

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Канжар Асқар Қайратұлы

Радиоэлектрондық құрылғылардың электромагниттік сәйкестігін анықтау

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6В06201 – Телекоммуникациялар

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ  
ЭТ ж. ҒТ кафедра меңгерушісі  
техн. ғыл. канд.  
Е. Таштай  
« 24 » 05 2024 ж.



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Радиоэлектрондық құрылғылардың электромагниттік сәйкестігін  
анықтау»

6B06201 – Телекоммуникациялар

Орындаған:

*А. Қанжар*

А. Қ. Қанжар

Рецензент:

Ғылыми жетекші  
экон. ғыл. кандидаты,  
қауымдастырылған профессор  
*А. Е. Куттыбаева*  
А. Е. Куттыбаева

« 24 » 05 2024 ж.

«Сайман» Корпорациясы» ЖШС  
Директор-пробасары  
Алиев А.  
« 24 » 05 2024 ж.



Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

6B06201 – Телекоммуникациялар



Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА

Білім алушы: Канжар Асқар Қайратұлы

Тақырыбы: «Радиоэлектрондық құрылғылардың электромагниттік сәйкестігін анықтау».

Университет ректорының «4» желтоқсан 2023ж. №548 П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерізімі «15» мамыр 2023 ж.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- Сәулеленудің номиналды қуаттылығы, 5 Вт;
- Ө антенна ортасынан өткізілген көлденең жазықтық арасындағы бұрыш 45;
- Энергия ағынының тығыздығы, 50 мкВт/см<sup>2</sup>;
- Электромагниттік сәулелену көздері;

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- Электромагниттік радиотолқындар;
- Бақылау нүктелерінің координаттарын анықтау.
- Электромагниттік өріс деңгейін есептеу;
- Антеннаның күшейту коэффициентін есептеу.




Ұсынылатын негізгі әдебиет:

1. Сулеев Д.К., Тусупова А.А., Батыркулов Н. Электромагнитное поле на рабочих местах. Алматы, 2016.
2. Телекоммуникациялық желілерге арналған оптикалық және микротолқындық технологиялар Отто Штробель профессор, техника ғыл. докт. Алматы, 2016 ж..
3. Кузнецов А.Н. Биофизика низкочастотных электромагнитных действий, МФТИ, 2016.

Дипломдық жұмысты дайындау  
**КЕСТЕСІ**

Бөлімдердің атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Электромагниттік толқындарға шолу	07.02.2024 ж. – 23.03.2024 ж.	орындалды
Сәулелену көздерін анықтау.	24.03.2024 ж. – 20.04.2024 ж.	орындалды
Электромагниттік өріс деңгейін есептеу;	20.04.2024 ж. – 30.04.2024 ж.	орындалды

Аяқталған дипломдық жұмыс (жоба) үшін, оған қатысты бөлімдердің жұмыстарын (жобасын) көрсетумен, кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған қолдары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Теориялық бөлім	Э.ғ.к., ЭТЖҒТ каф. аға қауымдастырылған профессоры Куттыбаева А.Е.	27.05.2024 ж.	
Есептеу бөлімі	Э.ғ.к., ЭТЖҒТ каф. аға қауымдастырылған профессоры Куттыбаева А.Е.	27.05.2024 ж.	
Норма бақылау	PhD докторы, ЭТЖҒТ каф. аға оқытушысы Досбаев Ж.М.	27.05.2024 ж.	

Ғылыми жетекші  А.Е. Куттыбаева

(колы)

Білім алушы тапсырманы орындауға алды  А.Қ.Қанжар

(колы)

Күні

« 30 » 05 2024 ж.

## **АНДАТПА**

Аталған дипломдық жұмыста қазіргі уақытта кең тараған гаджеттерден бөлінген электромагниттік толқындардан адам өміріне, қоршаған ортаға қаншалықты зиян келетіні туралы зерттелген.

Жұмыста жалпы электромагниттік өріс жайында мағлұмат қарастырылған және олардан қорғанудың бірнеше әдісі айтылған. Жобаның мақсаты электромагниттік өрісті қолданатын сан алуан техниканың біздерге қаншалықты зиян екенін зерттеу.

Жұмыс барысында радиоэлектрондық құрылғылардан шыққан электромагниттік өрістен қорғайтын құрылғыны алып, елімізде қолдануға есептеулер жүргізілген. Есептік бөлімде ұялы байланыстың базалық станциясын белгілі бір жерге орнатып, оның іргелес жатқан аймаққа тигізетін зияны есептелінген.

## **АННОТАЦИЯ**

В данном дипломном проекте исследовано вред электромагнитных волн современных гаджетов на человека и окружающую среду.

В проекте собрано информации об общее электромагнитное поле и приведены несколько примеров защиты. Цель проекта исследование насколько наносит вред разные техники использующее электромагнитное поле.

А так же приведены расчеты на использование прибора защиты от электромагнитных полей сотовых телефонов. В расчетной части рассчитан вред базовой станций сотовой связи на данном расположенном месте.

## **ANNOTATION**

In project investigating damages of electromagnetic waves for life of human and environment from widespread gadgets.

Generally speaking about electromagnetic waves and some methods of guarding against them. Target of project investigating usage of some techniques of electromagnetic range and some damages for us.

During the project founding the mechanism of defence from electromagnetic range at mobile phones. In calculating part basic station of mobile communication have ascertain and damage for neighbour parts.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Шолу бөлімі	9
1.1 Мәселенің жай-күйі	9
1.2 Электромагниттік үйлесімділік	12
1.3 Электромагниттік өріс, оның түрлері және жіктелуі	13
1.4 Электромагниттік өрістің негізгі көздері	14
2 Жабдықты найзағайдан қорғау найзағай кезінде жабдықтың істен шығуының негізгі себептері	20
2.1 Коаксиалды кабельдерді қорғау	20
2.2 Қуатты радио таратқыштар	21
2.3 Антенналардың электромагниттік сәулеленуі	21
2.4 Жылжымалы радиобайланыс желілеріндегі электромагнитті сәйкестік	22
2.5 ЭМС қамтамасыздандырудағы жылжымалы объектілердің техникалық құрылғыларын рационалды орналастыру әдістемесі	24
2.6 2.6 UMTS РЭҚ және бағытталған сканерлеу диаграммалық антеннасы бар РЭҚ ЭМС шарттарын бағалау көрінісі	29
3 Есептеу бөлімі	35
3.1 Радиотехникалық нысандарға іргелес аймақтың тудыратын электромагнитті өріс деңгейлерін есептеу	35
3.2 Есептеу әдістемелері	31
Қорытынды	39
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	40
Қосымша А	
Қосымша Ә	

## КІРІСПЕ

Халықаралық бірлестік электромагнитті сәйкестік (ЭМС) талаптарын қатаңдату түсінігіне келді және электромагнитті кедергілердің әсеріне түскен және қайнар көзі болып келетін, техникалық құрылғыларды және олардың барлық түрлерін қадағалауды ұйғарды.

Электромагнитті кедергіге сезгіштігі жоғары микроэлектроника, ақпараттық технология құрылғылары мен радиобайланыс құрылғылары үлкен қарқынмен қоғам өмірінің әртүрлі саласында және экономиканың барлық бөлімдеріне енуіне байланысты өзгертулердің қажеттілігі туды. Бұл процесс ғылыми-техникалық прогресстің дамуымен байланысты.

Осы жұмыстың объектілері: жақын өрістің паразиттік электромагниттік байланыстарын көрсетуге арналған стенд, импульстік қоректендіру көздері, сағаттық жиілік генераторы негізінде индустриялық радио кедергілердің эмиссиясын көрсетуге арналған стенд болып табылады.

Жұмыстың мақсаты-радиоэлектрондық құралдардың электромагниттік үйлесімділігінің сипаттамаларын модельдеу.

Құрылғыларды жобалау кезінде мамандандырылған АЖЖ қолдану ЭМС проблемаларын дизайнның алғашқы кезеңдерінде анықтауға және құрылғы дизайнындағы қосымша қымбат өзгерістерді болдырмауға мүмкіндік береді.



## 1 Шолу бөлімі

### 1.1 Мәселенің жай-күйі

Соңғы бірнеше жылдағы экспоненциалды технологиялық даму қоғамның жалпы дамуына және сонымен бірге әрқайсымыздың күнделікті өміріміздің жайлылығы мен сапасын арттыруға әкелді. Бұл Даму жаңа, таза, жасыл энергия көздерін іздеумен қатар электр энергиясын тұтынуды арттыруға тікелей негізделгенін атап өткен жөн. Ластану туралы айтатын болсақ, біз әдетте көміртегі мен парниктік газдар шығарындыларынан болатын ластануды ғана ойлаймыз және ластанудың бірдей маңызды және өсіп келе жатқан көзін, атап айтқанда электромагниттік ластануды елемейміз. Бұл электр энергиясын тұтынудың жоғарылауының салдары және электр энергиясын пайдаланатын кез-келген жабдықтың жанында электромагниттік өрістің (ЭМӨ) болуымен көрінеді.

Электр жабдықтарының жанындағы электромагниттік өрістер адамдарға әсер етіп, әртүрлі салдарға әкелетіні дәлелденді. Осылайша, электромагниттік өрістердің әсері реттеледі; осылайша, оны Денсаулық сақтау министрлігінің 0 Гц-тен жиілікке дейінгі электромагниттік өрістердің халыққа әсерін шектеу туралы ережелері қарастырылған халыққа ортақ деп саналатын аймақтарда (электр беру желілеріне жақын және тарату желілерінде орналасқан аудандар) өлшеу және бақылау қажет 300 ГГц [ 1 ] және кәсіби сәулелену деп саналатын бөлмелерде (электр трансформаторлық қосалқы станциялардың бөлмелері) сақталуы керек ; дәл осы жерде электромагниттік өрістер тудыратын тәуекелдердің жұмысшыларға әсер етуіне қатысты еңбек қауіпсіздігі мен гигиенасының минималды талаптары туралы қаулысында қамтылған ережелер сақталуы керек [ 2 ].

Электр және магнит өрістерінің адамға әсерін бағалау бүкіл әлемде үлкен қызығушылық тудырады, оны қоса берілген библиографиялық тізімнен көруге болады. Электромагниттік өрістердің адам ағзасына биологиялық әсері олардың тірі организмдерге қауіптілігін ескере отырып, ғылыми және қоғамдық қызығушылықтың тақырыбы болды және болып қала береді; бұл қауіптер [ 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9 ].

Кейбір үйлердің, зауыттардың және мектептердің үстінен өтетін электр желілерінің айналасында және оларға жақын жерде электромагниттік өрісті есептеу жоғары вольтты қосалқы станцияға жақын жерде және аумақта өрісті бақылауды ұсынады.

Электр энергиясын беру және тарату әуе желісі арқылы пайда болатын магнит өрісінің адамға әсер етуі [12] - де зерттеледі, ал [13] Гервенков Болгарияның қалалық аймағында электр желісі ( ОНТЛ) тудыратын электр және магнит өрістерін бағалайды.

С. М. Ганиа в [14] жоғары вольтты станция ішінде шығарылатын электромагниттік өрістер тудыратын ықтимал тәуекелдің аналитикалық және сандық бағасын ұсынады, бұл осы саладағы дизайнерлер мен биомедициналық

зерттеушілер үшін үлкен қызығушылық тудырады. [15] вн станцияларынан электр қондырғыларының жабдықтарына жақын электр және магнит өрісінің таралуын есептеудің аналитикалық және сандық әдістерін ұсынады.

Электр және магнит өрістерінің адамға әсерін бағалау кезінде қолданыстағы стандарттар да үлкен маңызға ие. Осы тұрғыда [16, 17 ] осы саладағы ең көп қолданылатын стандарттар осы бағалауларға қатысатын параметрлерді есептеудің әртүрлі әдістерімен бірге ұсынылған.

Жоғарыда аталған мақалаларда келтірілген аналитикалық, сандық және/немесе эксперименттік әдістермен электр және магнит өрістерінің адамға әсері туралы барлық зерттеулер осы мақалада қарастырылған тақырыптың өзектілігін растайды.

Осыған байланысты, осы жұмыстың негізгі мақсаты - адамға электр және магнит өрістерінің әсерін бағалауға арналған бағдарламалық қосымшаны таныту, енгізу, оған ұялы телефоннан да қол жеткізуге болады.

Кедергі механизмдері

Электромагниттік үйлесімділік өлшеу техникасы үшін маңызды бола түсуде.

