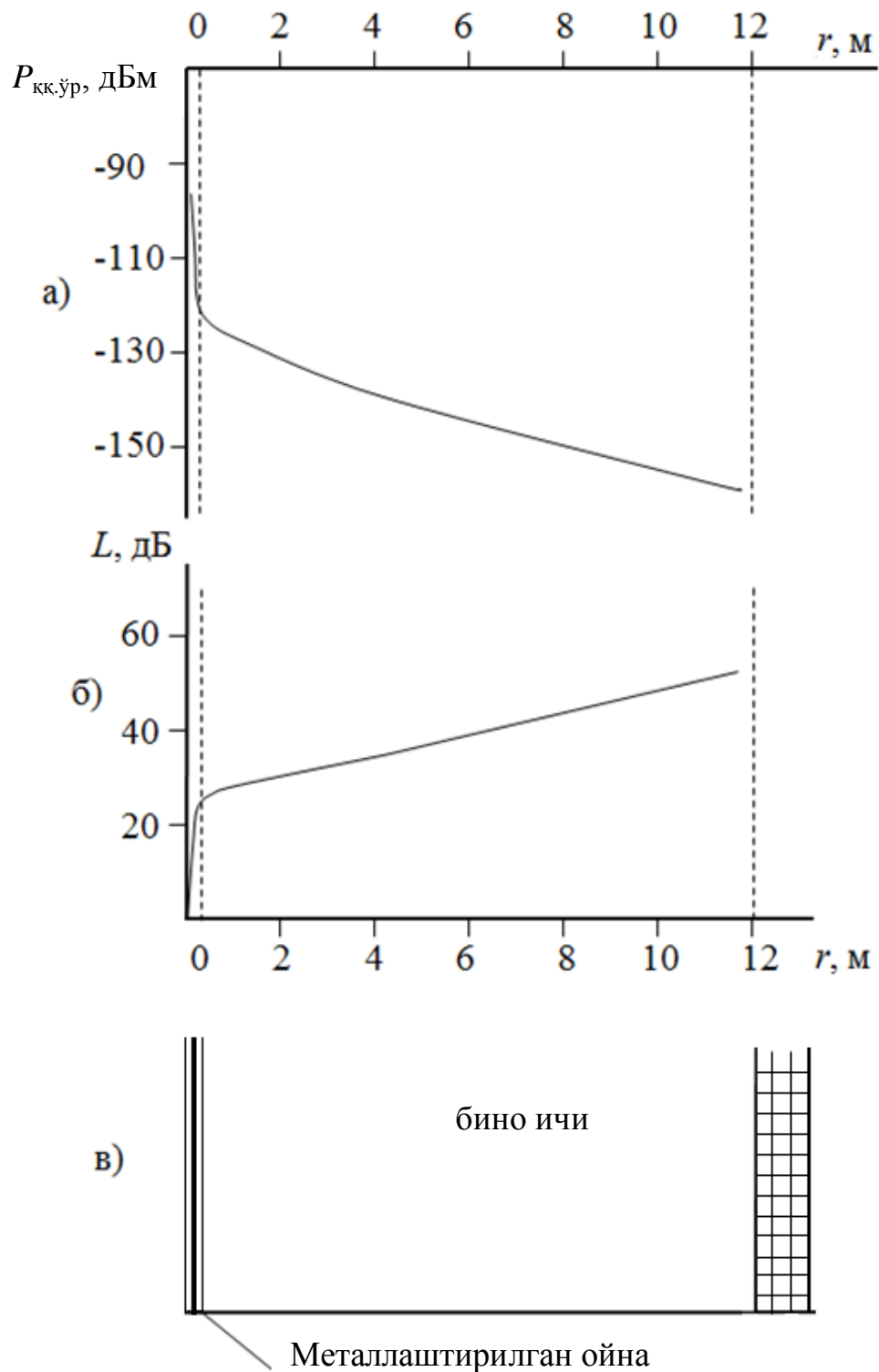
4.1- расм. а) бўш бинода 800МГц частотада қабул қилинадиган сигнал сатҳларининг масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 б) бўш бинода 800МГц частотада сигналнинг сўнишини масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 в) экспериментал тадқиқотлар схемаси.



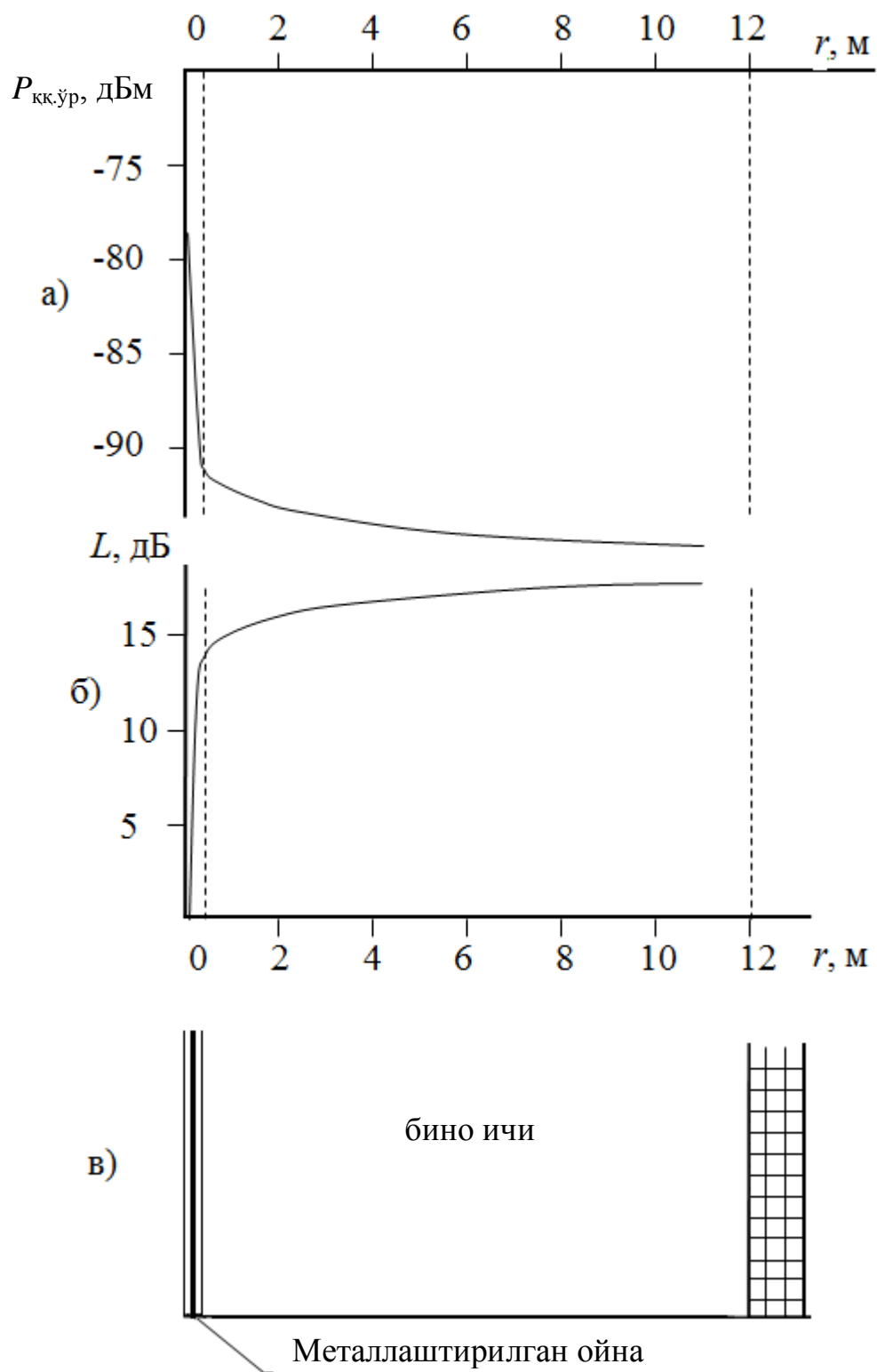
4.2- расм. а) бўш бинода 1800МГц частотада қабул қилинадиган сигнал сатҳларининг масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 б) бўш бинода 1800МГц частотада сигналнинг сўнишини масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 в) экспериментал тадқиқотлар схемаси.



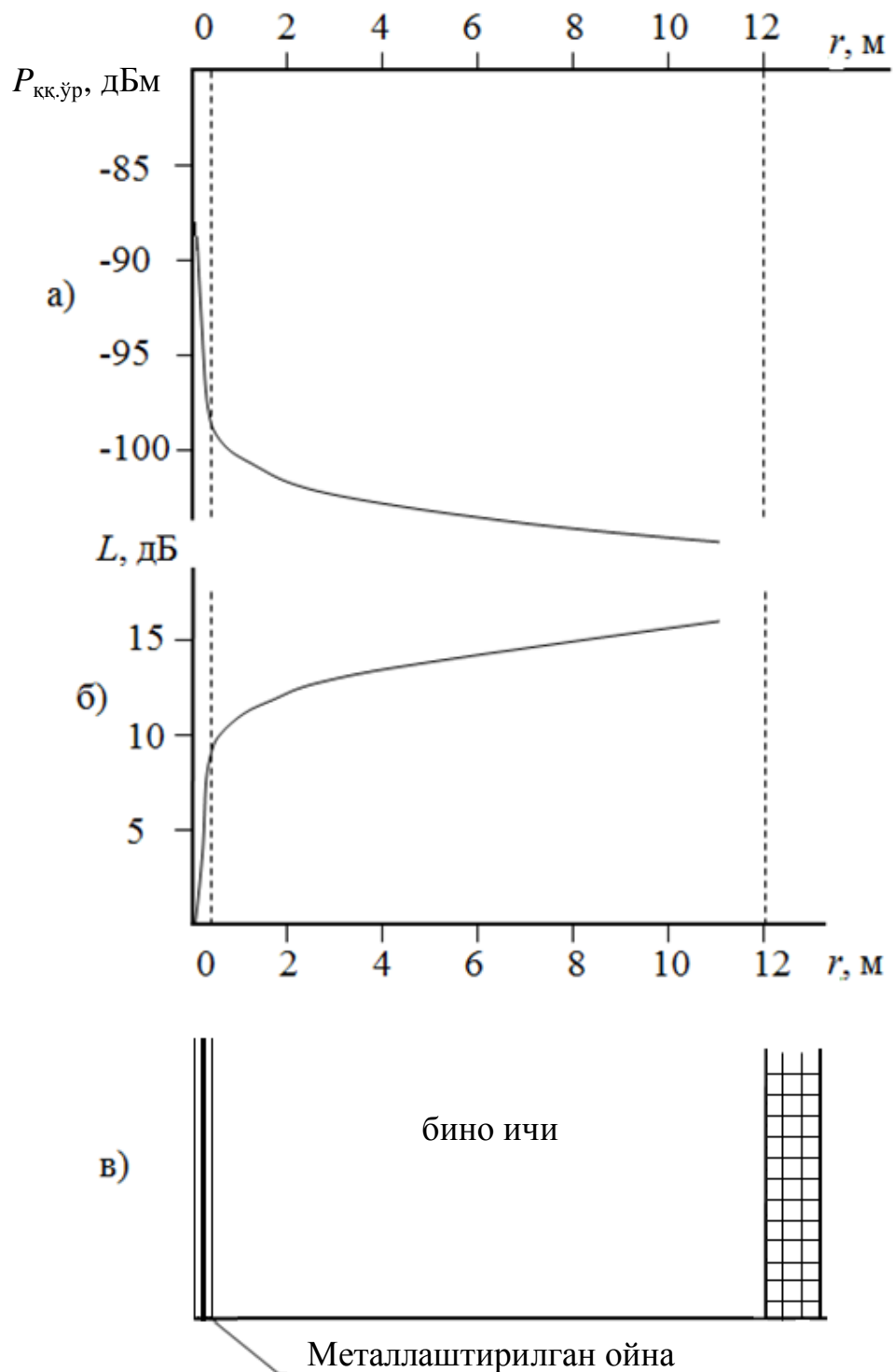
4.3- расм. а) бўш бинода 2600МГц частотада қабул қилинадиган сигнал сатҳларининг масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 б) бўш бинода 2600МГц частотада сигналнинг сўнишини масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 в) экспериментал тадқиқотлар схемаси.



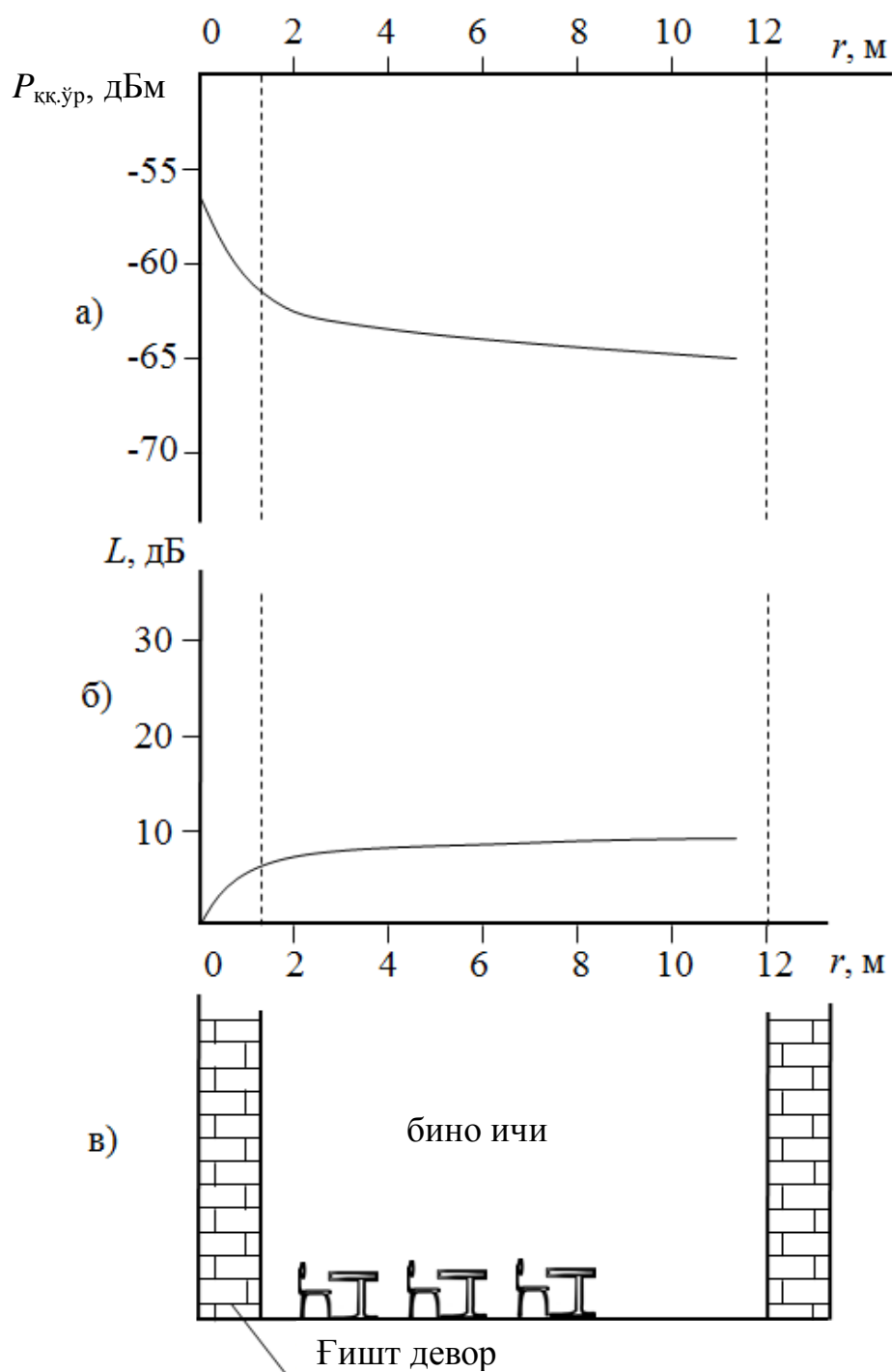
4.4- расм. а) бўш бинода 800МГц частотада қабул қилинадиган сигнал сатҳларининг масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги; б) бўш бинода 800МГц частотада сигналнинг сўнишини масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги; в) экспериментал тадқиқотлар схемаси.



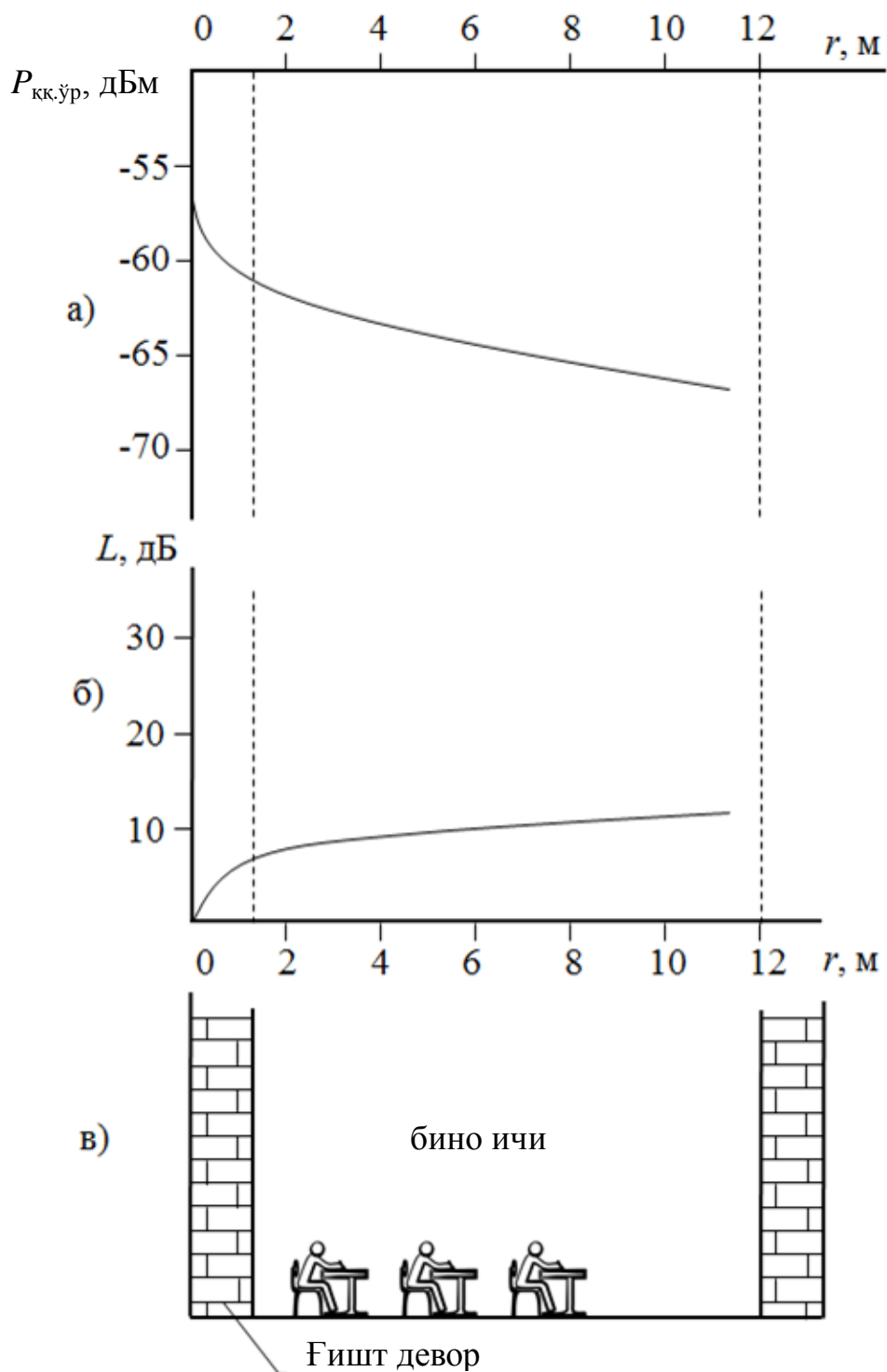
4.5- расм. а) бўш бинода 1800МГц частотада қабул қилинадиган сигнал сатҳларининг масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 б) бўш бинода 1800МГц частотада сигналнинг сўнишини масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 в) экспериментал тадқиқотлар схемаси.



4.6- расм. а) бўш бинода 2600МГц частотада қабул қилинадиган сигнал сатҳларининг масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги; б) бўш бинода 2600МГц частотада сигналнинг сўнишини масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги; в) экспериментал тадқиқотлар схемаси.



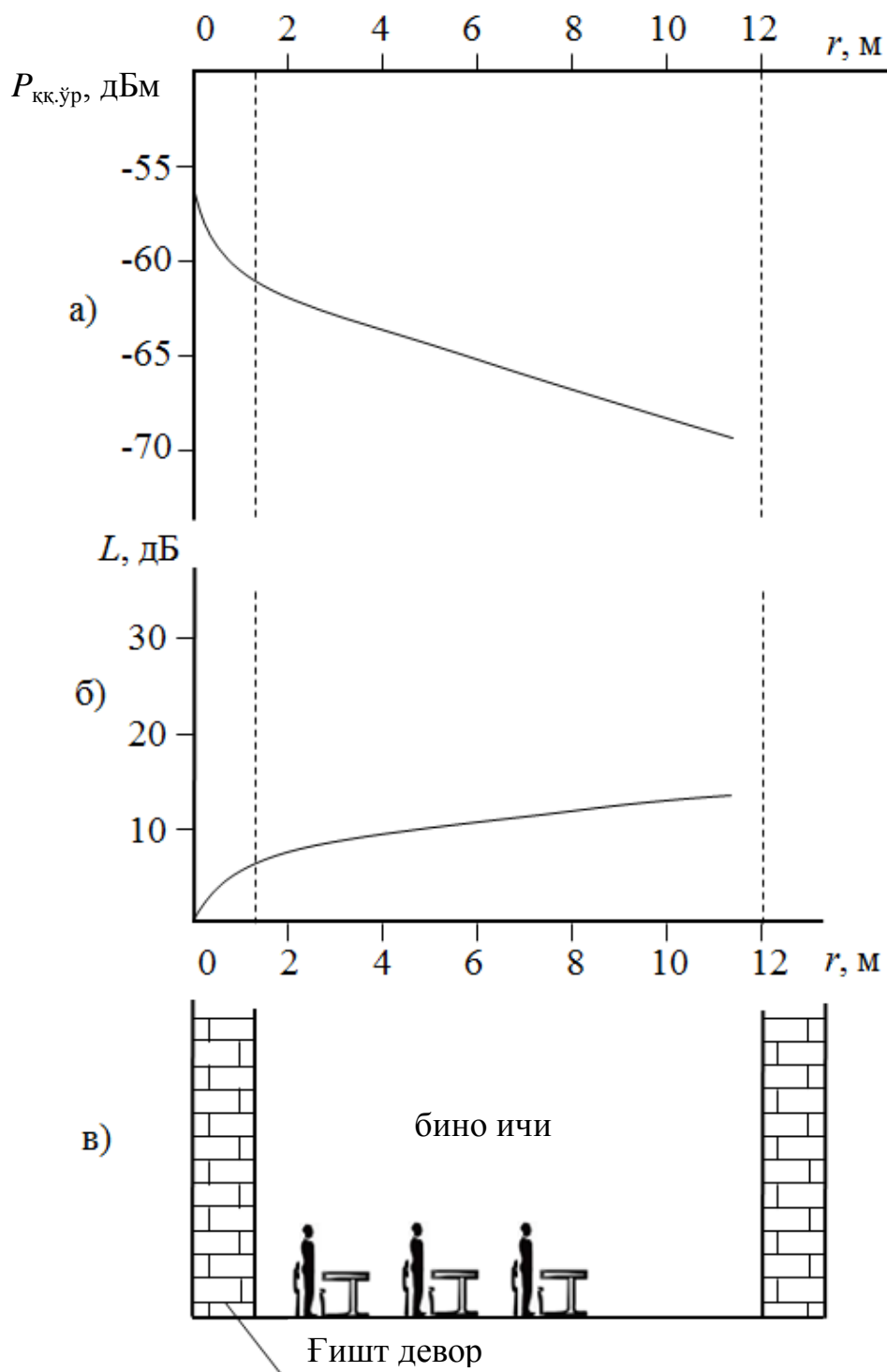
4.7- расм. а) бўш бинода 1800МГц частотада қабул қилинадиган сигнал сатҳларининг масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги; б) бўш бинода 1800МГц частотада сигналнинг сўнишини масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги; в) экспериментал тадқиқотлар схемаси.