Технологиялық прогресс барған сайын кішірек аумақта электрлік және электрондық компоненттердің көбірек шоғырлануына әкеледі. Сонымен қатар, ақпаратты өңдеу құрылғылары мен жетек электроникасының сағаттық жылдамдығы артады. Нәтижесінде қауіп артып келеді, өзара әсер ету және онымен байланысты жұмыс істеудің бұзылуы. Суретте өлшеу сызығына әсер ету мысалы көрсетілген.

Кедергілердің пайда болуы үшін үш шарт түбегейлі орындалуы керек:

- кедергі көзі болуы керек
- кедергі қабылдағышы болуы керек
- олардың арасында өзара әрекеттесу мүмкіндігі болуы керек

Жоғарыда аталған барлық шарттар орындалса да, кедергі экспозиция рұқсат етілген мәннен асқан кезде ғана пайда болады.

Шын мәнінде, тек тұрақты кернеумен немесе желінің айнымалы кернеуімен жұмыс істейтін қондырғы? Суретте әр түрлі сигнал формаларының жиілік спектрлері көрсетілген. Әрбір синусоидалы емес сигнал өзінің негізгі жиілігінен басқа бірнеше туындылардан тұрады.

Әр түрлі электротехникалық және радиоэлектрондық құралдарды кеңінен қолдану олардың қоршаған кеңістікте пайда болатын электромагниттік өрістер деңгейінің жоғарылауына әкеледі. Бұл өрістер басқа ұқсас құрылғыларға кедергі келтіреді, олардың жұмыс істеу жағдайларын нашарлатады және қолдану тиімділігін төмендетеді.

МЕСТ 50397-2011 сәйкес "электромагниттік үйлесімділік" (ЭМС) термині техникалық құралдың берілген электромагниттік жағдайда берілген сапамен жұмыс істеу және басқа техникалық құралдарға жол берілмейтін электромагниттік кедергілерді тудырмау қабілеті ретінде анықталады [1].

"Электромагниттік үйлесімділік" ұғымы техникалық құралдарды күтпеген электромагниттік кедергілердің әсерінен және олардың көздері мен

таралу ортасындағы осындай кедергілердің әлсіреуінен қорғау құралдары мен құралдарына қолданылады.

ЭМС қамтамасыз ету міндеті келесі себептер бойынша Радиотехника, электроника және байланыстағы ғылыми-техникалық прогресс нәтижесінде пайда болды:

- а) радиоэлектрондық аппараттың жалпы санының үздіксіз өсуі-турлар;
- б) барлық игерілген диапазондарда кедергісіз радиоарналардың жеткіліксіз саны;
- в) негізінен индустриялық көздерден болатын кедергілердің жалпы деңгейінің артуы;
- г) радиоэлектрондық аппаратураның функциялары мен құрамының күрделенуі.

Радиоэлектрондық құралдардың (РЭҚ) электромагниттік үйлесімділігін қамтамасыз ету қазіргі заманғы техниканың ең өзекті мәселелерінің біріне жатады, өйткені Электротехника, Электр энергетикасы, Радиоэлектроника және телекоммуникация құралдарын дамыту процесі жаңа құралдарды қолдану нәтижелерінің олардың бірлескен жұмыс істеу жағдайларына тәуелділігін күшейтеді [2].

Кеден одағының техникалық регламентіне сәйкес тр 020/2011 техникалық құрал оны пайдалану кезінде әзірленуі және дайындалуы тиіс:

- а) техникалық құралмен жасалатын электромагниттік кедергілер байланыс құралдары мен басқа да техникалық құралдардың олардың мақсатына сәйкес жұмыс істеуін қамтамасыз ететін деңгейден аспады;
- б) техникалық құрал электромагниттік кедергіге (кедергіге төзімділік) төзімділік деңгейіне ие болды, ол оны қолдануға арналған электромагниттік ортада жұмыс істеуін қамтамасыз етті.

Кеден одағының техникалық регламентінің талаптарына сәйкестігі расталмаған техникалық құрал нарықта айналымға шығаруға жол берілмейді [3].

Әзірленіп жатқан құрылғының ЭМС талаптарына сәйкестігін өлшеу кешенін қолдану арқылы анықтауға болады. Құрылғыларды жобалау кезінде мамандандырылған автоматтандырылған жобалау жүйелерін (АЖЖ) қолдану ЭМӨ проблемаларын дизайнның алғашқы кезеңдерінде анықтауға және құрылғы дизайнындағы қосымша қымбат өзгерістерді болдырмауға мүмкіндік береді.

Бұл жұмыстың мақсаты радиоэлектрондық құралдардың электромагниттік үйлесімділік сипаттамаларын модельдеу болып табылады.

## **1.2 Электромагниттік үйлесімділік**

Электромагниттік үйлесімділікті қамтамасыз ету, яғни электротехникалық, электроникалық және Радиоэлектрондық аппараттар, жүйелер мен қондырғылар электротехникалық бұйымдар тудыратын және

табиғи құбылыстар тудыратын кедергілердің әсерінен мақсатына сәйкес функцияларды орындауға жарамды болатын жағдайға қол жеткізу ғылыми - техникалық прогрестің, демек, экономиканың тұрақты дамуының қажетті шарты болды, қоғамдар мен мемлекеттер. Электромагниттік кедергі жасауға қабілетті және (немесе) олардың әсеріне сезімтал аппараттарды, жүйелерді және стационарлық және жылжымалы қондырғыларды қоса алғанда, кез келген электр және электрондық бұйымдар мынадай түрде жасалуы тиіс, осылайша:

- олардың электромагниттік кедергілері олардың мақсатына сәйкес радио және телекоммуникациялық жабдықтар мен басқа да бұйымдардың жұмыс істеуін қамтамасыз ететін деңгейден аспады;

- бұйымдар электромагниттік кедергілерге өздерінің тұрақтылығының жеткілікті деңгейіне ие болды, бұл олардың мақсатына сәйкес жұмыс істеуін қамтамасыз етті.

Электромагниттік үйлесімділік ұғымы радиотехниканың дамуының басында пайда болды және тар семантикалық мағынаға ие болды – жиілік диапазонын таңдау. Қазіргі уақытта МЭК ЭМС-ті жабдықтың немесе жүйенің белгілі бір электромагниттік ортада оған қандай да бір жол берілмейтін электромагниттік бұзылыс енгізбестен қанағаттанарлық жұмыс істеу қабілеті ретінде анықтайды. Электромагниттік үйлесімділік бұзылады, егер кедергі деңгейі тым жоғары болса, жабдықтың кедергісі жеткіліксіз.

Кедергілерге ұшыраған кезде банк жүйелеріндегі ақаулар тіркелгенге дейін ЭМС мәселесі ұзақ уақыт бойы ойланбады. Бүгінгі таңда адам қолданылатын электр және радиотехникаға тәуелді болғандықтан, ЭМС қамтамасыз ету мәселесі ол үшін өте маңызды болды.

Шартты түрде барлық кедергілерді екі классқа бөлуге болады: табиғи және жасанды шығу тегі.

ЭМС мәселелерін практикалық шешу екі тармаққа жеңілдетілген: электромагниттік жағдайды және жабдықтың шуылға төзімділігін білу және оларды бір-біріне сәйкестендіру. Қазірдің өзінде үлкен зерттеу және практикалық жұмыс жүргізілді, ол, ең алдымен, МЭК, СИСП және т.б. сияқты халықаралық ұйымдарда ЭМС саласында нормативтік базаны құруда көрініс тапты. Әдістемелік база кеңейіп, электромагниттік бұзылулардан барған сайын жетілдірілген қорғаныс құралдары жасалуда.

Ғимараттар мен құрылыстардың скринингтік қасиеттері, кабельдердің ұзындығы мен орналасуы, жабдықтың өзара орналасуы және, ең алдымен, дұрыс орындалған жерге қосу және потенциалды теңестіру жүйелері үлкен маңызға ие. Жобалау және монтаждау жұмыстарын жүргізу кезінде, сондай-ақ импульстік асқын кернеулерден қорғау шараларын жүргізу кезінде объектіні пайдалану кезінде жабдықтың әртүрлі түрлерін, әртүрлі жүйелер мен коммуникацияларды бір-бірінен бөлек қарастыруға болмайды.

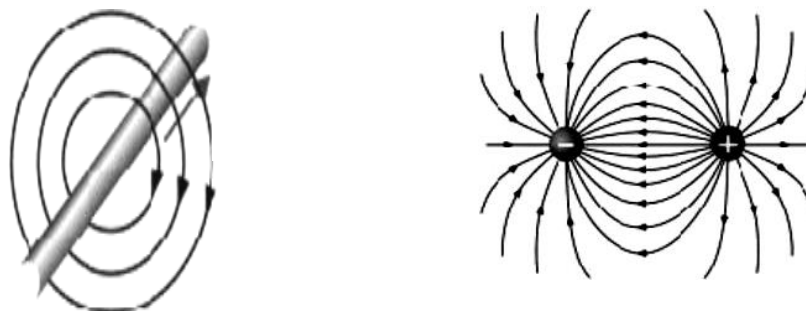
Төмен вольтты желілерге электромагниттік әсерлерден (найзағай, коммутация, радиожиілік және басқалар) туындаған импульстік асқын кернеулер мен кедергілердің пайда болуы Электр қондырғыларының, кабельдердің, тарату қалқандарының істен шығуына ғана емес, сонымен қатар

соңғы жабдықтың зақымдалуына және оның жұмысындағы ақауларға әкеледі. Бұл, ең алдымен, заманауи ғимараттар мен құрылыстардың ақпараттық, телекоммуникациялық және басқа да цифрлық технологиялармен қанықтылығына байланысты, олар импульстік кернеулер мен кедергілерден өте төмен қорғаныс деңгейіне ие. Мұның бәрі тиісті қорғаныс шараларын жүргізу қажеттілігін тудырады.

Жұмыс тәжірибесі көрсеткендей, арнайы қорғаныс құрылғыларын (импульстік асқын кернеуді шектегіштерді) қолданбай, электрмен жабдықтау құрылғыларын сенімді пайдалану мүмкін емес.

### 1.3 Электромагниттік өріс, оның түрлері және жіктелуі

Іс жүзінде электромагниттік жағдайды сипаттау кезінде "электр өрісі", "магнит өрісі", "электромагниттік өріс" терминдері қолданылады. Бұл нені білдіретінін және олардың арасында қандай байланыс бар екенін қысқаша түсіндірейік. Электр өрісі зарядтармен жасалады. Мысалы, эбонитті электрлендірудің барлық белгілі мектеп тәжірибелерінде дәл электр өрісі бар. Магнит өрісі электр зарядтары өткізгіш бойымен қозғалған кезде пайда болады.



1.1 - сурет – Электромагниттік өріс

Электр өрісінің шамасын сипаттау үшін электр өрісінің кернеулігі ұғымы,  $e$  белгісі, В/м өлшем бірлігі (вольт-на-метр) қолданылады. Магнит өрісінің шамасы магнит өрісінің кернеулігімен сипатталады  $H$ , бірлік А / м (ампер-на-метр). Өте төмен және өте төмен жиіліктерді өлшеу кезінде  $v$  магниттік индукция ұғымы жиі қолданылады, Тл бірлігі (Тесла), Тл миллионнан бір бөлігі 1,25 а/м сәйкес келеді.

### 1.4 Электромагниттік өрістің негізгі көздері

ЭМӨ-нің негізгі көздерінің қатарына мыналарды жатқызуға болады:  
- электр көлігі (трамвайлар, троллейбустар, пойыздар, ҰБТ);

- электр беру желілері (қалалық жарықтандыру, жоғары вольтты, ток);
- электр сымдары (ғимараттардың ішінде, Телекоммуникациялар, ҰБТ);
- тұрмыстық электр аспаптары;
- теледидар және радиостанциялар (Антенналарды тарату);
- спутниктік және ұялы байланыс (трансляциялық антенналар);
- радарлар;
- дербес компьютерлер.

Электр көлігі. Электр тартқышпен тасымалдау-электр пойыздары (оның ішінде метрополитен пойыздары), троллейбустар, трамвайлар және т.б. 0...1000 Гц жиілік диапазонында салыстырмалы түрде күшті магнит өрісінің көзі болып табылады. Қала маңындағы электр пойыздарындағы магниттік индукция ағынының максималды тығыздығы 75 мкТл-ге жетеді, орташа мәні 20 мкТл. Тұрақты ток жетегі бар көліктегі орташа В мәні 29 мкТл деңгейінде тіркелген.

Қорғау бойынша ұсыныстар.