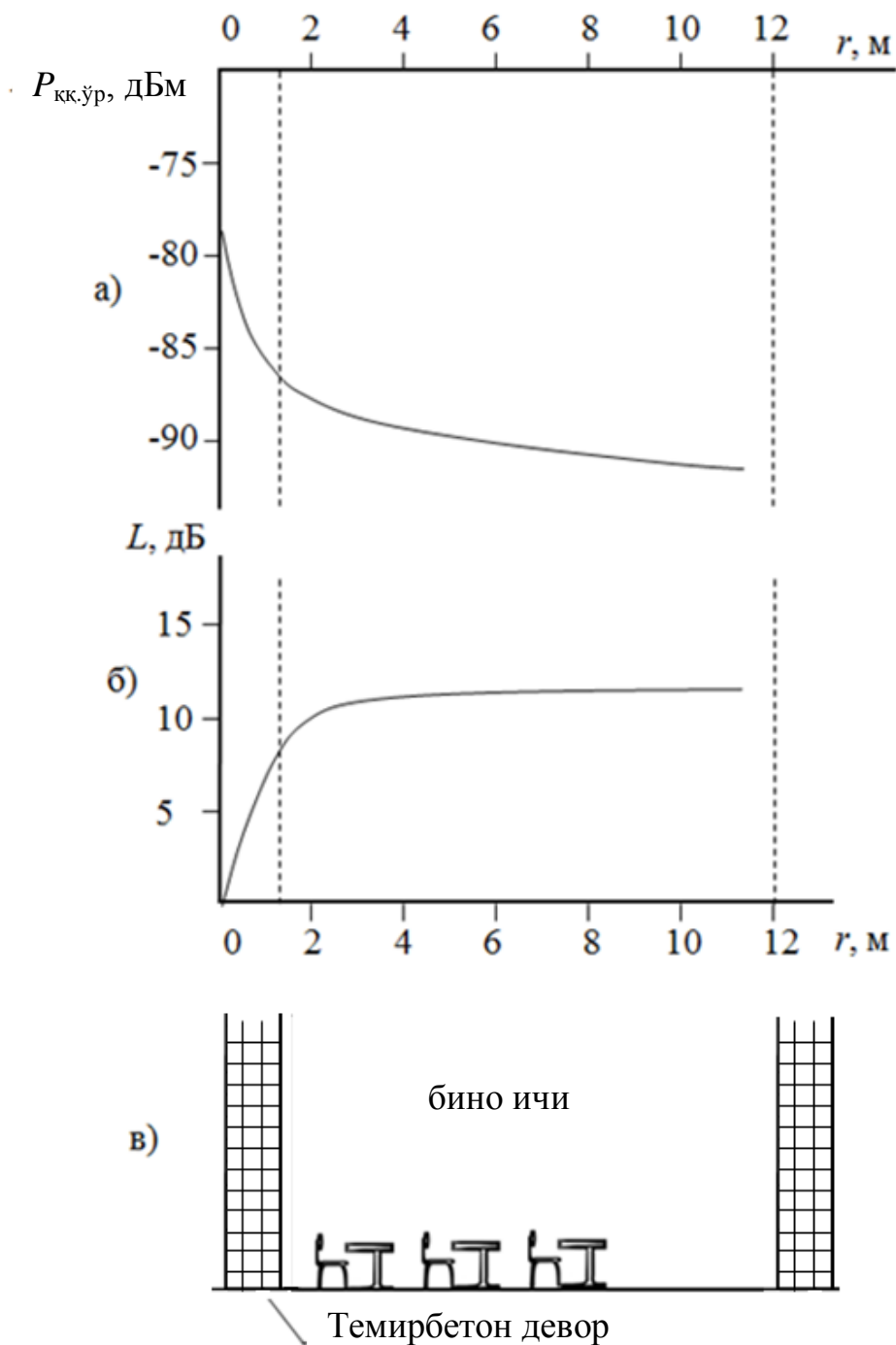
4.8- расм. а) бинода (талабалар ўтирганида) 1800МГц частотада қабул қилинадиган сигнал сатҳларининг масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;

б) бинода (талабалар ўтирганида) 1800МГц частотада сигналнинг сўнишини масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;

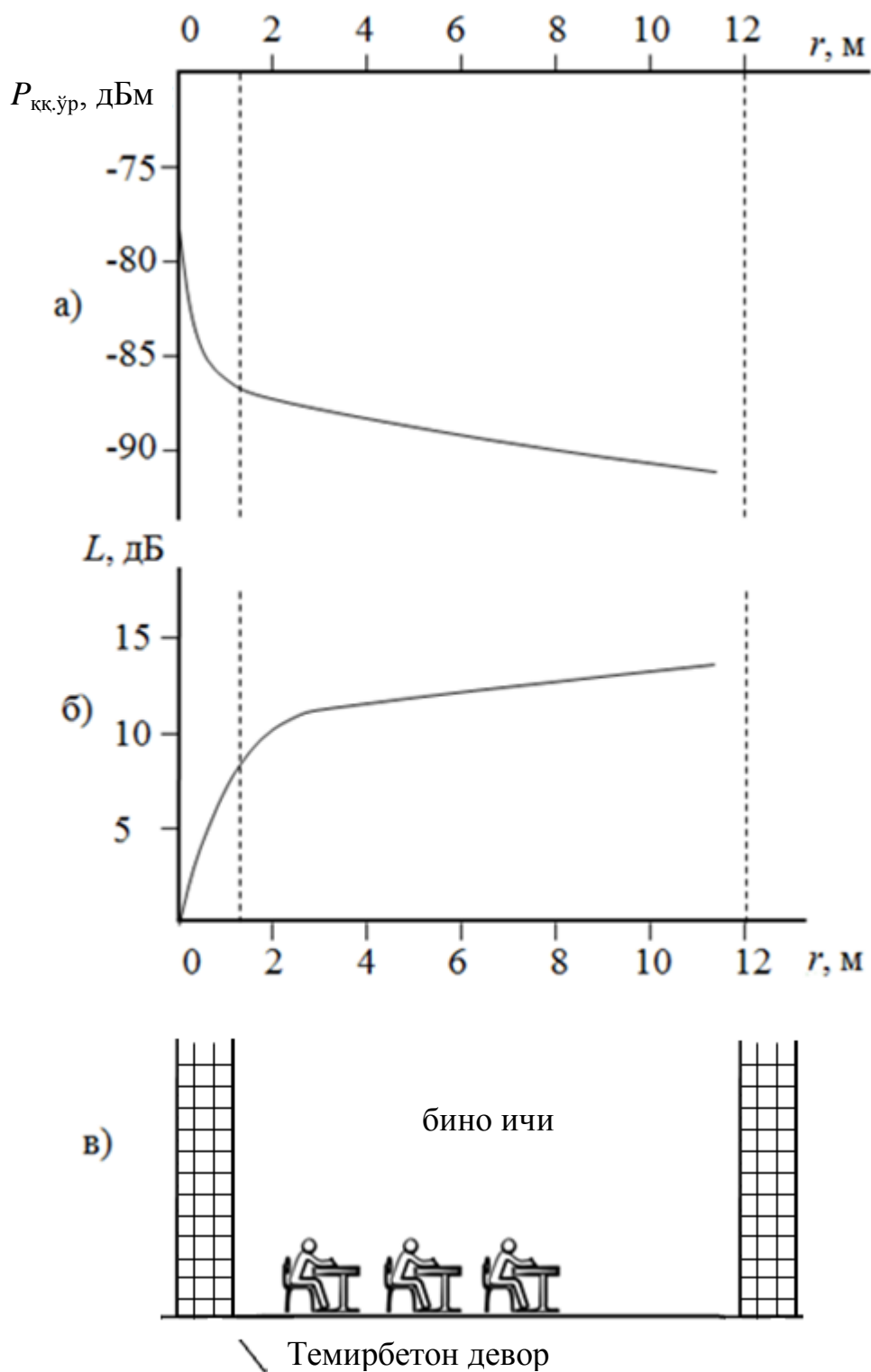
в) экспериментал тадқиқотлар схемаси.



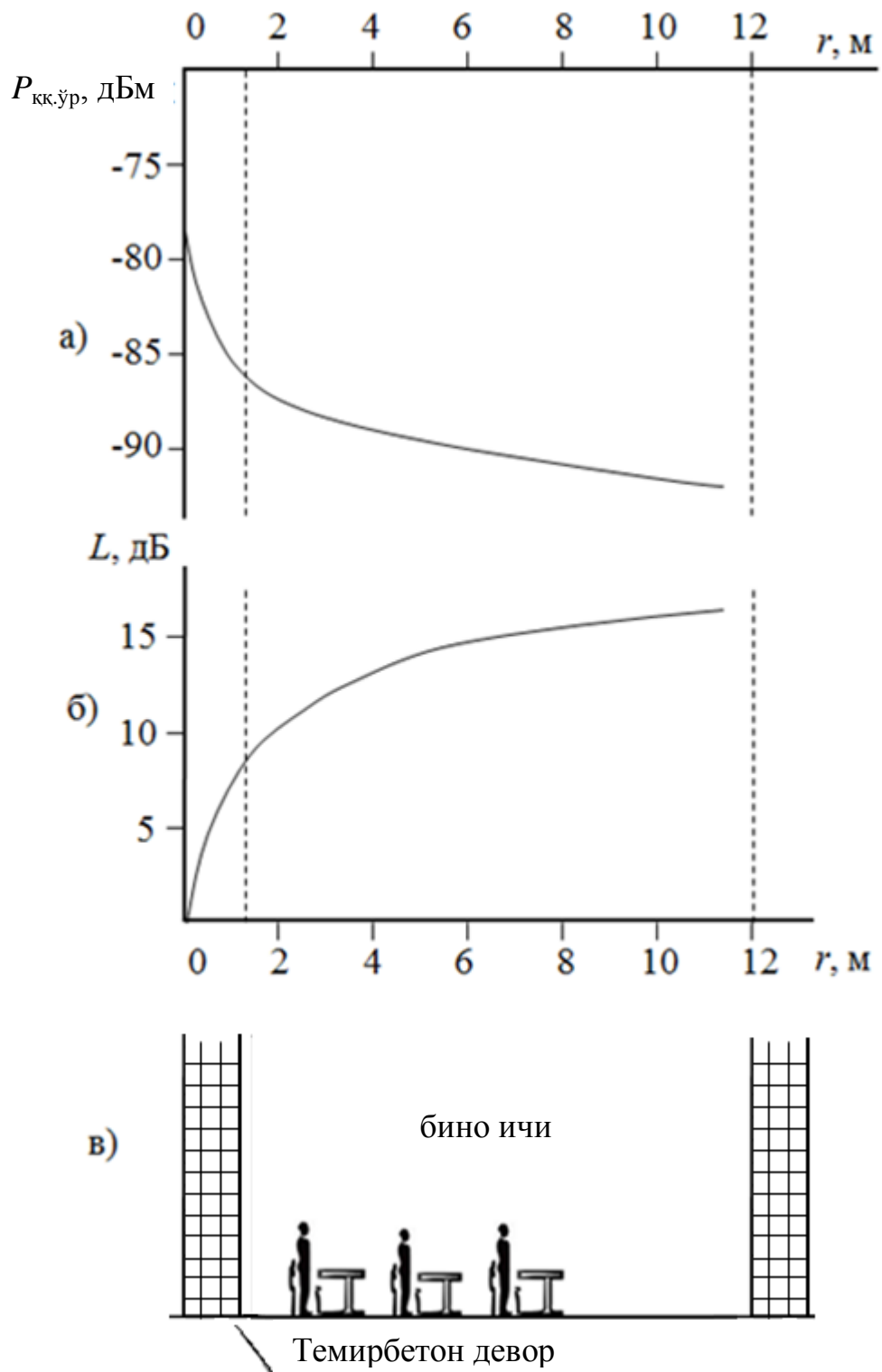
4.9- расм. а) бинода (талабалар турганида) 1800МГц частотада қабул қилинадиган сигнал сатҳларининг масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 б) бинода (талабалар турганида) 1800МГц частотада сигналнинг сўнишини масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 в) экспериментал тадқиқотлар схемаси.



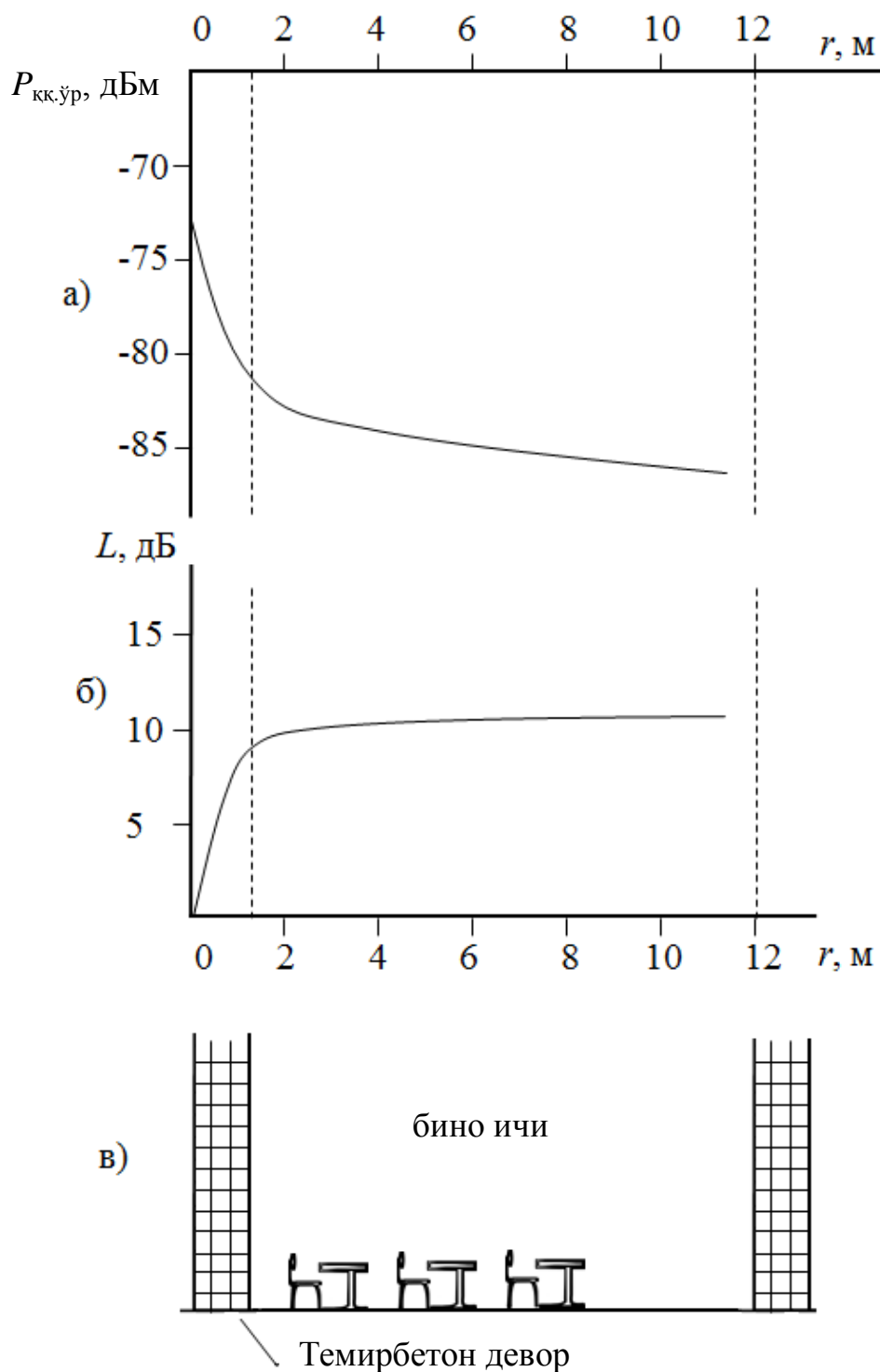
4.10- расм. а) бўш бинода 1800МГц частотада қабул қилинадиган сигнал сатҳларининг масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 б) бўш бинода 1800МГц частотада сигналнинг сўнишини масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 в) экспериментал тадқиқотлар схемаси.



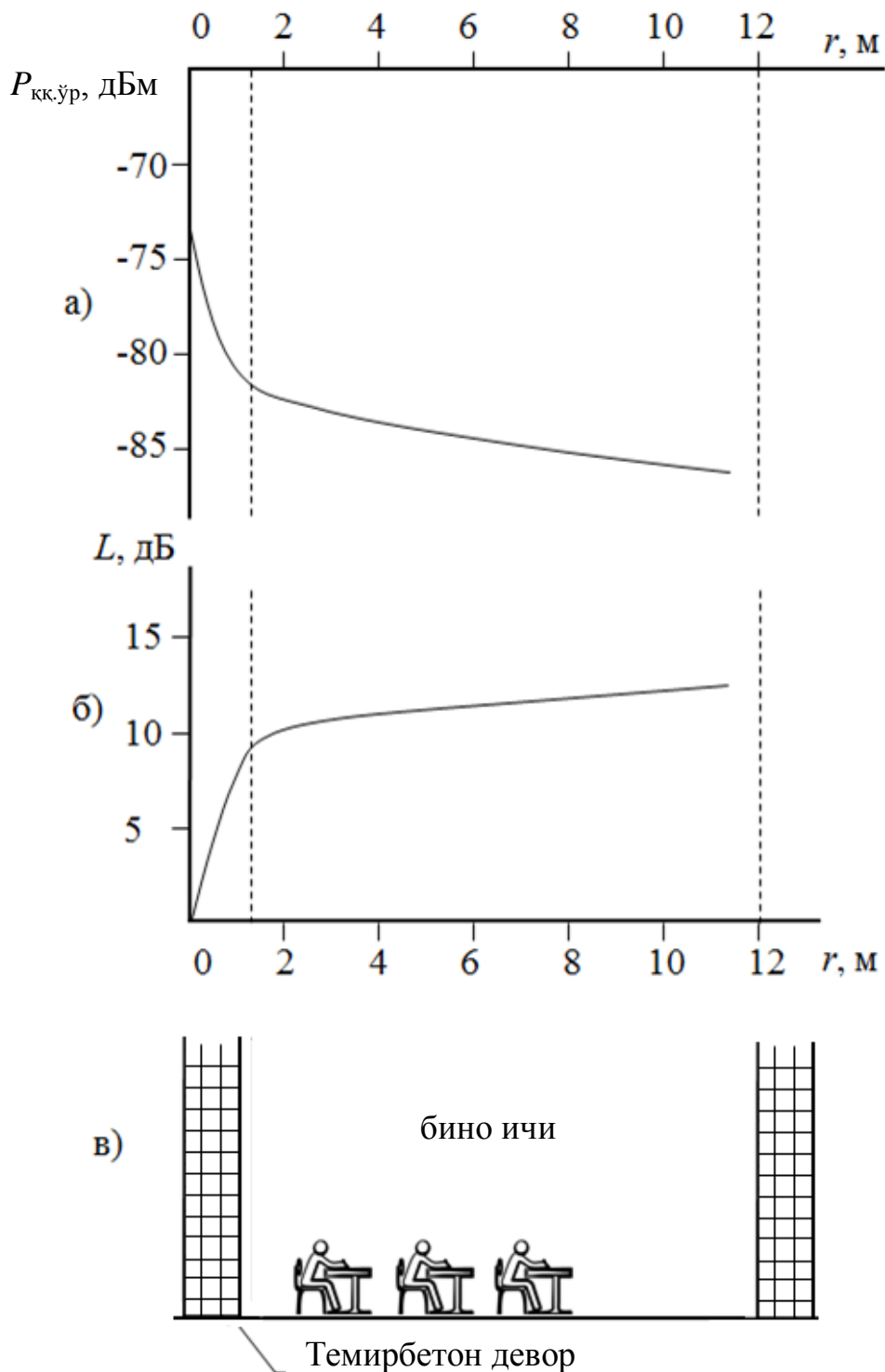
4.11- расм. а) бинода (талабалар ўтирганида) 1800МГц частотада қабул қилинадиган сигнал сатҳларининг масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 б) бинода (талабалар ўтирганида) 1800МГц частотада сигналнинг сўнишини масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 в) экспериментал тадқиқотлар схемаси.



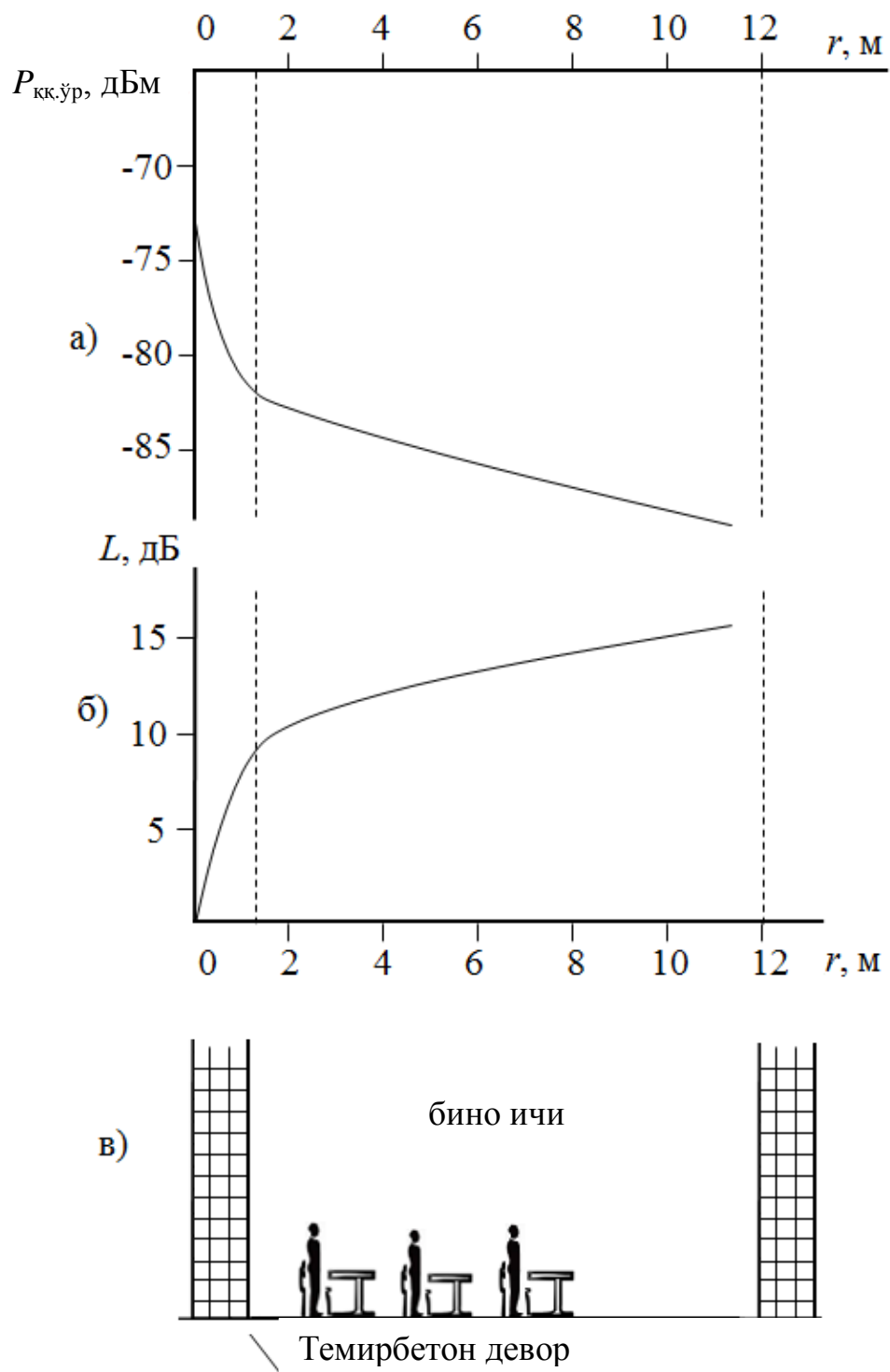
4.12- расм. а) бинода (талабалар турганида) 1800МГц частотада қабул қилинадиган сигнал сатҳларининг масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 б) бинода (талабалар турганида) 1800МГц частотада сигналнинг сўнишини масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 в) экспериментал тадқиқотлар схемаси.



4.13- расм. а) бўш бинода 2100МГц частотада қабул қилинадиган сигнал сатҳларининг масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги; б) бўш бинода 2100МГц частотада сигналнинг сўнишини масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги; в) экспериментал тадқиқотлар схемаси.



4.14- расм. а) бинода (талабалар ўтирганида) 2100МГц частотада қабул қилинадиган сигнал сатҳларининг масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 б) бинода (талабалар ўтирганида) 2100МГц частотада сигналнинг сўнишини масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 в) экспериментал тадқиқотлар схемаси.



4.15- расм. а) бинода (талабалар турганида) 2100МГц частотада қабул қилинадиган сигнал сатҳларининг масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 б) бинода (талабалар турганида) 2100МГц частотада сигналнинг сўнишини масофага ўртачалаштирилган боғлиқлиги;
 в) экспериментал тадқиқотлар схемаси.