Негізгі қорғаныс шарасы-ескерту шарасы:

- өнеркәсіптік жиіліктегі магнит өрісінің деңгейі жоғары жерлерде ұзақ тұруды (күніне бірнеше сағаттан тұрақты) болдырмау қажет;

- түнгі демалуға арналған кереуетті ұзақ сәулелену көздерінен мүмкіндігінше алып тастау керек, аралық шкафтарға, электр кабельдеріне дейінгі қашықтық 2,5 метр 3 метр болуы керек;

- егер үй-жайда немесе іргелес бөлмеде белгісіз кабельдер, тарату шкафтары, трансформаторлық қосалқы станциялар болса-алып тастау мүмкіндігінше мүмкін болуы керек, оңтайлы – мұндай бөлмеде өмір сүрмес бұрын электромагниттік өрістердің деңгейін өлшеңіз;

- қажет болса, электрмен жылытылатын едендерді орнатыңыз магнит өрісінің деңгейі төмен жүйелерді таңдаңыз.

Тұрмыстық электротехника. Электр тогын пайдаланып жұмыс істейтін барлық тұрмыстық аспаптар электромагниттік өрістердің көздері болып табылады. Микротолқынды пештер, аэрогрильдер, жүйесі бар тоңазытқыштар ең қуатты деп танылуы керек. Ас үй сорғыштары, электр плиталары, Теледидарлар. Нақты модельге және жұмыс режиміне байланысты нақты құрылған ЭМӨ бір типтегі жабдықтар арасында айтарлықтай өзгеруі мүмкін. Магнит өрісінің мәндері құрылғының қуатымен тығыз байланысты-ол неғұрлым жоғары болса, магнит өрісі соғұрлым жоғары болады.

Кесте 1.1 - ЭМӨ көзі болып табылатын тұтыну өнімі үшін электромагниттік өрістің шекті рұқсат етілген деңгейлері

Түрлері	Диапазон	Шекті рұқсат етілген деңгейлері	Өлшеу шарттары
Индукциондық пештер	20...22 кГц	500 В/м 4 А/м	Ара қашықтық 0,3 м корпуста
СВЧ пештер	2,45 ГГц	10 мкВт/см <sup>2</sup>	Ара ұашықтық 0,50 ± 0,05 м

			от
Видеодисплейли терминал ПЭВМ	5 Гц...2 кГц	$E_{ПДУ} = 25 \text{ В/м}$ $V_{ПДУ} = 250 \text{ нТл}$	Монитор ара қашықтығы 0,5 м
	2...400 кГц	$E_{ПДУ} = 2,5 \text{ В/мВПДУ}$ $= 25 \text{ нТл}$	
		$V = 500 \text{ В}$	Монитордан ара қашықтығы

Найзағай разрядтары (найзағай) – табиғи шығу тегі күшті электромагниттік кедергілердің ең көп таралған көзі [1, 5]. Шамамен есептеулер бойынша жер бетіне секундына жүзге жуық найзағай түседі. Айналадағы заттарға, электр құрылыстарына, байланыс құралдарына, РЭҚ-қа, найзағайдың тірі табиғатына қолайсыз әсер етеді:

- электростатикалық;
- электромагниттік;
- динамикалық;
- термиялық;
- биологиялық.

Найзағайдың соғуы көбінесе адам өліміне әкеліп соғады және үлкен материалдық зиян келтіреді.

Найзағай-өте үлкен ұшқын ұзындығындағы газ разрядының бір түрі. Найзағай арнасының жалпы ұзындығы бірнеше шақырымға жетеді. Найзағайдың көзі-көлемді оң және теріс зарядтардың жиналуын алып жүретін найзағай бұлтты. Бұлтта әр түрлі полярлықтағы осындай көлемді зарядтардың пайда болуы (бұлттың поляризациясы) қарқынды ауа ағындарының әсерінен бұлттағы оң және теріс ылғал тамшыларында жылы ауа ағындарының су буының салқындауына байланысты конденсациямен байланысты.

Бұл зерттеудің тұжырымдамасы осы станциялардағы электр және магнит өрістерінің адамға әсерін бағалау үшін электр қосалқы станцияларын жаңартуға қатысатын жеке компаниялардың өсіп келе жатқан қажеттіліктерінен туындайды. Сонымен қатар, біз ӘЖ қиылысатын қалалық жерлерде электр және магнит өрістерін бағалау туралы жылдар бойы бізге келіп түскен сұраныстарды елемеуге болмайды. Электр және магнит өрістерінің адамға әсерін бағалау процесінде біз электр және магнит өрістерінің жоғары мәндерін бірнеше рет өлшедік және өлшенген мән нақты ма, әлде өлшеу қателігі ме, әлде сынақ аймағына жақын құрылғылар/көздер шығаратын басқа электромагниттік өрістер бар ма деп ойладық. Бұл өлшенген мәндерге жер асты кабельдерінің болуы, метеорологиялық факторлар, сондай-ақ 50 Гц өнеркәсіптік жиілікте жұмыс істейтін басқа құрылғылар әсер етуі мүмкін.

Бұл сұраққа жылдам жауап беру үшін, далада, электромагниттік үйлесімділік (ЭМС) сынақтары жүргізілген жерде, біз электр және магнит өрістерін анықтауға арналған бағдарламалық жасақтаманы жобалау және

әзірлеу пайдалы болар еді деп ойладық. төмен жиілікте және бұл қолданба тіпті ұялы телефоннан да оңай қол жетімді болуы керек; осылайша EMF қолданбасы дүниеге келді.

Тарату және тарату электр желісі арқылы құрылған электр және магнит өрісін есептеу модулі

EMF бағдарламалық жасақтамасы электр потенциалын, электр өрісінің кернеулігін және электр беру және тарату желілеріне жақын магниттік индукция мәндерін анықтай алатындай етіп жасалған. Осы қосымшаны әзірлеу, тұжырымдамалау және іске асыру үшін, ең алдымен, электромагниттік өрісті есептеудің аналитикалық модулін жасау қажет болды.

Өткізгіштер мен шиналар маңындағы жоғары немесе өте жоғары кернеудегі электромагниттік өріс Еуропада 50 Гц мәнімен (өнеркәсіптік жиілік деп аталады) төмен жиілікте уақыт бойынша өзгереді; осылайша өрістің толқын ұзындығы 6000 км құрайды. мұндай толқын ұзындығының практикалық салдары электромагниттік өрістің сәулелену қасиеттерін елемеуге болатындығы болып табылады. Осы тұрғыдан алғанда, төмен жиілікті электромагниттік өріс пен жоғары жиілікті электромагниттік өрістің айырмашылығы микротолқындарды, радарларды немесе радиотолқындарды анық байқауға болады. Сәулеленген организмдердің сипаттамалық өлшемдерінен едәуір асатын толқын ұзындығы және тері-биологиялық ортадағы осы өлшемдерден асатын өріс тереңдігі сызықтық ортада квазистационарлық электромагниттік өріс теориясын қолдануға мүмкіндік береді. Максвелл теңдеулерінің шешімдерін жуықтауды нақты жағдаймен салыстырғанда өте аз қателікпен ( $2 \times 10^{-6} \%$ ) жасауға болады, егер бұл теория ЭЖ-ден 100 м дейінгі өрістерді анықтау үшін қолданылса. [ 27 , 28 , 29 ].

Осылайша, жоғарыда келтірілген идеялардан және қызығушылық саласында әдебиеттерді зерттеуден анық , ЭЖ құрған электромагниттік өрісті бағалау кезінде электромагниттік өрістің стационарлық жұмыс режимі қолайлы болып саналады, сондықтан электр ал магнит өрістері дербес талданады және өңделеді.

Бұл тұрғыда келесі жұмыста әуе жолы маңында пайда болатын электр және магнит өрістерін аналитикалық және сандық анықтау үшін қолданылатын аналитикалық өрнектер мен енгізілген алгоритмдер ұсынылады.

EMF бағдарламалық жасақтамасы

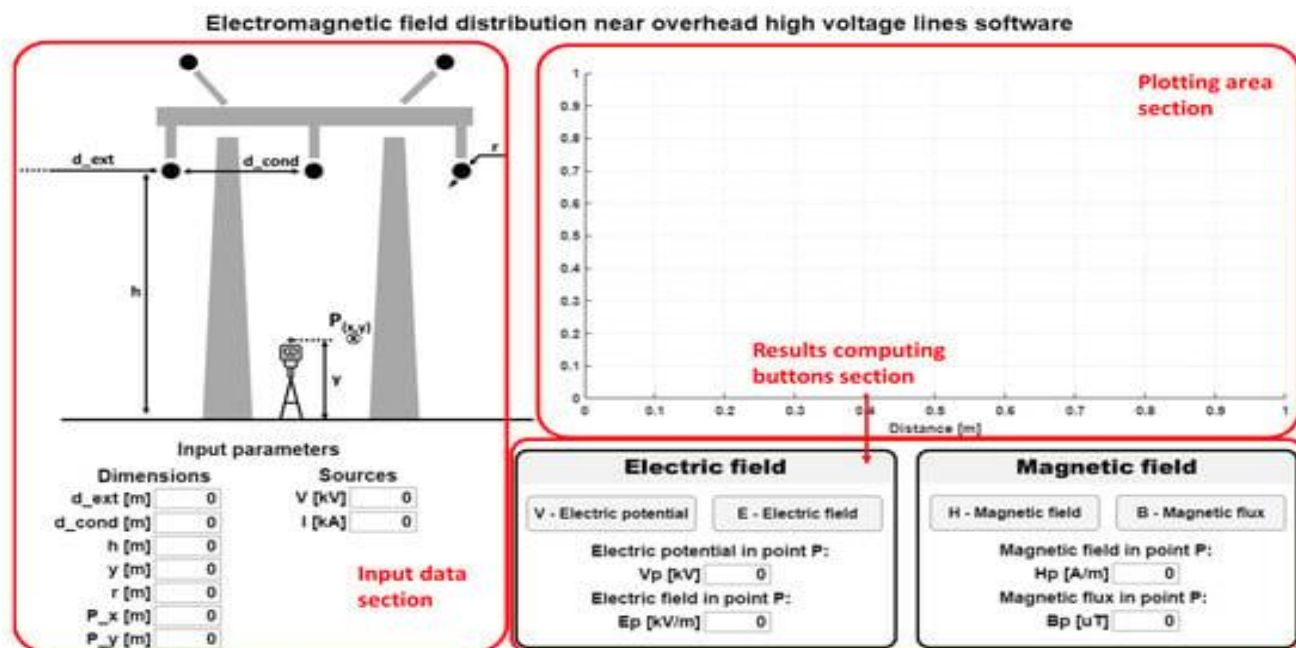
ЭҚК деп аталатын электр және магнит өрістерінің адамға әсерін бағалауға арналған бағдарламалық қосымша электр потенциалын (V), электр өрісінің кернеулігін (E), магнит өрісінің кернеулігін (H), сондай-ақ магниттік индукцияны ( B) нүктелерде де, есептеу/өлшеу жолында да анықтауға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, EMF бағдарламасының көмегімен біз есептелген мәндерді 1D немесе 2D форматында көрсетуге мүмкіндік беретін екі полюстің арасындағы электр және магнит өрісінің таралуын ала аламыз.

Электр және магнит өрісін анықтау әр түрлі 1ea конфигурацияларына бейімделген сандық түрде жүзеге асырылады; бұл оның геометриялық параметрлерін (қашықтықтар, биіктіктер, қималар, есептеу нүктелерінің



координаттары және т.б.) және электр параметрлерін (электр кернеуі, электр тогы) пайдаланушылар оңай өзгерте алатындай етіп жасалады. Есептеу алгоритмі (артқы жағы) Python 3.11 бағдарламалау тілінде орындалады және жоғарыдағы тармақтарда берілген аналитикалық есептеу өрнектеріне негізделген. Python 3.11 бағдарламалау тілі таңдалды, өйткені оның пайдаланушыларына скалярлық және векторлық есептеулерге арналған математикалық функциялары бар көптеген кітапханалар, сондай-ақ нәтижелер мен кейінгі өңдеудің графикалық көріністерін жасауға арналған көптеген пайдалы кітапханалар бар.

Әзірленген бағдарламаның графикалық интерфейсі бірдей бағдарламалау тілін қолданады. Деректер әріптік-сандық ұяшықтардан алынады, онда зерттелетін модельдің егжей-тегжейлері енгізіледі. Енгізілген деректер әр параметрге сәйкес келетін айнымалыларда сақталады. 2-суретте көрсетілген әзірленген бағдарламаның графикалық интерфейсінде терезенің сол жағындағы бөлімді бөлуге болады; бұл талданатын жобаға қатысты деректерді енгізуге арналған.