Шунингдек бинодаги инсонларнинг сигнал сатҳига таъсири аниқланди. Ўзининг таркиби бўйича инсон ярим ўтказгич ҳисобланади, чунки унда суяқ субстанциялар мавжуд ва демак, унда радиотўлқинлар ютилади.

4.9-, 4.12-, 4.15- расмлардаги графиклардан кўриниб турибдики, турган талабалар (турган инсонлар) мобиль алоқа базавий станциялари нурлантирадиган сигналларни ютилишига катта ҳисса қўшади.

Олинган эксперимент натижалари кўрсатдики [90, 91]:

- 30 см қалинликдаги темир-бетон девор унга тўлқин 45° бурчак остида тушганида (42,3 см эквивалент қалинликдаги) ўртача 12 дБ кучсизланишни беради;

- аудиторияда 27 та столда ўтирган талабаларли 30 жойларнинг бўлиши (тўлдирилиши 90%) сигнални қўшимча 2 дБга кучсизланишини беради;

- бу аудиториядаги 27 та турган ҳолдаги талабалар сигналнинг кучсизланишини яна 5 дБга оширади;

- талабаларнинг аудиторияда ҳаракатланишида сигналнинг кучсизланиши яна 1-2 дБга ошади;

- ўлчаш антеннаси яқинида тўлқиннинг йўлида талабанинг бўлиши сигналнинг кучсизланишини яна 1,5-2 дБга оширади;

- 55 см қалинликдаги ғишт девор унга тўлқин 50° бурчак остида тушганида (71,8 см эквивалент қалинликдаги) ўртача 9,8 дБ кучсизланишни беради;

- 20 та жойга аудиторияда 18 та ўтирган талабаларнинг бўлиши (тўлдирилиши 90%) сигнални қўшимча 3 дБга кучсизланишини беради;

- бу аудиториядаги 18 та турган ҳолдаги талабалар сигналнинг кучсизланишини яна 6 дБга оширади;

- талабаларнинг аудиторияда ҳаракатланишида сигналнинг кучсизланиши яна 2 дБга ошиши мумкин;

- 50 см қалинликдаги ғишт девор унга тўлқин 50° бурчак остида тушганида (70,5 см эквивалент қалинликдаги) ўртача 9,8 дБ кучсизланишни беради;

- 26 та жойга аудиторияда 21 та ўтирган талабаларнинг бўлиши (тўлдирилиши 81%) сигнални қўшимча 2 дБга кучсизланишини беради;

- бу аудиториядаги 21 та турган ҳолдаги талабалар сигналнинг кучсизланишини яна 4 дБга оширади;

- талабаларнинг аудиторияда ҳаракатланишида сигналнинг кучсизланиши яна 1 дБга ошиши мумкин;

- ўлчаш антеннаси яқинида тўлқиннинг йўлида талабнинг бўлиши сигналнинг кучсизланишини яна 2 дБга оширади.

Келтирилган кучсизланиш қийматлари 2 ва 3 бобларда кўриб чиқилган кўплаб усуллардаги биринчи қўшилувчи ҳисобланади.

4.2. Бино хоналарида майдоннинг кучсизланишини ҳисоблаш дастурий таъминотини ишлаб чиқиш

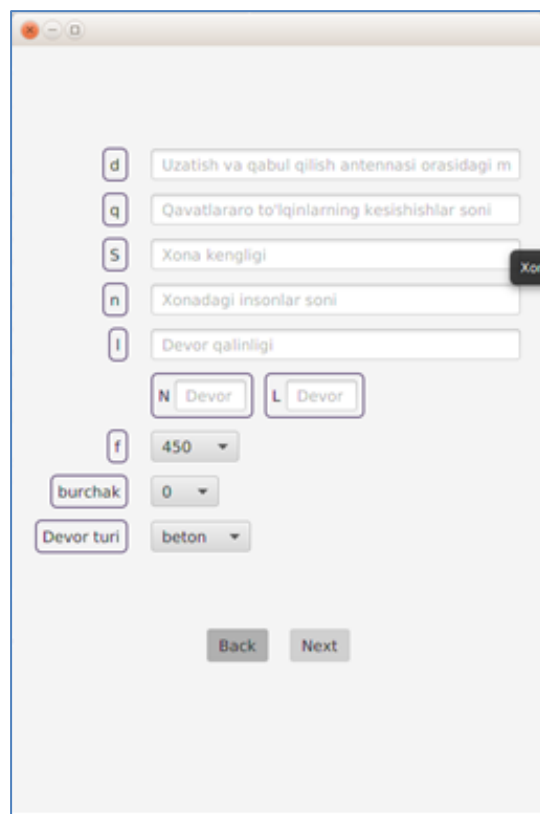
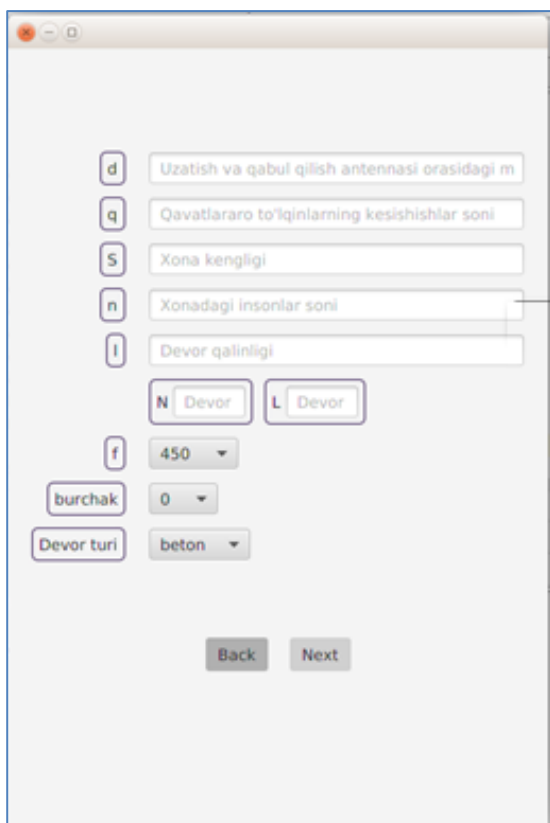
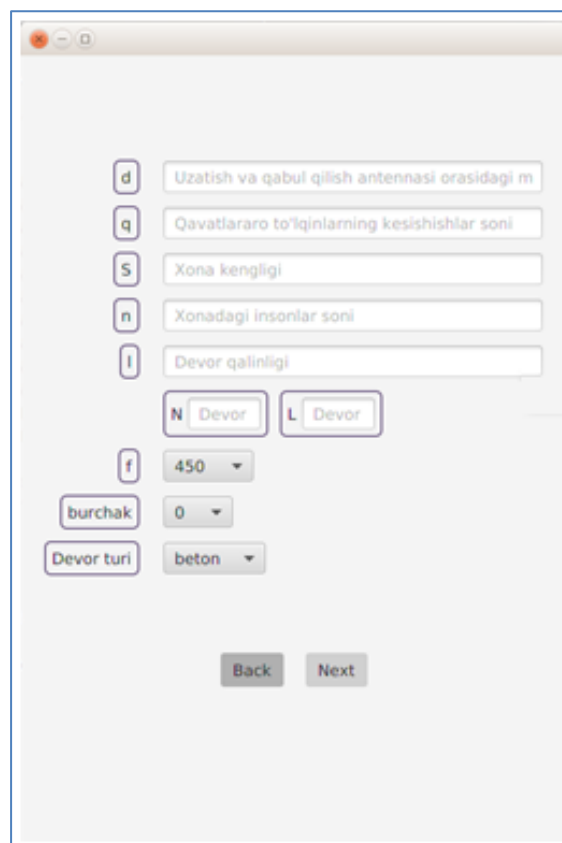
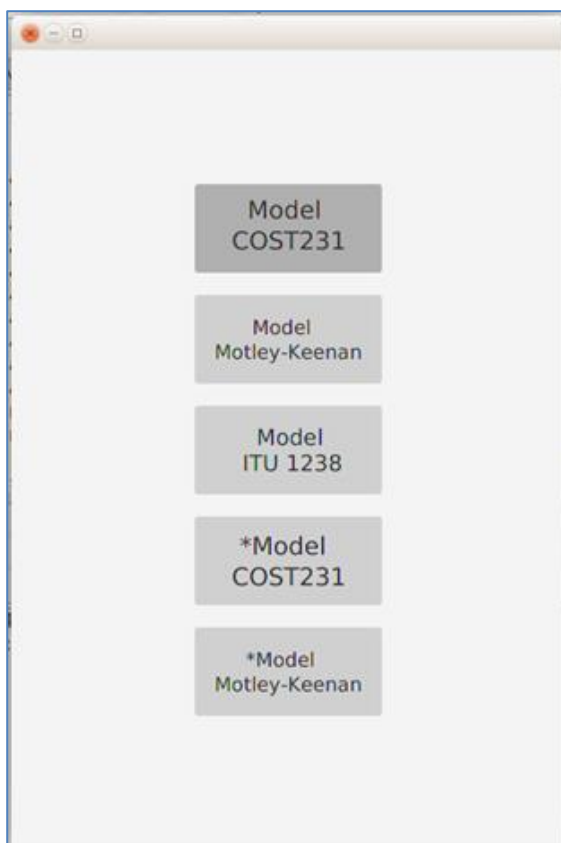
Бинонинг хоналарида майдоннинг кучсизланишини қўлда ҳисоблаш жуда сермашаққат ҳисобланади, баъзан эса бажариб бўлмайдиган масала ҳисобланади. Шунга кўра, “Бинологичида радиоқамров ҳудудининг автоматлаштирилган ҳисоби” дастурий таъминоти (ДТ) ишлаб чиқилган бўлиб, унга Интеллектуал мулк бўйича агентликнинг 2019 йилдаги 11 апрелдаги № DGU 2019 0204 номерли муаллифлик гувоҳномаси олинган [93]. Дастурнинг тавсифи ва “Электрон-ҳисоблаш машиналари учун № DGU 06213 дастурнинг расмий рўйхатли олиш гувоҳномаси” 3- иловада келтирилган.

Дастурлаш учун бинолар хоналарида майдоннинг кучсизланиши усуларини танлашдан олдин уларни инсон таналаридаги $L_{\text{инс}}$ қўшимча йўқотишларни киритиш йўли билан модернизация қилиш таклиф этилган. Қўшимча ютилиш фиикаси 2.7- бўлимда келтирилган.

Шунингдек инсон таналаридаги йўқотишлар қиймати куйидаги тарзда экспериментал аниқланган. Битта инсоннинг горизонтал кесими юзаси қарайиб $0,1 \text{ м}^2$ ни ташкил этади. Эксперимент 91 м^2 , 54 м^2 ва 48 м^2 юзали учта биноларда ўтказилди. Уларда 27, 18 ва 21 та инсонлар бўлди.

Бошланишда ҳар бир хона учун инсонлар билан тўлдирилган хона майдонининг фоизлардаги қийматлари аниқланди. Кейин хоналардаги майдоннинг кучсизланишини экспериментал тадқиқ қилиш натижаларидан фойдаланиш билан модернизацияланадига усуллар тўлдирилган инсонлар таналаридаги $L_{\text{инс}}$ қўшимча кучсизланишлар экспериментал қийматлари аниқланди.

Инсонлар мавжуд бўлган турли шаклдаги бинолар ичидаги сўниш кўрсаткичларини башорат қилиш сифатини ошириш мақсадида 5 усулдан иборат бўлган дастурий таъминот яратилган.



Биринчи, иккинчи ва учинчи усуллар Халқаро Электролоқа Иттифоқи томонидан тавсия қилинган бўлиб, қолган усулларнинг иккитаси мазкур иш юзасидан олинган экспериментал натижалар асосида такомиллаштирилган.

Шундай қилиб, бинолар хоналарида майдоннинг кучсизланишини аниқлаш учун ҳисоблаш алгоритми ва дастурий таъминоти ишлаб чиқилган. Ишлаб чиқилган дастурий таъминотбинолар хоналарида майдоннинг кучсизланишини ҳисоблашни сезиларли енгиллаштиришга ва ишончлироқ ҳисоблаш натижаларини олишга имкон беради.