1.2 - сурет – EMF бағдарламасының интерфейсі.

- ӘЖ өткізгіштері арасындағы қашықтық;
- Өткізгіштердің жерден биіктігі;
- Есептеулер жүргізілетін биіктік;
- Өткізгіш радиусы;
- Өткізгіштердің сыртынан талдаулар жүргізілетін қашықтыққа дейінгі қашықтық;
- Өткізгіштердің кернеуі;
- Үш өткізгіш арқылы өтетін электр тогының қарқындылығы.

Терезенің оң жағында электрлік параметрлерді өзгерту графиктерін көрсету бөлімін, сондай-ақ әрекет түймелері бөлімін және есептелген мәндерді нүктеде көрсетуге болады. Есептеуді кез-келген батырманы басқан кезде қайталауға болады, сондықтан бағдарлама терезесін жабу қажет емес.

Бұл бағдарламаға Ұялы телефоннан да қол жеткізуге болады, бұл өте пайдалы, өйткені оны далада, эксперименттік өлшеулер мен ЭМС сынақтары кезінде де қолдануға болады. Іс жүзінде ЭҚК бағдарламасы екі есептеу модулін қамтиды: біреуі ӘЖ өткізгіштері тудыратын электр өрісінің электрлік потенциалы мен кернеулігін бағалауға мүмкіндік беретін электр өрісін анықтауға арналған, екіншісі магнит өрісін, дәлірек айтқанда, ӘЖ өткізгіштері тудыратын электр өрісінің кернеулігін анықтауға арналған. магнит өрісінің қарқындылығы және магниттік индукция.

ӘЖ құратын электр өрісін есептеу алгоритмі

Осыдан кейін EMF бағдарламасына біріктірілген математикалық модельдің тиімділігін бағалау үшін нақты жағдайға талдау жасалды. EMF бағдарламасынан алынған нәтижелер бұрын расталған өлшемдермен және ұқсас математикалық модель қолданылған әдебиеттерде қол жетімді сандық есептеулермен салыстырылды [ 30]. Бұл салыстыру EMF бағдарламасына біріктірілген математикалық модельдің пайдалылығы мен дәлдігін анықтады, бұл осы саладағы соңғы зерттеулермен расталады. [ 30] - де келтірілген зерттеу мысалында бастапқы кірістер келесідей қарастырылады:

- сымдардың жерден биіктігі (сызықтардың салбырауына дейін),  $h = 11,2$  м;

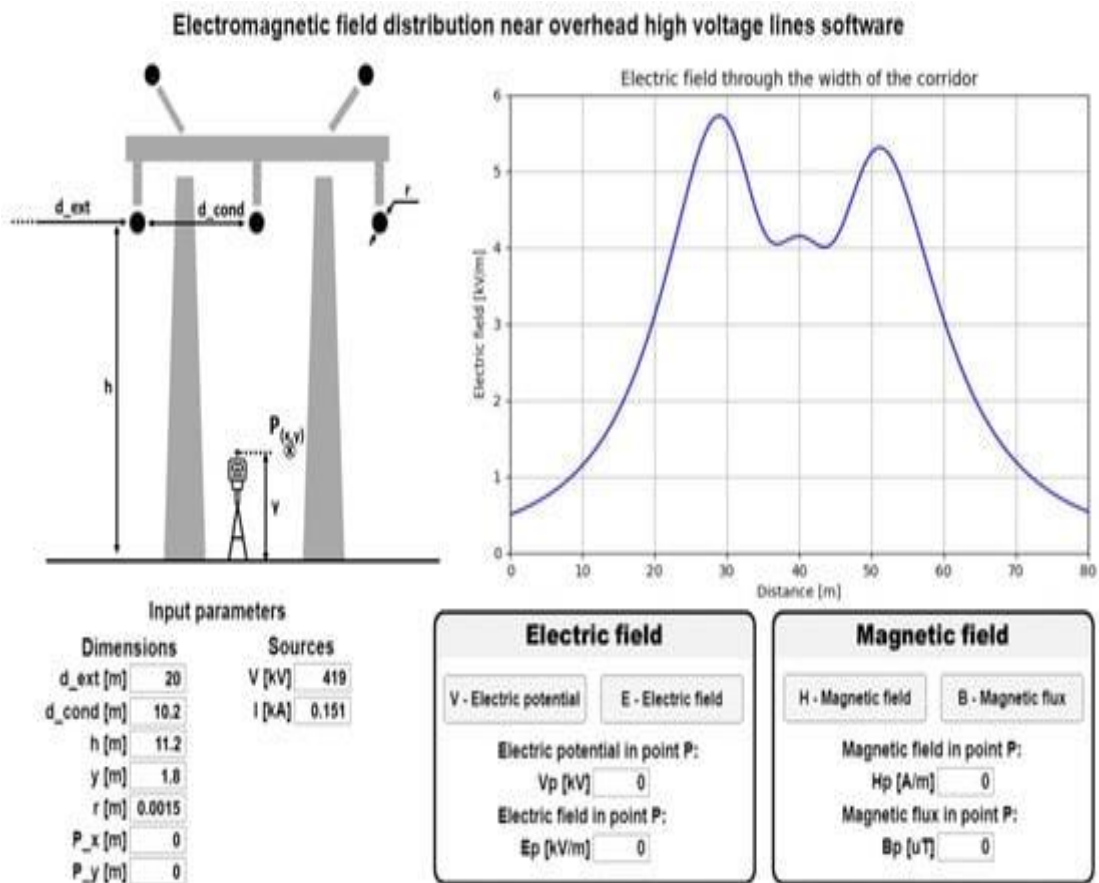
-  $D_{cond}$  өткізгіштері арасындағы қашықтық = 10,2 м;

- есептеу нүктесінің биіктігі  $P, y = 1,8$  м;

-  $V$  фазадағы номиналды кернеу  $U = 419$  кВ;

-  $I$  фазаның номиналды тогы  $N = 151$  А.

Электромагниттік өрісті есептеу ӘЖ дәлізінің бүкіл еніне, дәліздің бойлық осінің екі жағында 40 м қашықтықта орындалады. Бұл деректер EMF бағдарламасына енгізілді және 3-суретте осы жағдай үшін электр өрісінің таралуы көрсетілген.



1.3 - сурет –  $f = 50$  Гц-тен алынған жоба үшін алынған электр өрісінің таралуы

1.3-суретте ЭҚК есептеу бағдарламасы арқылы алынған электр өрісінің таралуы және алынған электр өрісінің таралуы қабаттасады. Мәндердің екі жиынтығын салыстыра отырып, EMF бағдарламасында жүзеге асырылатын электр өрісін есептеу алгоритмі әдебиетте расталғанға тең мәндерді қамтамасыз ететінін байқауға болады.  $Y = 0$  координатасының айналасындағы  $E$  электр өрісінің мәндері арасындағы айырмашылық ультрадыбыстық құралдың көмегімен биіктікті өлшеу кезінде өткізгіштің биіктігін өлшеу қателігіне байланысты болуы мүмкін [4].

## **2 Жабдықты найзағайдан қорғау найзағай кезінде жабдықтың істен шығуының негізгі себептері**

Найзағай бұлтында жинақталған қозғалмайтын зарядтардың әсерінен кабельдер мен аппаратурада статикалық электр энергиясының пайда болуы.

Әуе желілері статикалық зарядтардың әсеріне ұшырайды. Сонымен қатар, қыста және жазда құрғақ ауа-райында "құмды боран" деп аталатын уақытта айтарлықтай заряд жиналуы мүмкін.

Қорғаудың негізгі әдісі-экранды және (немесе) өткізгіш траверсті жерге тұйықтау арқылы статикалық электр қуатын бұруды қамтамасыз ету және разрядтау кабелінің екі ұшына орнату. Мұнда бірінші кезекте жерге тұйықтаудың дұрыстығы және разрядтауыштардың сенімділігі шығады, оларға айтарлықтай тоқты бұру бойынша жоғары талаптар қойылады.

Кабельдік жүйеде найзағай разрядтарынан туындаған қуатты электр өрісінің әсерінен пайда болатын Жоғары кернеу импульстарын бағыттау.

Жерге қосу құрылғыларының әлеуетін өзгерту. Ол найзағай жер бетіне жақын түскенде пайда болады. Аппаратураның істен шығуының негізгі себебі - бір-бірінен едәуір қашықтықта орналасқан жабдықтың жерге тұйықтау шиналарындағы әлеуеттердің үлкен айырмашылығы.

### **2.1 Коаксиалды кабельдерді қорғау**

Егер сіз коаксиалды кабельдің орталық өзегі мен экранын қысқартып, оларға найзағай разрядында пайда болатын импульс берсеңіз, онда екінші жағында индуктивтіліктің аздығына байланысты алдымен бірдей амплитудалық импульс пайда болады, бірақ скринингтік өткізгіште ұзақтығы аз, содан кейін импульс шамамен жарты амплитудасы, бірақ орталық ядрода ұзағырақ. Бұл жағдайда әр импульстің энергиясы кіріс импульсінің энергиясының жартысына тең болады, ал бастапқы сәтте орталық тұрғын үй мен экран арасындағы дифференциалдық кернеу кіріс импульсінің амплитудасынан да асып кетуі мүмкін.

Ұқсас процестер антеннадан қабылдағыш аппаратураға дейін төмендеу кабеліндегі найзағай разрядтары кезінде орын алады. Кабельдің үлкен ұзындығында Орталық тұрғын үй мен экран арасындағы кернеулер кез-келген жабдықты істен шығару үшін жеткілікті мөлшерге жетуі мүмкін, бұл арнайы қорғаныс құрылғыларын қолдану қажеттілігін тудырады. Сондай-ақ, процестің сипаттамасынан қысқа кабельмен қосылған кезде тұрақты токпен жабылған антенналар найзағайдан қорғауды қажет етпейтіні шығады.

Антенна кабельдерін найзағай разрядтарынан және ядролық жарылыстың электромагниттік импульстарынан қорғау үшін найзағайдан қорғау құрылғылары (UGZ) қолданылады. UGZ-ге қойылатын негізгі талап-толқындық кедергі, оның стандартты мәндері 50 немесе 75 Ом. Екіншісі тек тапсырыс бойынша шығарылады және жеткізіледі.

## 2.2 Қуатты радио таратқыштар

Радиоэлектрондық құралдар ЭЭМ-нің қолайсыз әсер ету объектілері ғана емес, олардың көздері де болуы мүмкін (мысалы, радио таратқыштар). Бұл ретте олар радиожилікті жою жүйесі ретінде пайдаланыла ма, яғни ұйымдасқан кедергілерді жасау ма, әлде бұл кедергілер тікелей РЭҚ жұмыс істеуі нәтижесінде жасалады ма, олардың электромагниттік кедергілердің көздері ретіндегі негізгі қасиеттері бірдей болып қалады.

Қуатты радио кедергілер ондаған герцтен ондаған гигагерцке дейін, жиілік диапазонын қамтиды және амплитудасы мен жиілігі бойынша модуляцияланған гармоникалық сигналдар болып табылады [3, 4].

Әдетте, кез - келген РЭҚ-тың қуатты электромагниттік сәулеленуінің негізгі көздері қоршаған кеңістікке электромагниттік энергия ағынын бағыттайтын немесе бағыттайтын антенна болып табылады. Радиолокациялық станциялардың антенналары (радиолокациялық станциялар) осыған байланысты Қуатты сәулеленудің ең қауіпті көздері болып табылады, өйткені олар электромагниттік энергияны белгілі бір бағытта шоғырландыру қасиеттеріне ие (он мыңға жуық мәндерге жететін жоғары бағытталған әсер ету коэффициентіне ие).

## 2.3 Антенналардың электромагниттік сәулеленуі

Электромагниттік өрістің негізгі сипаттамалары оның көзімен, қоршаған ортамен және көзден бақылау нүктесіне дейінгі қашықтықпен анықталады. Осыған сәйкес электромагниттік өріс бар антеннаны қоршаған кеңістік сәулеленудің жақын, аралық және алыс аймақтарына бөлінеді. Бағытталған антеннаның жанында,  $r < \lambda/2\pi$  болғанда, өрістің қасиеттері көздің сипаттамаларымен және одан қарастырылып отырған аймаққа дейінгі қашықтықпен анықталады. Егер антеннада рамалық антенналарға тән үлкен ток пен төмен кернеу пайда болса, жақын өріс негізінен магнитті болады.

$$E/H = 120\pi (2\pi r/\lambda),$$

мұндағы:

- E және H-антеннаны қоршаған кеңістіктегі электр және магнит өрістерінің кернеулігі;
- r-антеннадан бақылау нүктесіне дейінгі қашықтық;
- $\lambda$ -сәулелену өрісінің толқын ұзындығы.

Антенна үшін түйреуіш немесе жердің үстінен созылған сым түрінде төмен ток пен үлкен кернеу тән. Бұл жағдайда антеннаға жақын өрістің электрлік компоненті магниттіктен әлдеқайда жоғары.

$$E/H = 120\pi (\lambda/2\pi r), \quad (2.1)$$

Сонымен, жақын аймақтағы сымды сәулелендіру үшін  $E$  және  $H$  өрістері

$$E = I / 2\pi\epsilon_0 r^3; \quad H = I / 4\pi r^2, \quad (2.2)$$

мұндағы  $I$ -сымдағы ток (антенна);  $l$ -оның ұзындығы.

$$E = I / 2\pi\epsilon_0 r^3; \quad H = I / 4\pi r^2, \quad (2.3)$$

Жақын аймақ  $r < \lambda / 2\pi$  қашықтыққа таралатын көп бағытты антенналардан айырмашылығы, айна диаметрі бар кең таралған айна антенналары үшін  $D$  сәулеленудің негізгі максимумындағы жақын аймақ шекарасы қашықтықпен анықталады

#### **2.4 Жылжымалы радиобайланыс желілеріндегі электромагнитті сәйкестік**

МЕСТ Р-50397-92 сәйкес радиоэлектронды құрылғылардың (РЭҚ) электромагнитті сәйкестігі (ЭМС) қолдану уақытында басқа РЭҚ радиобөгеулдерінің әсер етпеуі – бір уақытта функционерлеуді ұсынатын РЭҚ қасиеті. Теміржол көліктерінде радиотолқындарды рефракция мен шағылысуға әкелетін қанық және тығыз теміржол станция үшін радиоэлектронды құрылғылар, жоғарғы деңгейлі электрлік кедергілер мен металлдық өріс қоршайды. Радиоқабылдағыш құрылғының сезімталдылығын толық мөлшерде ұйымдастыруға жоғарғы деңгейдегі кедергі мүмкіндік бермейді. Кедергілік дабылдың спектралдік құрамы жоғарғы жиілікке 6 дБ/октава жылдамдықпен иіледі. Бұл процесс дециметрлік радиотолқындардың байланыс құрылғыларының дамуының талпынуын түсіндіреді. Бірақ теміржол станция жағдайларында жақын орналасқан радиоқұрылғылардың көп болуы радиостанциялардың өзара әрекеттесуін бірінші қатарға қояды. Бұл радиоқабылдағыштың негізгі және қосымша қабылдау каналына жіберушінің негізгі және қосымша сәуленуінің әсері. Радиосәуленуінің әсерінің әдістері мен жолдарының бірнеше түрлерінен теміржол көлігі ЭМС камтамасыздандыру үшін негізгі және маңызды мәселелерін қарастыруға болады:

1. Бір жиілікте жұмыс жасайтын радиостанциялардың өзара жұмысын камтамасыздандыру үшін координатық қашықтығын анықтау.
2. Әр түрлі жиілікте жұмыс жасайтын, бірақ жақын орналасқан радиостанция антеннасының бұғаттаудан арылту үшін ең аз керекті кеңестіктік беруді анықтау.
3. Радиостанция арасындағы қашықтықты азайту үшін жан-жақты бағытталған және жан-жақты поляризацияланған антенналарды қолдану.
4. Радиобайланыс станцияларында интермодуляциядан бөгеулдерді

алдын-алу үшін сәйкестендірілген жұмыс жасайтын жиіліктердің торын жоспарлау.

Қазақстан теміржолында жиіліктік ресурсын қолдану шартымен анықталатын, нормативті құжаттар мен әртүрлі қызметтер арасында жиілік анықтайтын Мемлекеттік радиожіліктер бойынша комиссиясымен станциялар арасындағы радиожелілер жобалынады.

Әрбір станцияда ЭМС қамтамасыздандыру жобалаудың мақсаты болып келеді. Жиілікті жобалау келесі түрде болады.

Жиіліктік-аймақтық жоспар бойынша теміржолдың нақты ауданында қолданатын дуплексті пойыздық ПРС-Д радиобайланысының жиіліктік тобының нөмірі анықталынады. Пойыздық симплексті және ремонтты-оперативті радиобайланысының (ПРС-С, РОРС-Л и РОРС-В) жиіліктік тобының нөмірі ПРС-Д нөмірімен сәйкес келуі керек.

Станциядағы радиожелілерге байланысты есептік кестеде нақты бір станцияға келетін ПРС-С, РОРС-Л, РОРС-В, СРС жиіліктерін қамтитын сәйкес жиілік тобы (СЖТ) таңдалынады. Сонымен қоса станциялық лакомативтер мен станцияның техникалық жұмыскерлерінің радиостанциялық жиіліктері таңдалынады.

Өзара бұғаттау болдырмау талаптарынан келе таңдалған СЖТ үшін радиоқұрылғылар арасында кеңестіктік берулер есептелінеді. Тасушы радиостанциялар арасындағы қашықтықты ескере отырып жіберуші қуаты мен қондырылатын стационарлы радиостанция антенның биіктігі есептелінеді.

Станция жиілігін жобалау кезде дециметрлік және гектометрлік диапазондағы толқындық поезддық радиобайланыс арнасына интермодуляциялық әсерлердің пайда болуын болдырмау керек. Сондықтан бір станцияға келесі жиіліктер қолданған жөн:

1. Метрлік диапазон 2125 кГц берумен;
2.  $f_1 + f_2 = f_3$  түрдегі кедергі тудыратын;
3. РС-Д радиостанцияның дуплексті қабылдау арнасының жұмыс жасайтын негізгі жиілігімен сәйкес келетін;
4. 153 525 кГц жиілікті қабылдау  $f = 307 050$  кГц болғанда және 153 550 кГц жиілікті  $f = 307 100$  кГц кезінде;

12 Вт қуатпен жұмыс жасайтын стационарлы радиостанция антеннаарасы 15 м-ден аз болмауы тиіс. Сонда ең аз жиіліктік беру (ЕАЖБ) 0,8-0,9 МГц тең болады.

Радиоқұрылғылардың арасындағы жиіліктік беру 1 МГц болған жағдайда ең аз рұқсат етілген қашықтық (ЕРҚ) 300 м-ден аз болмауы тиіс. Маңызды кедершілердің деңгейін, сонымен қоса басқа да радиоэлектронды құрылғылардың мүмкін әсерлерін ескерсек стационарлы қабылдағыш пен тасушы радиостанцияның шумбасушы деңгейін 0,9-1,1 мкВ қою керек.

Егер бір қызметтік мекемеде бірнеше командирлер орналасса және де әрбіреуі өзінің радиожелісімен жұмыс жасаса, онда стационарлы радтостанция арасындағы әсерлі болдырмау үшін әрбіреуіне екі антенна, яғни жіберуші және қабылдаушы қолдану керек.

Радиостанция орналасқан жерде барлық жіберуші антенналарды орналастырған жөн. Нақты есептеулерден соң,  $L_{доп}$  ескере отырып қабылдаушы антенна қашықтықта, арнайы мачтада орналастыру керек. Екі антенналық кірісі бар УПП-2-2 қабылдау –жіберуші стационарлы радиостанция РС-23-пен комплекстену керек. Радиостанцияны қысқы уақытта жылытатын электроқыздырғышы бар арнайы контейнерде орналастыруға болады.

Бағытталған антенналар мен РС-23 радиостанцияның төмендетілген қуат режимін қолдана отырып радиоқұрылғылардың арасындағы әсерлерді азайтуға болады. Егер де өшуліктің мәнін азайту керектігі туып тұрса, онда антенна фидерге РК-50-17-51 және РК-50-13-51 типті тұрақты аз өшулікті коаксиалды кәбел қолданылады. ЭМС мәселесі бір теміржол станциясында жұмыс жасайтын РЭҚ арасында жиіліктік, кеңестіктік және радиостанция антенналары арасындағы бағытталған берулер арқылы шешіледі.

Кедергі жасап тұрған радиостанциядан қабылдағыштың кірісіне түскен дабыл деңгейі жіберілетін кедергі дабыл деңгейі қкмегімен аспаған жағдайда радиостанцияның жақсы жұмысы қамтылады. Кернеудің шекті мәні қабылдағыштың нақты әсерге қорғаныс параметрлерімен анықталынады. Егер радиостанция антенналары бір-біріне жақын орналасса (30м дейін), онда бөгет дабыл деңгейі кедергі жіберушінің шығыс дабыл деңгейімен және антенна арасындағы электромагнитті өріс сенімділігінің көмегімен анықталынады. Координациялық қашықтық деп кедергісіз бір жиілікте жұмыс жасайтын радиостанция антенналар арасындағы жіберілетін ең аз қашықтық.

УПП-2 қабылдағыш жиілігімен сәйкес келетін, жіберілетін кедергі дабыл деңгейі:  $U_{кед.жіб.} < -10\text{дБмкВ}$  (0,3 мкВ). Мұндай жағдайда кіріс дабыл деңгейінде шумбасқыштың жұмысы керек етілмейді.

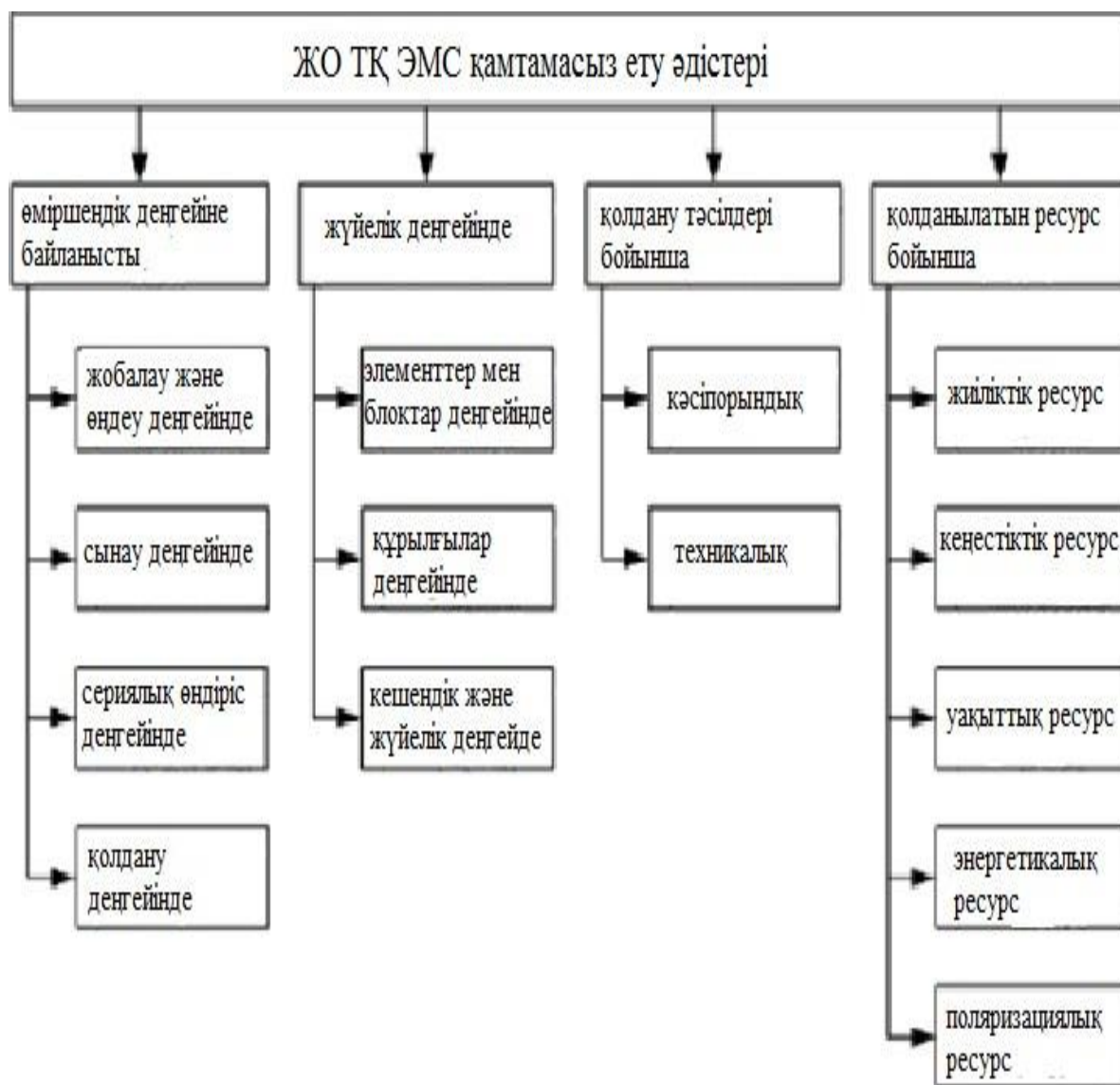
## **2.5 ЭМС қамтамасыздандырудағы жылжымалы объектілердің техникалық құрылғыларын рационалды орналастыру әдістемесі**

Жылжымалы байланыстың дамуына байланысты ақпарат алмасудың барлық түрлерімен қамтамасыздандыруда жаңа талаптар сұралынғандықтан қабылдау, жіберу және ақпаратты өңдеуге арналған жылжымалы объектілердің (ЖО) құрамындағы техникалық құрылғылардың (ТҚ) өсуіне әкеледі. Техникалық құрылғы РЭС, есептеу техника құрылғысы, электронды автоматика құрылғысы, электротехникалық құрылғы, сонымен қоса өндірістік, ғылыми және медициналық құрылғы бола алады. Дегенмен жылжымалы объектілерде техникалық құрылғылардың концентрациясының өсуі объектілік ЭМС қамтамасыздандырудың қиындығын тудырады. Бір жағынан ТҚ сапалық мүмкіндіктерін санының өсуімен салыстырғанда, екінші жағынан оның меңгеру шапшандылығын жиіліктік ресурс қажеттілігімен салыстырғандағы объектілік ЭМС қамтамасыздандырудың өзекті мәселесі болып келеді.