Хулосалар

Деворлари турли қурилиш материалларидан ишланган биноларда ҳамда бино ичидаги хоналардаги инсонларнинг сонига боғлиқ равишда мобил алоқа базавий станцияси тарқатаётган сигнал кучсизланиши бўйича олинган экспериментал тадқиқот натижаларини қуйидагича таҳлил қилиш мумкин:

1. - 30 см қалинликдаги темир-бетон деворига 45° бурчак остида тушган тўлқин кучсизланиши ўртача 12 дБ ташкил этади;

- 27 та столда ўтирган талабалардан иборат аудиторияда (тўлдирилиши 90%) мобил алоқа сигнали қўшимча 2 дБга кучсизланиши аниқланган;

- бу аудиторияда 27 та турган ҳолдаги талабалар сигналнинг кучсизланишини яна 5 дБга оширади;

- талабаларнинг аудиторияда ҳаракатланишида сигналнинг кучсизланиши яна 1-2 дБга ошади;

- ўлчаш антеннаси яқинида тўлқин йўлида турган талаба сигнал кучсизланишини яна 1,5-2 дБга оширади;

2. Бинонинг 55 см қалинликдаги ғишт девори унга тўлқин 50° бурчак остида тушганида сигнални ўртача 9,8 дБ микдорда кучсизлантиради;

- 20 та ўринли аудиторияда ўтирган 18 талаба (тўлдирилиши 90%) сигнални қўшимча 3 дБга кучсизлантиради;

- бу аудиторияда тик турган 18 талаба сигнал кучсизланишини яна 6 дБга оширади;

- талабаларнинг аудиторияда ҳаракатланишида сигналнинг кучсизланиши яна 2 дБга ортиши мумкинлиги аниқланди;

3. Ғишт деворли бинода сигнал ўртача 14дБ/м қийматдаги погон сўнишни беради;

- 26 та ўринли аудиторияда ўтирган 21 талаба (тўлдирилиши 81%) сигнални қўшимча 2 дБга кучсизлантиради;

- бу аудиторияда 21та турган ҳолдаги талабалар сигналнинг кучсизланишини яна 4 дБга оширади;

- талабаларнинг аудиторияда ҳаракатланишида сигналнинг кучсизланиши яна 1 дБга ошиши мумкинлиги аниқланди;

- ўлчаш антеннаси яқинида тўлқиннинг йўлида талабанинг бўлиши сигналнинг кучсизланишини яна 2 дБга оширади.

Шундай қилиб, турган талабалар (турган инсонлар) мобиль алоқа базавий станциялари нурлантирадиган сигнални ютилишига кўшимча ҳисса қўшади.

4. Панжаранинг φ буралиш бурчаги ортганида деворнинг пўлат арматурали панжасида майдон кучсизланиши ортади бу билан бирга ячейкалар ўлчамларини ортиши ҳам сигнал кучсизланишининг ортишига олиб келади.

5. Таклиф этилган “деворнинг самарали қалинлиги” тушунчаси темир бетон деворларда сигнал ютилишининг янада аниқ қийматларини олишга имкон беради.

6. Бино хоналарида майдон кучсизланишини ҳисоблаш учун ҳисоблаш алгоритми ва дастурий таъминоти ишлаб чиқилди.

ХУЛОСА

Яқин йилларгача мобиль алоқа тизимларида радиотўлқинларнинг бино ва хоналар ичида тарқалиш масаласига алоҳида эътибор қаратилмаган. Бино ичидаги деворлар, тўсиқлар, мебеллар, радиоэлектрон аппаратлар, инсонлар ва бошқа объектлар радиотўлқинлар тарқалишига тўсқинлик қилишига оид нашрий материаллар, шу жумладан, Тошкент шаҳри ва унга ўхшаш бошқа шаҳар бинолари ичида майдон сатҳларини ҳисоблаш усулларига оид нашрий материаллар деярли чоп этилмаган. Сўнгги йилларда Россия Федерацияси ва Болтиқ бўйи давлатларида бу каби мавзулардаги нашрий ишлар чоп этилди. Шаҳар шароитида ультра қисқа тўлқин диапазонида радиотўлқинлар тарқалишининг ўзига хос хусусиятларини аниқлашда хорижлик олимлардан Ж. Окамура, М. Хата (Япония), М. Долуханов, Е. Милютин, Г. Василенко (Россия) кабилар муносиб ҳисса қўшганлар.

Монографияда келтирилган илмий тадқиқотнинг асосий натижалари сифатида қуйидагиларни эътироф этиш мумкин:

Шаҳар шароитида ҳамда бинолар ичида 450 МГц; 900 МГц; 1800 МГц; 2100 МГц ва 2600 МГц диапазонларида мобиль алоқа базавий станциялари нурлатаётган майдоннинг кучсизланишини ҳисоблаш усулларининг таҳлили амалга оширилди. Бино ичида электромагнит майдон кучланганлиги тақсимланишини дифракцион компонентларини ҳисоблаш усули таклиф этилди, бу усулни нурларни трассировкаш усулида ҳисоб юритиш элементи сифатида қўллаш лозимлиги белгиланди, шунингдек томида мобиль алоқа базавий станцияси жойлашган бино хонасининг ичидаги электромагнит майдонни ҳисоблаш усули қўшимча равишда хона ичидаги инсонларнинг электромагнит майдони билан нурланиш эҳтимолини олдиндан аниқлаш имконини берди. Темир-бетон деворларда майдон сатҳи кучсизланишини ҳисоблаш учун “деворнинг самарали қалинлиги” тушунчаси киритилди, бу параметр турли таркибли бетондан қурилган темир-бетон деворларда майдон сатҳи кучсизланишини ҳисоблаш имконини берди. Темир-бетон девор арматурасида майдон сатҳи кучсизланиши учун экспериментал тадқиқот натижалари олинди, улар турли ҳажмдаги ячейкалардан иборат арматура панжараларидаги майдон сатҳини сўниш миқдори 6-12 дБ

эканлигини кўрсатди. Биноларда майдон кучсизланишига у ердаги инсонларнинг таъсири (тик ҳолатда, ўтирган ҳолда) билан боғлиқ экспериментал боғлиқликлар олинган бўлиб, улар майдон сатҳи кучсизланиши прогноз қилинаётган хонадаги инсонлар сонига ўзгартириш кераклиги асосланди. Турли материаллардан қурилган бино деворларида майдон сатҳи кучсизланишининг экспериментал боғлиқликлари аниқланди, бу боғлиқлар бино хоналаридаги майдон сатҳи кучсизланишини катта аниқлик билан прогнозлаш имконини беради. Монографияда келтирилган илмий тадқиқотлар натижалари мобиль алоқа, симсиз интернет, рақамли телевидение провайдерларига, шунингдек бино хоналарида кибер хавфсизликни таъминлаш масалалари билан шуғулланадиган мутахассисларга фойдали бўлади деган умиддамиз.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Ўзбекистон Республикаси Президенти Шавкат Мирзиёевнинг Олий Мажлисга 2017 йилнинг 22 декабрида қилган Мурожаатномаси. // <http://uza.uz/oz/documents/zbekiston-respublikasi-prezidenti-shavkat-mirziyevning-oliy-22-12-2017> (мурожаат санаси 23.12.2017й).

2. O'zbekistonda GSM 2G, 3G, 4G LTE radiochastotalar diapazoni va standartlari. <https://flytech.uz/uz/blog/diapazon-radiochastot-chastot-i-standarty-sotovoj-svyazi-v-uzbekistane> (мурожаат санаси 22.04.2018г)

3. Количество абонентов мобильной связи в Узбекистане достигло 22 млн. 800 тысяч. <http://infocom.uz/2018/01/26/kolichestvo-abonentov-mobilnoj-svyazi-v-uzbekistane-dostiglo-22-mln-800-tysyach/> (мурожаат санаси 26.01.2018 й).

4. UZMOBILE уже тестирует 5G. от 28 ноября 2017 года. <https://www.gazeta.uz/ru/2017/11/28/uzmobile-pre5g/> (мурожаат санаси 28.11.2017г).

5. РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R P.530-13 Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования, требующиеся для проектирования наземных систем прямой видимости. - С. 3-18.

6. Blaunstein N. Radio Propagation in Cellular Networks. Artech House: Boston, London, 2000. -P.231-236.

7. Введенский В. Распространение ультракоротких радиоволн.- М.:Наука. –1973.С.1-21.

8. Скавронский А.Ю., Пономарев В.Н., Лужков Ю.П., Пономарев Г.А. Ослабление УКВ в условиях города // Электродинамика и распространение радиоволн. – Томск-1980. – Вып. I. -С.106-111.

9. Скавронский А. Ю., Волотов А. И., Пономарев Г. А. Механизмы распространения радиоволн и характеристики многолучевости в условиях города // Электродинамика и распространение радиоволн – Вып. I. Томск.-1980.- С.100-105.

10. Алимов В. А., Коробков Ю. С., Морозов В. И. и др. Характеристики УКВ сигналов в канале связи с подвижными объектами в условиях города // Радиотехника.- 1984.- №4.- С.21-24.

11. Akeyama A., Naqatsu T. and Ebine Y. Mobile radio propagation characteristics and radiozone design method in local cities. // Review of the Electrical Communication Laboratories. – 1982.- № 2.

12. Ibragim M. F.A., Parsons J.D., Dadson C.E. Signal strength prediction in urban areas using a topographical and environmental data base // ICC'83- IEEE Int. Conf. Commun.: Int. Commun. World Progr., Boston, Mass., 19 - 22 June, 1993. Conf. Rec.- N. Y., 1983.- 1.- P. 64-67.

13. Walfish Y. and Bertoni H. L. A theoretical model of UHF propagation in urban environments // IEEE Trans. Antenn and Propag. – 1988.- AP.38- №12.

14. Ikegami F. et all. Theoretical prediction of mean field strength on urban mobile radio // IEEE Trans. Anten. And Propag. - 1991. - AP.39. - №3.

15. Локшин М. Г., Шур А. А., Кокорев А. В., Краснощеков Р. А. Сети телевизионного и звукового ОБЧ - ЧМ вещания: Справочник.- М.: Радиоисвязь, 1988. - С. 59-87.

16. UTD Propagation Model in an Urban Street Scene for Microcellular Communications // IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility. Vol. 35. - No.4.- November 1993.- PP. 423-428.

17. Xia H. H. microcellular propagation characteristics for personal communications in urban and suburban environments // IEEE Trans. Veh Technol. – 1994. – VT. 43. – №3.

18. Feurerstein M. J. et all. Path loss, delay spread, and outage models as a functions of antenna heigh for microcellular system design // IEEE Trans. Veh. Technol. – 1994. – VT.43. - №3.

19. W.C.Y. Lee, D.J.Y. Lee. Microcell Prediction in Dense Urban Area // IEEE Trans. on Vehicular Technology. Vol. 47.-No.1.- February 1998.-P. 246-253.

20. Lee W. Y. Mobile communications design fundamentals – McGraw Hill, N. Y. – 1995.

21. Xia H. H. A simplified analytical model for predicting path loss in urban and suburban environments // IEEE Trans. Veh. Technol.- 1997.- VT. 46. -№4.

22. Bertoni H. L. Diffraction of cylindrical and plan waves by an array of absorbing half screens // IEEE Trans an Antennas and Propagation. – 1998. – AP.40. – №2.

23. Bertoni H. L. Effect of terrain on path loss in urban environments for wireless applications // IEEE Trans. Antenn. and Propaq. – 1998 – AP.46. – № 8. – P. 1138-1147.

24. Милютин Е.Р., Василенко Г.О., Сиверс М.А., Волков А.Н., Певцов Н.В.

Методы расчёты поля в системах связи дециметрового диапазона. -
СПб: Триада, 2003.

25. РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R P.1411-5. Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования для планирования наружных систем радиосвязи малого радиуса действия и локальных радиосетей в диапазоне частот от 300 МГц до 100 ГГц. С.1-26.

26. РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R P. 1546-5. Метод прогнозирования для трасс связи "пункта с зоной" для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц. С.1-57.

27. Ликонцев Д.Н., Нигманов А.А., Шахобиддинов А.Ш. Учет холмистости местности в моделях «Окамура - Хата» // Инфокоммуникации: Сети - Технологии - Решения - Ташкент, 2008. - № 1(5). - С. 23-24.

28. Нигманов А.А., Шахобиддинов А.Ш. Дифракционные модели распространения радиоволн в городских условиях // Инфокоммуникации: Сети - Технологии - Решения. – 2007. - №1. - С.32-47.

29. Shakhobiddinov A.Sh., Nazarov A.M., Likontsev A.N., Yusupova A.R. Influence of urban architecture features on attenuating of a field strength levels of mobile communication // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. - 2017. Vol.4 – Issue 6. - PP.4027 - 4031. (05.00.00; №8.IF:4,346).

30. Ishii T. RF propagation in buildings. // RF Design Magazine, Jul. 1989. - PP. 45-49.

31. Sarkar T. et al., A survey of various propagation models for mobile communication // IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 45, No.3, Jun. 2003. - PP. 51-82.

32. Iskander M. F. and Yun Z. Propagation Prediction Models for Wireless Communication Systems // IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, Vol. 50, March 2002. - PP. 662-673.

33. Porrat D. and Cox D. C. UHF Propagation in Indoor Hallways // IEEE Trans. on Wireless Comm., vol. 3, July, 2004. - PP. 1188-1198.

34. James G.L. Geometrical Theory of Diffraction for Electromagnetic Waves. // IEEE Electromagnetic Wave Series I, Exeter, 1986.

35. Damosso E. Digital Mobile Radio: Towards Future Generation Systems. // European Commission, Final Report of the COST

231Project. Chapter 4, 1998.

36. Motley A. J. and Huschka T. Ray Tracing Models for Indoor Environments and their Computational Complexity and Keenan J. M. Radio coverage in buildings.// Bell System Technical Journal (BSTJ), vol. 8, Jan., 1990.- PP. 19 – 24.

37. Wolfle G., Landstorfer F. M., Gahleitner R., and Bonek E. Extensions to the Field Strength Prediction Technique based on Dominant Paths Between Transmitter and Receiver in Indoor Wireless Communications.// 2nd European Personal and Mobile Communications Conference (EPMCC), Bonn, November, 1997.- PP. 29-36.

38. Мадаминов Х.Х., Султонова М.О. Модели потер в помещениях. // СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА СВЯЗИ, материалы XXII международной научно-технической конференции, Минск, Республика Беларусь, 2017.- С. 114-116.

39. Wolfle G. and Landstorfer F. M. Dominant Paths for the Field Strength Prediction. // International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PHMRC), Sept., 1994.- PP. 486-490.

40. Carciofi C, Cortina A., Passerini C, and Salviotti S. Fast Field Prediction Techniques for Indoor Communication Systems.// 2nd European Personal and Mobile Communications Conference (EPMCC), Bonn, Nov., 1997. - PP.37 – 42.

41. Degli E. V., Carciofi C, FruUone M. and Riva G., "Sensitivity of Ray-Tracing Indoor Field Strength Prediction to Environment Modelling," in European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research (COST), COST 259 TD(97)049, (Lisbon), Sept. 1997.

42. Landron O., Feuerstein M. J. and Rappaport T. S. A Comparison of Theoretical and Empirical Reflection Coefficients for Typical Exterior Wall Surfaces in a Mobile Radio Environment.// IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 44, Mar., 1996.- PP. 341-351.

43. Gibson T. B. and Jenn D. C. Prediction and Measurement of Wall Insertion Loss.// IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 47, , Jan. 1999.- PP. 55-57.

44. Danielle P., Degli E. V., Falciasecca G. J. R. G., Fru Uone M. Evaluation of the Reliability of a Ray Tracing Microcellular Field Prediction Model // Progress in Electromagnetics Research Symposium (PIERS), (Innsbruck, Austria), July 1996.- P.513.

45. Qiang G. Status of 802.20 channel models, IEEE802.20 WG session #6, January 12-15, 2004.

46. John C. S. Indoor radio WLAN performance Part II: Range Performance in a dense office environment, May - 2000.

47. Lahteenmaki J. Indoor Propagation Models // COST Action 231: Digital mobile radio towards future generation systems: Final report. 1999. P.175-179.

48. Мадаминов Х.Х., Ликонцев А.Н., Хусанов З.К. Модели для расчёта поля внутри помещений. // АХБОРОТКОММУНИКАЦИЯЛАР: Тармоқлар, Технологиялар, Ечимлар, 2(46)2018.13-23-С. (05.00.00; №2.).

49. Saunders S.R. Antennas and propagation for wireless communication systems. England: John Wiley & Sons Ltd, 2007.

50. Назаров А.М., Абдуқодиров А.Х., Мадаминов Х.Х., Ликонцев А.Н. Расчет распространения радиоволн электромагнитного поля внутри помещений сложной формы. // Потомки Мухаммеда аль-Хорезми, научно-практический и информационно-аналитический журнал 1(7) 2019.76-82-Б. (05.00.00; №10.).

51. Motley A., Keenan J. Indoor Propagation Models // COST Action 231: Digital mobile radio towards future generation systems: Final report. 1999. PP. 175-179.

52. William C. Y. Lee. Mobile Cellular Telecommunications. Analog and Digital Systems, Second Edition. - International Editions, 1995.

53. Пономарев Г.А., Куликов А.Н., Тельпуховский Е. Д. Распространение УКВ в городе. - Томск: МП «Раско», 1991.

54. Связь с подвижными объектами в диапазоне СВЧ / Под ред. У.К. Джейкса. -М.: Связь, 1979.

55. Wolfle G., Landstorfer F. M., Gahleitner R., and Bonek E. Extensions to the Field Strength Prediction Technique based on Dominant Paths between Transmitter and Receiver in Indoor Wireless Communications // 2nd European Personal and Mobile Communications Conference (EPMCC),(Bonn), Nov., 1997.- PP. 29 - 36.

56. Patwari N., Wang Y., and O’Dea R. J., “The importance of the multipoint-to-multipoint indoor radio channel in ad hoc networks,” in IEEE Wireless Commun. Networking Conf., Mar. 2002, PP. 608–612.

57. Heddergott R., Bernhard U. P., Fleury B. H. Stochastic radio channel model for advanced indoor mobile communication systems.// Proc. IEEE 8th Int. Symp. on Personal, Indoor and Mobile Radio

Communications, vol.1, Sep., 1997, PP. 140–144.

58. Saleh AAM, Valenzuela RA., “A statistical model for indoor multipath propagation,” IEEE Journal on Selected Areas in Communication, Vol. 5, 1987.- PP.128–137.

59. Ho-Shin Cho, Jae Kyun Kwon, and Dan Keun Sung, "High Reuse Efficiency of Radio Resources in Urban Cellular Systems," IEEE Trans. on VT, Vol. 49, No. 5, , Sep., 2000.- PP. 1669-1677.

60. Madaminov H.X., Likonsev A.N., Nazarov A.M. Investigation of Field Declination in The Premises of Buildings. // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. -2019. Vol. 6, Issue 2, -pp.8032-8036. (05.00.00; №8. IF:5.474).

61. R. Heddergott, U. P. Bernhard, and B. Fleury, “Stochastic radio channel model for advanced indoor mobile communication systems// Proc. of the 8th IEEE Int. Symp. on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC '97),(Helsinki, Finland), Sept. 1997.

62. Steven J. H. and Kaveh P. Autoregressive Modeling of Wide-Band Indoor Radio Propagation, IEEE Transaction on Communications, vol 40, No.9, September, 1992.

63. Аунг Мьинт Эй, Пронин А.А. и Кондратов А.В. Экспериментальное исследование затухания радиоволн внутри помещений на частоте 433 МГц. // Известия ВУЗов, Электроника, №5, 2007. – С.86-88.

64. Рекомендация МСЭ-R P.1238-7 Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования для планирования систем радиосвязи внутри помещений и локальных зонных радиосетей в частотном диапазоне 900 МГц –100 ГГц.

65. Nomayon H. Impulse Response Modeling of Indoor Radio Propagation Channels, IEEE Journal of Selected Areas in Communications, vol. 11, No.7, September, 1993.

66. Hirofumi S. A Statistical Model for Urban Radio Propagation, IEEE Transactions on Communications, vol. com-25, No. 7, July, 1977.

67. Laura D., Guido T. and Fiorenzo T. Statistical Analysis of Measured Impulse Response Functions of 2.0 GHz Indoor Radio Channels, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 14, No. 3, April, 1996.

68. Adel A. M. S. and Reinaldo A. V. A statistical Model for Indoor Multipath Propagation, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. sac-5, No.2, February, 1987.

69. Robert J.C. B. and Keith G. B. Propagation Characteristics on Microcellular Urban Mobile Radio Channels at 910 MHz, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol.7, No.1, January, 1989.

70. Carciofi G, Cortina A., Passerini C, and Salvietti S., Fast Field Prediction Techniques for Indoor Communication Systems.// 2nd European Personal and Mobile Communications Conference (EPMCC), (Bonn), Nov. 1997.- PP.37-42,

71. Seidel Si Y. and Rappaport T. S. A Ray Tracing Technique to Predict Path Loss and Delay Spread Inside Buildings.// Proc. IEEE GlobeCom, 1992.- PP.649-653.

72. Pahlavan K., et al, Wideband radio propagation modeling for indoor geolocation applications.// IEEE Communications Magazine, April, 1998.- PP.60-65.

73. Patwari N., et al. The Importance of the Multipoint-to-Multipoint Indoor Radio Channel in Ad Hoc Networks.// Proc. IEEE WCNC 2002.

74. Hills A., et al. Estimating Signal Strengths in the Design of an Indoor Wireless Network. //IEEE Trans. Wireless Comm. vol. 3, January 2004.- PP.17-19.

75. Kivinen Jt., et al. Empirical Characterization of Wideband Indoor Radio Channel at 5.3 GHz. //IEEE Trans. Ant. and Prop., vol. 49, August, 2001.- PP.1192-1203.

76. Zhang Z., Yun Z. and Iskander M.F. Ray Tracing Method for Propagation. Models in Wireless Communication Systems. //Electron. Lett., vol.36, No.5, Mar. 2000.- PP.464-465.

77. Hassan-Ali M. and Pahlavan K. A New Statistical Model for Site-specific Indoor Radio Propagation Prediction Based on Geometric Optics and Geometric Probability.-//IEEE Transactions on Wireless Communications, vol.1, Jan., 2002.- PP.112-124.

78. Wolfle G. Propagation Models for Indoor Radio Network Planning including Tunnels.// AP2000, Davos, Switzerland, April, 2000.

79. Motley A.J. and Keenan J.M. Radio Coverage in Buildings.// Bell System Technical Journal (BSTJ), vol.8, Jan., 1990.- PP.19-24.

80. Аунг М.Э., Чжо Н. Л., Кондратов А.В., Лужнов М.С. Геометрическая методика распространения радиоволн в помещениях Г-образной конфигурации.// Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Микроэлектроника и информатика». Тезисы докладов. М.: МИЭТ, 2008.- С.223.

81. Рекомендация МСЭ-РР.2040 (09/2013) Влияние строительных материалов и структур на распространение радиоволн на частотах выше приблизительно 100 МГц

82. Мадаминов Х.Х., Ликонцев А.Н. Об ослаблении электромагнитных волн железобетонной стеной. // Сборник научных статей международной научно-технической и научно-методической конференции. АПИНО 2019 СПбГУТ, Санкт-Петербург, 2019.-С.201-206

83. Нигманов А.А. Облучение квартир многоэтажного здания, на крыше которого размещена антенна базовой станции // Ахборот - коммуникация технологиялари аспирант, магистрант ва иктидорли талабалар илмий техник конференцияси. Маърузалар тўплами (4 - 5 март, 2008 йил). - Тошкент: Алоқачи, 2008. - С. 135.

84. Мадаминов Х.Х., Ликонцев А.Н. О расчете электромагнитной обстановки внутри помещения. // VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании». Сборник научных статей. Том-3. СПбГУТ. Санкт-Петербург.- 2018.-С.226-229.

85. Назаров А.М., Абдуқодиров А.Х., Мадаминов Х.Х., Ликонцев А.Н. Ослабление напряженности поля в коридорах зданий с использованием модели прямоугольного волновода. // Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари, *Рақамли телевидение ва радиоэшиттириш, симсиз технологиялар, радиотехника ривожланиш истикболлари 1(7) 2019.83-85-Б. (05.00.00; №2.).

86. Пименов Ю.В., Вольман В.И., Муравцов А.Д. Техническая электродинамика. Учебное пособие для вузов. М.: Радио и связь. 2000.-С.143-164

87. Мадаминов Х.Х., Ликонцев А.Н. О методике расчета ослабления поля внутри коридора. //74 Всероссийская научно-техническая конференция, посвященная Дню радио. Сборник трудов. СПбГУТ. Санкт-Петербург, 22-26 апреля 2019.-С.96-99.

88. Мадаминов Х.Х., Ликонцев А.Н.О дифракционных компонентах напряженности поля внутри помещения.//73-я научно-техническая конференция, посвященная Дню радио: Труды конференции, г. СПб, 20–28апреля 2018 г. – С.-Петербург: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ».– 2018. (Часть III)-С.75-77

89. Мадаминов Х.Х., Назаров А.М. некоторые результаты экспериментального исследования ослабления сигналов мобильной

связи в помещениях зданий. // «Роль информационно-коммуникационных технологий в инновационном развитии отраслей экономики» сборник докладов Республиканской научно-технической конференции. Ташкент.-2019. (Часть III)-С.-277-279

90. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: учебник. 11-е изд. стер. М.:КНОРУС, 2010.