ЭМС мәселелерін техникалық және ұйымдастыру шараларын қолдана отырып шешуге болады (1.1 сурет). ЭМС сұрақтар ЖО құрамындағы ТҚ



қолдану және жобалаудан бастап құрастыруға дейінгі бөлімдерінде қарастырылуы керек. РЭҚ зерттемелер соңында күрестің қолжетімді шарасының терімі кедергілермен азаяды, ал оның құны өседі. ЖО жобалаудағы бастапқы кезеңдегі әсер етуші кедергілерден арылу экономикалық тұрғыдан және басқа да жақсы нәтижелер береді. ЖО жобалау кезінде уақытында қолданылғын шаралар қарастырылмаған кедергілер әсерінен туатын көптеген потенциалды қиындықтан айналып өтуге мүмкіндік береді.



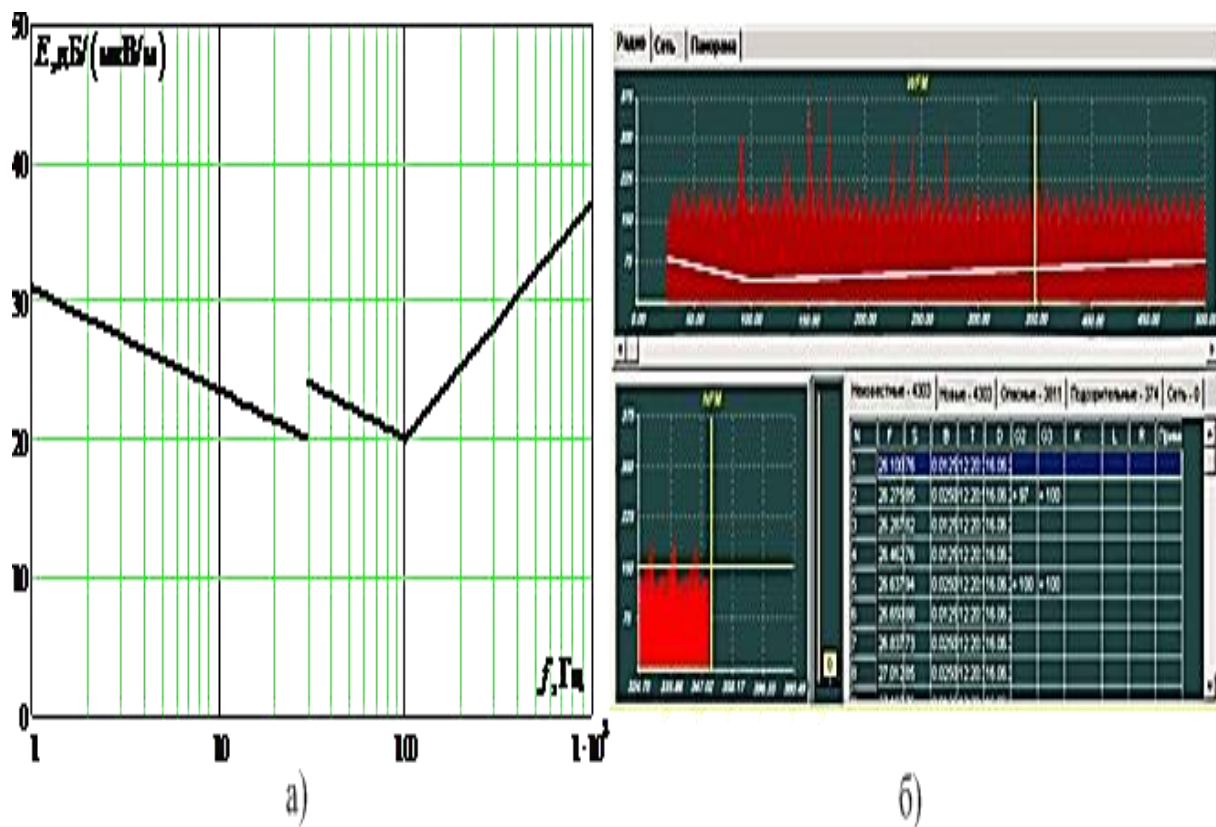
2.1 - сурет – Жалпыланған ЖО ТҚ ЭМС қамтамасыз ету әдістерінің классификациясы

Нормативтік құжаттарда ЖО-ның ТҚ үшін экзemplярылық стендінің тексерісі кезіндегі электромагнитті кедергі (ЭМК) кернеуінің шекті мәні бекітілген (1.2а сурет). ЖО ТҚ концентрациясының үлкейту нәтижесінен ЭМС қамтамасыздандыруды қиындататын қарастырылмаған кедергілер деңгейі өседі

(1.26 сурет).

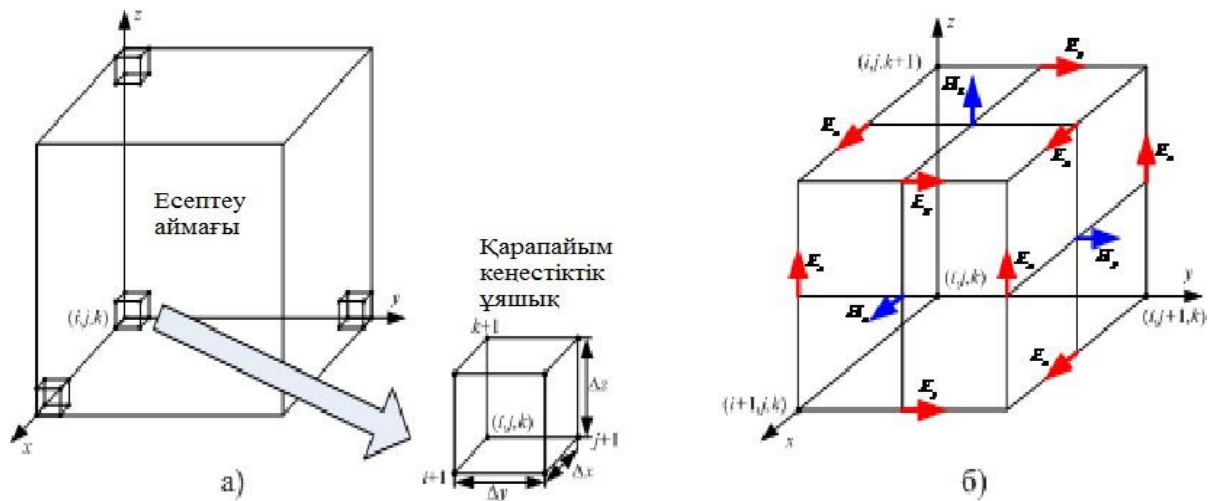
Күрделі геометриялық шектік шарттар есебімен және жақын аймақ сәулеленуінің электромагниттік өріс кернеуін есептеу қажеттілігі ТҚ өзара әсерлесу моделін жасау үшін уақыттық аймақтағы ақырғы беру (УААБ) әдісі сәйкес келеді. Бұл әдіс Максвеллдің теңдеуін бөлшектеп есептеу мен кеңестіктік және уақыттық туынды электрлік және магниттік өріс орнына орталық – беру жақындығын өолдануды ұсынады. Бір уақыттық интервалда, есептелінетін аймақ бөлігінде үзіліссіз ЭМК дискретті түрде ұсынады.

Әдістің нақтылығы кеңестіктік ұяшық пен толқын ұзындығының мөлшерлерінің қатынасымен анықталады. 1/60 толқын дискретизациясы кезінде ақау 7% аспауы тиіс. Қолданылатын әдіс дұрыстығы қарапайым дипольмен электромагниттік өріс сәулеленуінің моделдеуіне байланысты тесттік есеп шешімінің нәтижесімен расталынады. (1/80) толқын дискретизациясының аз көлемінде, тұрақты тербелістер режимінде аналитикалық және бөлшектік нәтижелер айырмашылығы 4% аспайды.

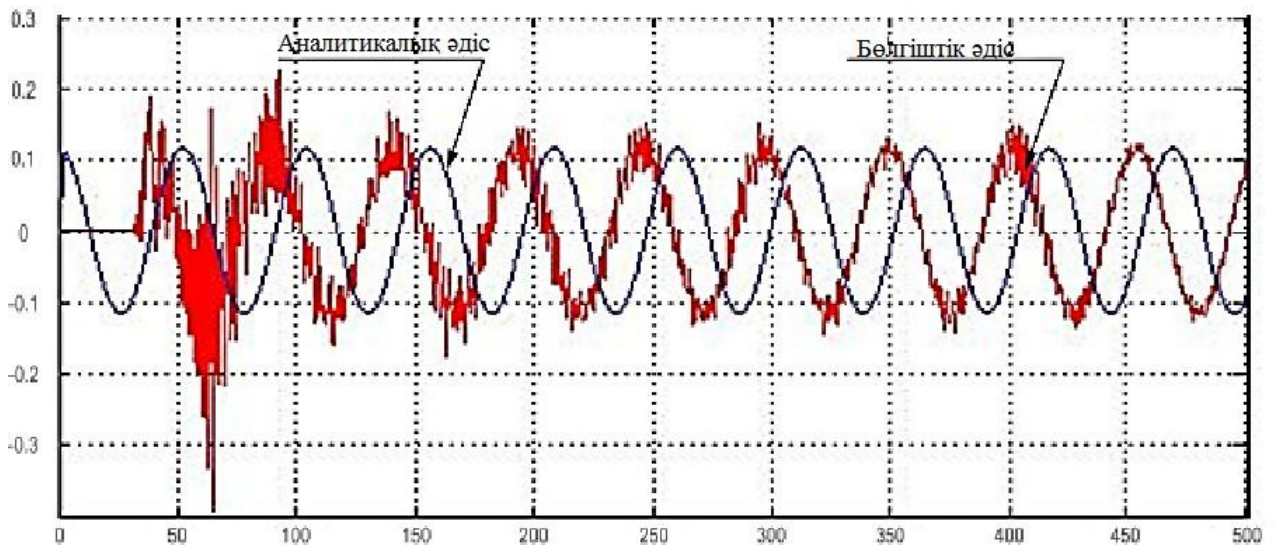


2.2 - сурет – Электромагнитті кедергінің деңгей көрсеткіші

- а) жылжымалы объекттерде орналасқан техникалық құрылғылардан келген электромагнитті кедергінің максималды деңгейі;
- б) техникалық құрылғыларфункционерлеу кезіндегі жылжымалы объекттегі электромагнитті кедергі деңгейі



2.3 - сурет – Уақыттық аймақтағы ақырғы беруінің үшөлшемді ұяшығы мұндағы: а) декартты координат жүйесінде; б) электромагнитті өріс құраушылау проекциясы



2.4 Сурет – Нақты сәулелендіргіштің аналитикалық есептеу мен сәуленің бөлгіштік моделдеу әдісі

Нақты сәулелендіргіш орналасқан және металл қабырғалары бар корпуста техникалық құрылғы функционалды моделдеу үшін қолданады. Жергілікті жылжымалы объекте (ЖЖО) орналасқан технакалық құрылғылар үшін нақты нормативті құжаттармен анықталған нақты сәулендіргіштің мінездемесі және де корпуста 1 м қашықтықта электромагниттік өріс кернеу деңгейі нормадан аспайды.

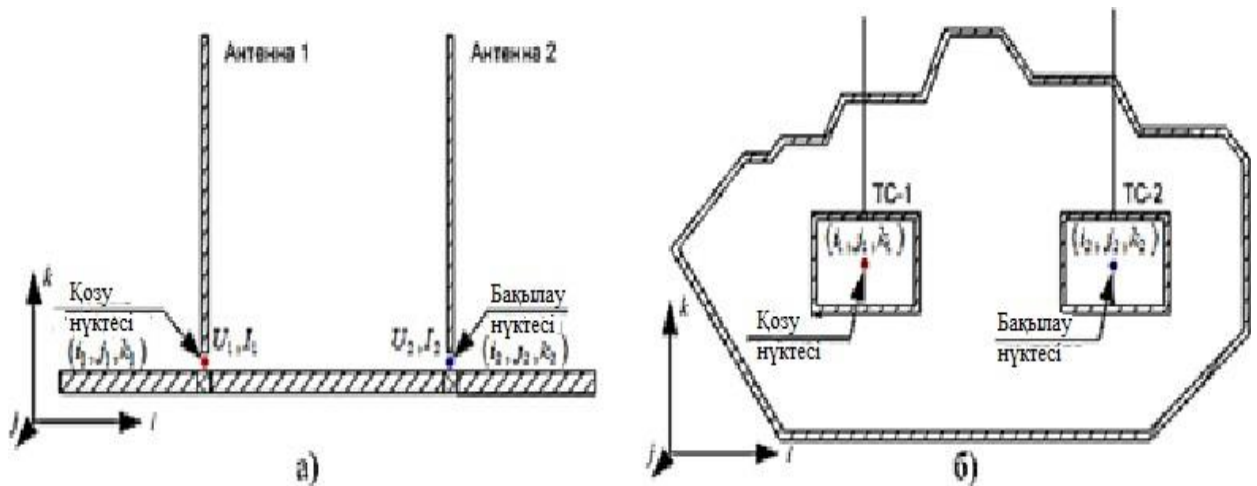
$$E = 37 - 7,39 \lg \frac{f}{0,15} \quad (1.1)$$

$$E = 24 - 7,65 \lg \frac{f}{30} \quad (1.2)$$

$$E = 20 + 17 \lg \frac{f}{100} \quad (1.3)$$

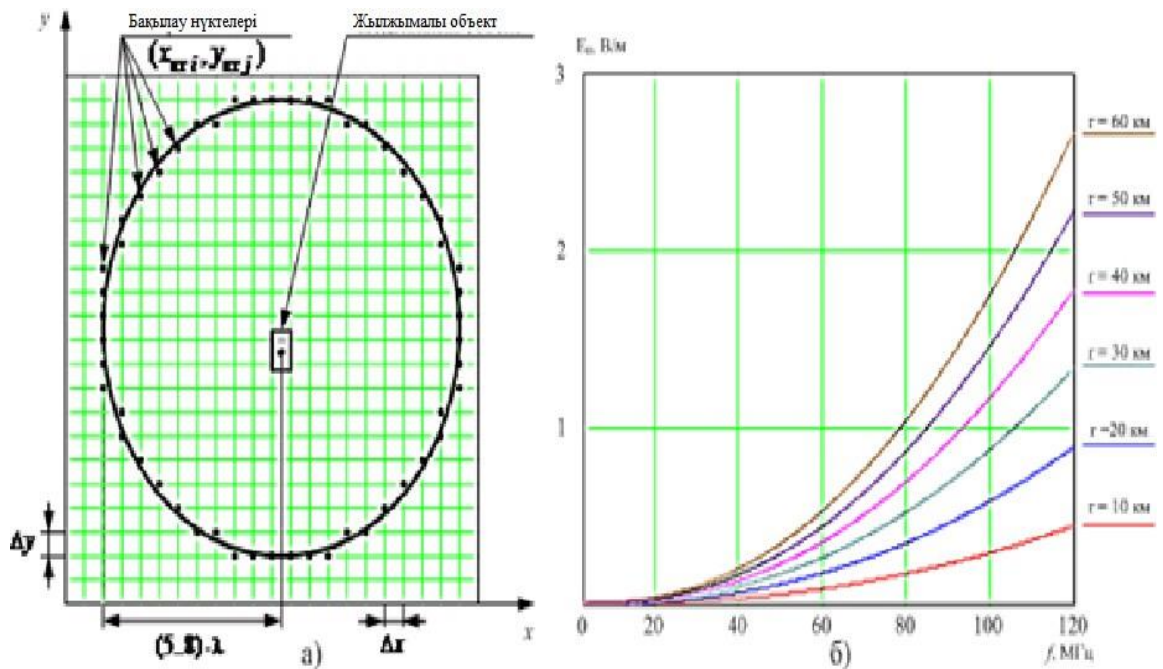
Байлағыш коэффициентінің көлемі бойынша ЖО-ң ТҚ-ң өзара әсерінің деңгейін бағалау жүргізілді. Оның көлемі қозу нүктесінің қуатының бағытталған бақылау нүктесінің қуатына қатынасымен анықталады.

$$K = \frac{P_1}{P_2} = \frac{I_1 U_1}{I_2 U_2} \quad (1.4)$$



2.5 - сурет – Өзара әсер ету моделдеуі мұндағы: а) антенна; б) жергілікті жылжымалы объекттің техникалық құрылғысы.

ЖЖО орналасқан антеннаның өзара әсерін (1.5 сурет) есептік шеткі аймаққа бастапқы толқындар жеткен кезде электромагнитті толқын шағылыспай жұтылу үшін шекті шарттар енгізу қажет. Яғни сәулендіргіштен тараған және толқын үшін көрінбейтін кеденді енгізу қажет. Мұндай құрылым «шексіз» есептеу аймақ көлемін моделдеуге мүмкіндік береді. Мұндай шекті шарттардыор жұтушы шекті шарттар (ЖШШ) деп атайды. Радиобайланыс қашықтығын есептеу бақылау нүктелерінің кернеу деңгейі бойынша жүргізілді (2.6 сурет).



2.6 - сурет – Орнатылған қашықтыққа байланыс қамтамасыздандыру мұндағы: а) бақылау нүктелерінің координаттарын анықтау; б) электромагнитті өріс кернеуін анықтау.

Алыс қашықтықта орналасқан тілшінің қабылдауышының кірісінде қажетті, пайдалы дабыл деңгейін қамту үшін минималды электромагнитті өріс кернеуінің деңгейі келесі формуламен есептелінеді.

$$E = \frac{P_2 \cdot z_0 \cdot 4\pi}{\sqrt{W^2 \cdot \lambda^2 \cdot G \cdot \eta}} \quad (2.5)$$

## 2.6 UMTS РЭҚ және бағытталған сканерлеу диаграммалық антеннасы бар РЭҚ ЭМС шарттарын бағалау көрінісі

Ұялы желі байланысын құрастыру кезіндегі маңызды мәселелердің бірі – басқа радиоэлектронды құрылғыларды желінің РЭҚ ме ЭМС қамту. Радиожиілікті спектрді бөлу кезінде туатын бұл мәселе тұрақты түрде қайталанып келеді. Сонымен қоса арнаны кодтық бөлу 3G желісін құру кезінде үлкен мәселелердің бірі болып келеді. Біріншіден, мұндай желідегі потенциалды кедергі жиіліктегі желінің барлық РЭҚ-тың қуат қосындысына тең. Екіншіден, UMTS желісіне арналған 2ГГц диапазон радиожилігінде әртүрлі бағыттағы көптеген радиоэлектронды құрылғылар жұмыс жасайды.

Бұл жағдайда ЭМС экспертиза кезінде РЭҚ бірге қолдану шартын дәл

бағалау қажеті туады. Сонымен бірге коммерциялық UMTS желілерін болашақта дамыту кезінде ЭМС шарттары өзгеруі мүмкін.

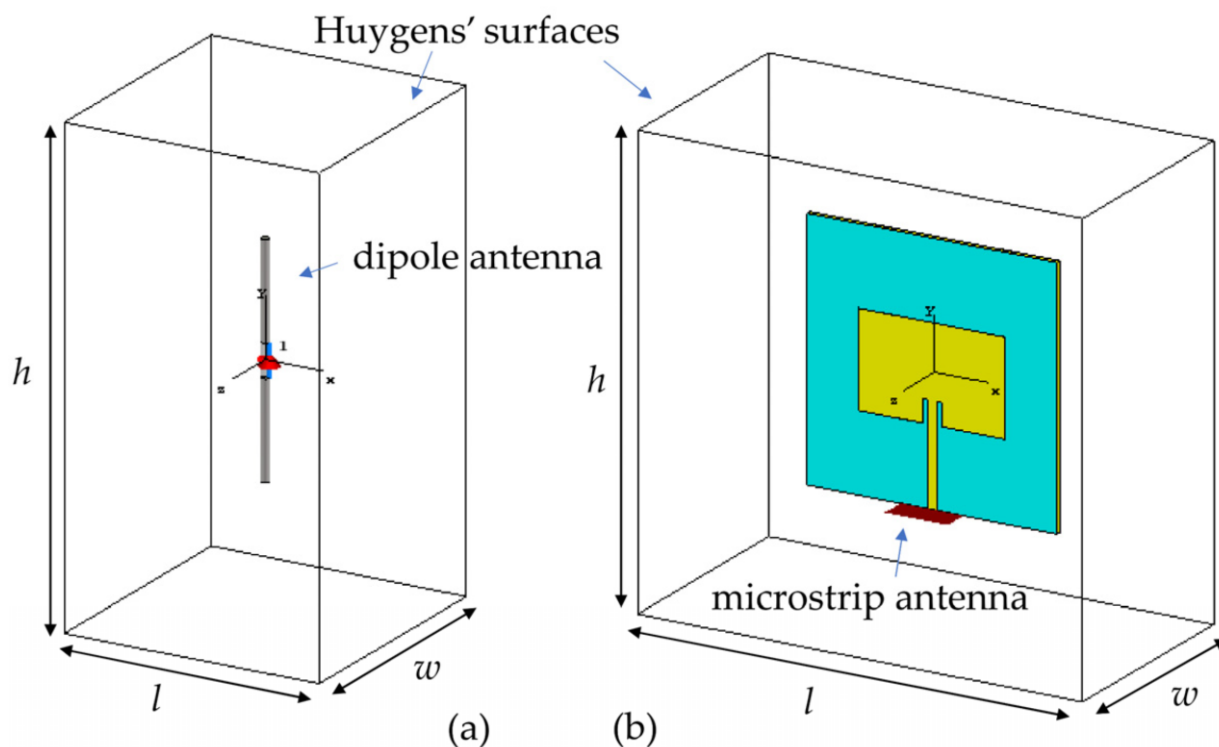
Бұл дипломдық жобада 2ГГц радиожилілік диапазондағы потенциалды сәйкестендірілмейтін радиоқұрылғылардың маңызды бөлігін құрайтын UMTS желісінің базалық станциясы мен бағытталған сканерлеу диаграммалық антеннасы бар РЭҚ-ті ЭМС шарттарын бағалау ұсынылған. Өзінің қасиеттеріне байланысты РЭҚ-ң осы түрі таңдалынды. Бұл РЭҚ-ң басқалардан ерекшелігі: бағытталған сканерлеу диаграммасы бар антенна желідегі нақты кеңестікті жеке бөлшекерге бөлуді қамтиды. Соның салдары, яғни UMTS желісінің потенциалды кедергісі барлық базалық станцияданшыққан қуат қосындысына тең.

Жобада бұл әдістің негізгі мүмкіншіліктері қарастырылды және әртүрлі жағдайдағы статикалық моделдеу нәтижесі көрсетілді. Бағытталғын сканерлеу диаграммасы бар антенна РЭҚ ретінде жылжымалы пайдалы дабыл көзінің бағытына салыстырмалы түрде жіңішке бағытталған сканерлеу диаграммасы бар адаптивті ФАР және әртүрлі бағыттағы РЛС қолданылды.

Болашақта мұндай радиоэлектронды құрылғылар РЭҚ деп аталынатын болады. РЭҚ-дың айналу кезінде айналатын бағытталған диаграмма (БД)  $S_2$  ауданына түсетін базалық станция (БС) саны  $N_{\Delta}$  БД еніне, РЭҚ-ң қашықтығынан, UMTS желісіндегі БС-ң тығыздығына байланысты және Пуассон теңдеуіне бағынады.

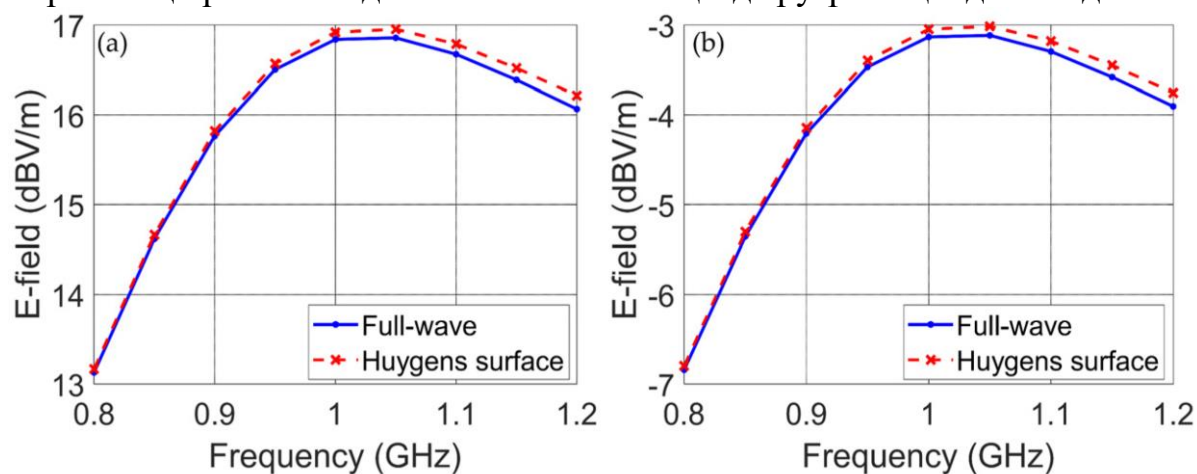
$$N_{\Delta} \approx P(N_{\Delta}) = \frac{\lambda^{N_{\Delta}}}{N_{\Delta}!} \cdot e^{-\lambda} \quad (1.6)$$

Токтың беттік тығыздығын есептеу үшін коммерциялық CST Microwave Studio (CST-MWS) бағдарламалық жасақтамасы қолдануға болады [16]. Беттің эквиваленттік теоремасының сандық іске асырылуын тексеру үшін 2-суретте көрсетілгендей электромагниттік кедергілердің екі түрлі көзі (дипольді антенна және микро жолақты патч антеннасы) қарастырылады.



2.7 - сурет – Электромагниттік кедергі көздерінің екі түрлі түрі:  
 (а) у осі бойындағы дипольді антенна (жұқа сым құрылымы),  
 (б) микро жолақты патч антеннасы

2а суретте 1 ГГц жиілікте жұмыс істеуге арналған дипольді антенна көрсетілген. Диполь антеннасының ұзындығы, радиусы және қозу саңылауы сәйкесінше 136 мм, 2,5 мм және 20 мм құрайды. Диполь антеннасы Гюйгенс бетімен  $l \times w \times h$  өлшемдерімен қоршалған, мұнда диполь антеннасының центрі кубоидтың центрімен тураланып, Гюйгенс бетін құрайды. Дипольді антенна идеалды электр өткізгіш (РЕС) болып табылады. Ұзындығы 20 мм дискретті порт оның ортасынан диполь антеннасын қоздыру үшін қолданылады.

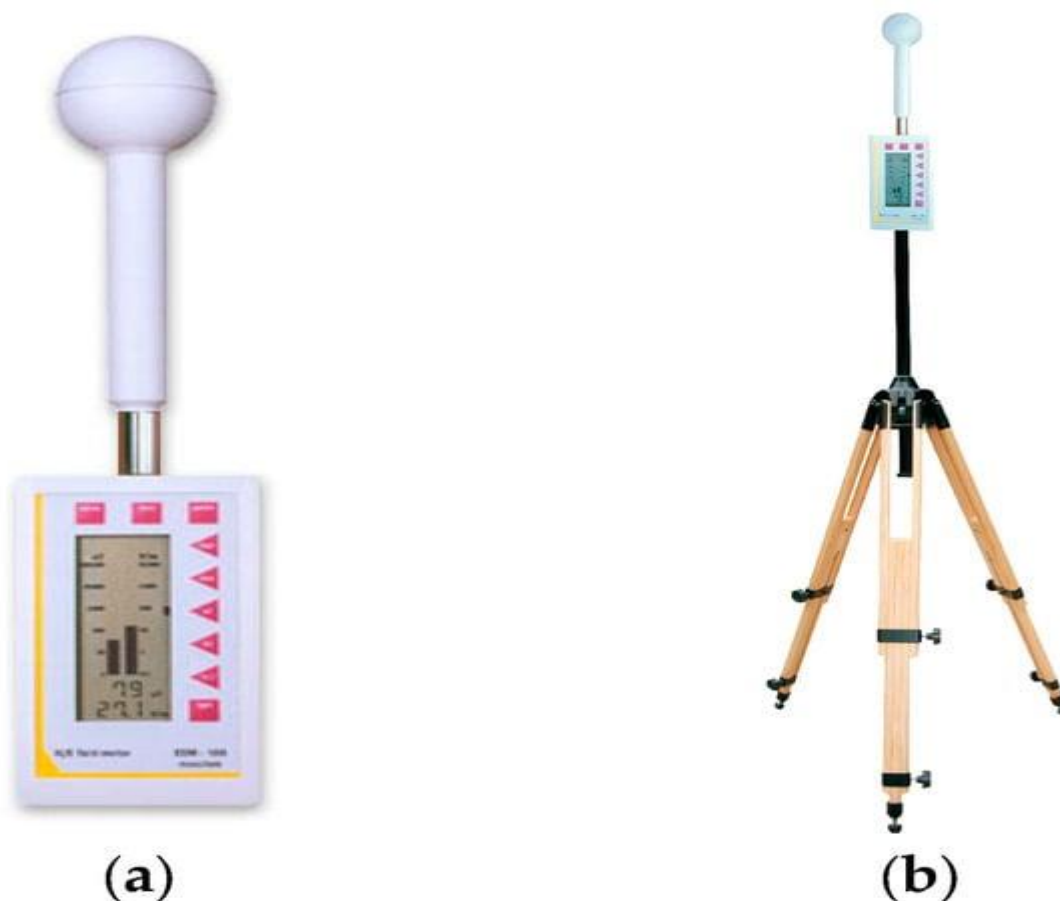


2.8 - сурет – Диполь антеннасының Сәулеленген электр өрісі

2а суретте көрсетілген: (а) диполь антеннасының центрінен z осі бойынша 1 м қашықтықта, (б) диполь антеннасының центрінен z осі бойынша 10 м қашықтықта.

8а-суретте төмен жиілікті электр және магнит өрісін өлшеуге арналған өлшеу құрылғысы көрсетілген; бұл Германияда жасалған және қарастырылып отырған үш жолда жүргізілген эксперименттік өлшеу және электромагниттік үйлесімділік сынақтары үшін пайдаланылған Maschek ESM-100 болды. Құрылғы таратушы және таратушы электр қондырғыларымен, сондай-ақ тұрмыстық және өнеркәсіптік мақсаттағы электр құрылғыларымен байланысты электр және магнит өрістерін өлшеуге арналған. Оның жиілік диапазоны 5 Гц-тен 400 кГц-ке дейін, ал өлшеу диапазонына келетін болсақ, құрылғы электр өрісінің кернеулігін 100 мВ/м-ден 100 кВ/м-ге дейін өлшеуге және магниттік индукцияны 1 нТл-ден 20 мТл-ге дейін өлшеуге мүмкіндік береді. . Өлшеулер қарастырылып отырған үш бағыт бойынша, метрден метрге дейін жүргізілді, бұл ретте әрбір маршрутта 43 өлшеу нүктесі, барлығы 129 өлшеу нүктесі есепке алынды.

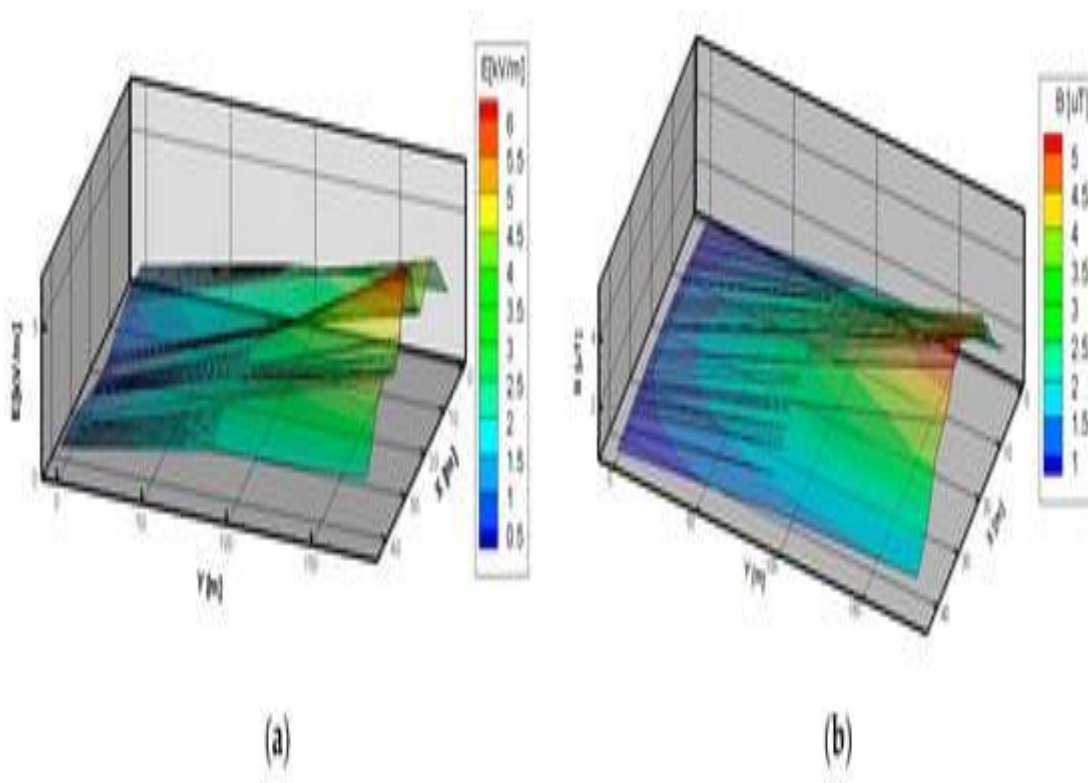
Электр өрісінің шамаларына адамдардың болуы әсер ететіндіктен, өлшеу құралы штативке жерден 1,8 м биіктікте орналастырылады және өлшенеді (2.9-сурет), қолданыстағы заңнамада көзделген талаптарға сәйкес



2.9 - сурет – Maschek ESM-100 электр және магнит өрісін өлшеу құралы; (б) эксперименттік өлшеулер

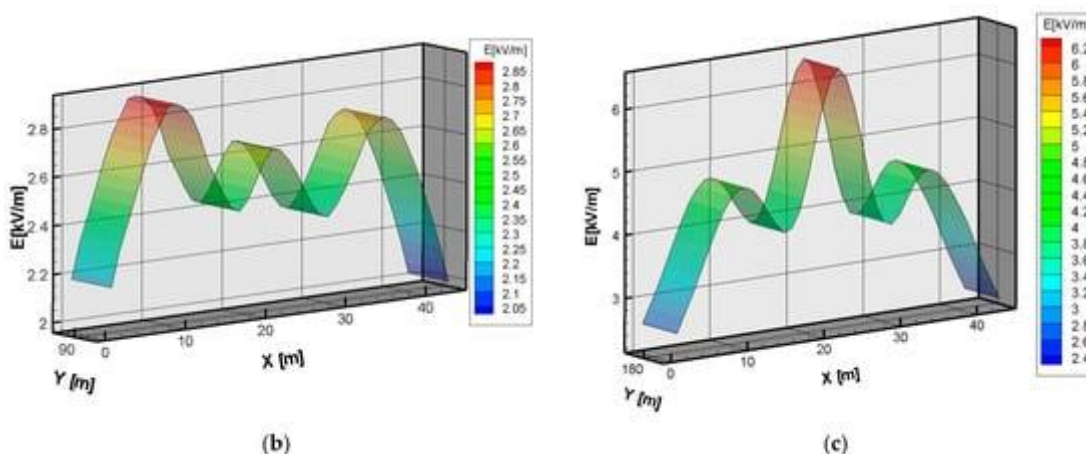