91. Мадаминов Х.Х., Ликонцев А.Н., Назаров А.М. Бино ичидаги мобил алоқа сигналларининг кучсизланишига оид экспериментал тадқиқотларнинг айрим натижалари.// АХБОРОТКОММУНИКАЦИЯЛАР: Тармоқлар, Технологиялар, Ечимлар, 4(48)2018.31-35-б. (05.00.00; №2.).

92. Мадаминов Х.Х., Ликонцев А.Н. Экспериментальное исследование ослабления поля в помещениях зданий. // Сборник научных статей международной научно-технической и научно-методической конференции. АПИНО 2019 СПбГУТ, Санкт-Петербург, 2019.-С.125-129.

93. Назаров А.М., Абдукадиров А.Х., Ликонцев А.Н., Мадаминов Х.Х., Шарипов Х.Р. Бинолар ичида радиоқамров худудининг автоматлаштирилган ҳисоби // Ўзбекистон Республикаси. Адлия вазирлиги ҳузуридаги Интеллектуал мулк агентлиги. Электрон ҳисоблаш мошинлари учун дастурлар давлат реестрида рўйхатдан ўтказилган. № DGU 06213. Тошкент 11.04.2019 й.

ШАРТЛИ ҚИСҚАРТМАЛАР РЎЙХАТИ

f	Ишчи частота, МГц
λ	Ишчи тўқин узунлиги, м
r	Масофа, м
$P_{\text{баз.ст}}$	Узаткичнинг чиқиш қуввати, Вт
$G_{\text{баз.ст}}$	Базавий станция антеннасининг кучайтириш коэффициентини
$D_{\text{баз.ст}}$	Базавий станция антеннасининг йўналтирилган таъсир коэффициентини
$P_{\Sigma\text{баз.ст}}$	Базавий станция узаткичининг самарали нурлантириш қуввати, $P_{\text{баз.ст}} \cdot G_{\text{баз.ст}}$
$D_{\text{моб.т}}$	Мобильтерминал антеннасининг йўналтирилган таъсир коэффициентини
$G_{\text{моб.т}}$	Мобильтерминал антеннасининг кучайтириш коэффициентини
$h_{\text{баз.ст}}$	Базавий станция антеннасининг кўтарилиши баландлиги, м
$h_{\text{моб.т}}$	Мобильтерминал антеннасининг кўтарилиши баландлиги, м
$H_{\text{бино}}$	Бинонинг (тўсиқнинг) баландлиги, м
$S_{\text{шах.кур}}$	Шаҳар қурилишларининг зичлиги
$F(S_{\text{шах.кур}})$	Шаҳардаги қўшимча кучсизланиш
L	Сигналнинг йўқотиш қиймати
L_0	Эркин фазода қувватни йўқотиш қиймати
$2b_{\text{кўча}}$	Кўчанинг кенглиги, м
V	Кучсизланиш қиймати
R	Остдаги сиртдан қайтиш коэффициентининг модули
θ	Остдаги сиртдан қайтишда фаза бўйича сурилиш
$Z_{\text{ўр}}$	3...15 км оралиқда ўртача белгилаш
E_0	Эркин фазодаги электр майлон кучланганлиги
$L_{\text{т.0}}(r, f)$	Эркин фазога нисбатан шаҳарда кучсизланиш қиймати, дБ

$\Delta h_{\text{баз.ст}}(h_{\text{баз.ст}}, r)$	Базавий станция антеннасининг кўтарилиши баландлигига тузатиш, дБ
$\Delta h_{\text{моб.т}}(h_{\text{моб.т}}, f)$	Мобиль терминал антеннасининг кўтарилиши баландлигига тузатиш, дБ
$H_{\text{кўр.бал}}$	Базавий станция ва мобиль терминали орасидаги “кўриниш” баландлиги
$\Delta K_{\text{ш.о.ж.}}$	Шаҳар олди ва очик жой учун тузатиш, дБ
$\Delta K_{\text{т.ж.}}$	Тепаликли жой учун тузатиш, дБ
$\Delta K_{\text{тоғ.ж.}}$	Тоғли жой учун тузатиш, дБ
$\Delta K_{\text{қ.д.к.}}$	“Қуруқлик-денгиз-қуруқлик” турдаги жой учун тузатиш, дБ
P_0	Эркин фазода мобиль терминал киришидаги қувват қиймати
$E_{\text{мед}}$	Қабул қилиш антенналарининг 10 м кўтарилиши баландлигида майдон кучланганлигининг медиана қиймати, $P_{\Sigma} = 1$ кВт
ΔP_{Σ}	Самарали нурлантириладиган қувватга тузатиш
$\Delta h_{\text{сам}}$	Антеннанинг самарали кўтарилиши баландлигига тузатиш, дБ
$\Delta K_{\text{ам}}$	Атроф-муҳитга тузатиш
$\Delta K_{\text{қия}}$	Ер сиртининг қиялигига тузатиш, дБ
$P_{\text{инт.ўр}}$	Қабул қилинадиган сигналнинг ўртача интенсивлиги
$P_{\text{қ.к.ўр}}$	Қабул қилинадиган сигналнинг ўртачақуввати
$P_{\text{ш.а.}}$	Қабул қилиш антеннаси шовқинининг ўртача қуввати
$b_{\text{ант}}$	Бино деворидан қабул қилиш антеннаси гача масофа
$L_{\text{қайт}}$	Қайтариш ҳисобига йўқотишлар
φ	Тўғри нурнинг сирпаниши бурчаги (кўчанинг йўналиши ва узатиш антеннаси дан қабул қилиш антеннаси гача йўналиш орасидаги бурчак)

$L_{\text{д.бино}}$	Бино тоmidан мобиль терминалга тўлқиннинг дифракцияланишидаги йўқотишлар, шунингдек сочилишдаги йўқотишлар
d	Бинодаги антенналар орасидаги масофа, м
$P_{\text{узат}}$	Узаткичнинг чиқиш қуввати, Вт
$L_{\text{п}}$	Бинодаги қувват йўқотилиши
$L_{\text{тўс}}$	Тўсиқ орқали ўтишда сигналқувватини йўқотилиши
r_0	Дастлабки масофа, одатда 1 м
$L_{0.1\text{мД}}$	$r_0 = 1\text{ м}$ масофада эркин фазодаги йўқотишлар
$L_{\text{м}}$	1м масофада ўлчанган сигналқувватини йўқотилиши.
$d_{\text{х.к.}}$	Хонанинг кенглиги, м
$d_{\text{х.у}}$	Хонанинг узунлиги, м
$N_{\text{дев.}i}$	i -нчи кесиб ўтадиган девор номери
$N_{\text{дев}}$	Кесиб ўтадиган деворлар сони
$M_{\text{тўс}}$	Кесиб ўтадиган тўсиқлар сони
$M_{\text{қав}}$	Базавий станция ва мобиль терминал орасидаги қаватлар сони ($m \geq 1$).
$L_{\text{дев.}i}$	i -нчи девордаги қувват йўқотилиши
$d_{\text{п}}$	Буралиш нуқтасига масофа
n	Қабул қилинадиган қувватни масофага даражали боғлиқлиги кўрсаткичи
$n_{1;2}$	Қабул қилинадиган қувватни $d_{\text{п}}$ нуқтагача ва ундан кейинги масофага даражали боғлиқлиги кўрсаткичи
r	Базавий станция ва мобиль терминал орасидаги ажратиш масофаси, м (бу ерда $r > 1\text{ м}$)
$N_{\text{нур}}$	Кўп нурли усулдаги нурлар сони
$P_{\text{қаб.}N}$	N -нчи нурдан қабул қилгич киришидаги қувват
$h(t)$	Узаткичнинг импульс характеристикаси
$N_{\text{нур}}$	Тушадиган нурлар сони
$N_{\text{қайт.нур}}$	N -нчи нурни қайтишлари сони
$N_{\text{ўт.нур}}$	N -нчи нурни ўтишлари сони
$\Gamma_{\text{қайт.и.}N}$	u -нчи девордан N -нчи нурни қайтиш

	коэффициенти
$\chi_{\text{нур.}v.N}$	v -нчи девор орқали N -нчи нурни ўтиши коэффициенти
$r_{\text{нур.}N}$	N -нчи нур трассасининг узунлиги
$\tau_{\text{нур.}N}$	N -нчи нурнинг вақт бўйича кечикиши
$\tau_{\text{сўн.уз}}$	Сўнишнинг ўртача узунлиги
$P_{\text{м.каб}}$	Кўп нурли сигналнинг қуввати
$P_{\text{каб}\cdot\text{т}}$	Мобиль терминалдаги қабул қилинадиган сигналнинг қуввати
$b_{\text{эм.п}}$	Эмпирик параметр
РТКЧТ	Радиотўлқинларнинг узатиш ва қабул қилиш антенналари орасидаги тўғри кўриниш чегараларида тарқалиши
РТКБТ	Радиотўлқинларнинг узатиш ва қабул қилиш антенналари орасидаги тўғри кўриниш бўлмаганда тарқалиши
РТТ	Радиотўлқинларнинг тўсилишидаги тарқалиши
ITU-R	Халқаро телекоммуникация иттифоқи (ХТИ)

МУНДАРИЖА

	КИРИШ.....	3
I	БИНО ТАШҚАРИСИДА МАЙДОН	
БОБ	САТҲЛАРИНИ ТАҚСИМЛАНИШИ УСУЛЛАРИ	6
1.1.	Ўзбекистонда мобиль алоқани ривожланиш истиқболлари.....	6
1.2.	Шаҳар шароитида радиотўлқинлар тарқалишининг ўзига хос хусусиятлари.....	9
1.3.	Майдон сатҳларини ҳисоблаш усуллари	13
II	БИНОЛАРДА ЭЛЕКТРОМАГНИТ	
БОБ	МАЙДОННИНГ КУЧСИЗЛАНИШИ	29
2.1.	Бинолардаги майдон сатҳи кучсизланишини ҳисоблаш усуллари	29
2.2.	Бино хоналаридаги майдон тақсимланишини моделлаштириш усуллари.....	33
2.2.1.	Эмпирик битта нурли усуллар.....	33
2.2.2.	Радиотўлқинларнинг қават бўйлаб тарқалиш усуллари	34
2.2.3.	Радиотўлқинларнинг қаватлараро бўйлаб тарқалиш хусусиятлари.....	37
2.2.4.	Эмпирик кўп нурли усуллар.....	41
2.2.5.	Геометрик оптика асосидаги ҳисоблаш усуллари.....	43
2.3.	Қутбланиш тури ва антенналарнинг йўналтирилганлик хоссалари	48
III	БИНОЛАРДА МАЙДОН	
БОБ	КУЧСИЗЛАНИШЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ	52
3.1.	Қурилиш материалларининг таъсири.....	52
3.2.	Томга ўрнатилган нурланиш манбаидан бино ичидаги майдонни ҳисоблаш	57

3.3.	Тўғри бурчакли тўлқин ўтказгич назариясидан фойдаланиб бино коридорларидаги сўнишлар ҳисобини юритиш	59
3.4.	Ойна ва эшик тирқишидаги майдоннинг дифракционкомпонентлари ҳисобини юритиш.....	63
IV	БИНОЛАРДА ЭЛЕКТРОМАГНИТ	
БОБ	МАЙДОННИНГ КУЧСИЗЛАНИШИНИ	
	ЭКСПЕРИМЕНТАЛ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ	66
4.1.	Бинолар ичида электромагнит майдон кучсизланиши ва тақсимланиши	66
4.2.	Бино хоналарида майдоннинг кучсизланишини ҳисоблаш дастурий таъминотини ишлаб чиқиш	83
	ХУЛОСА.....	87
	Фойдаланилган адабиётлар рўйхати.....	89
	ШАРТЛИ ҚИСҚАРТМАЛАР РЎЙХАТИ.....	98

**НАЗАРОВ АБДУЛАЗИЗ МУМИНОВИЧ
МАДАМИНОВ ҲАЙДАР ХУДАЯРОВИЧ
ҲОТАМОВ АБДУҒАФУР**

**МОБИЛЬ АЛОҚА СТАНЦИЯЛАРИДАН ТАРҚАЛУВЧИ
СИГНАЛ САТҲЛАРИНИ БИНОЛАРДА ТАҚСИМЛАНИШИ**

Монография

Редактор: Давронбеков Д.А.

Тех. редактор: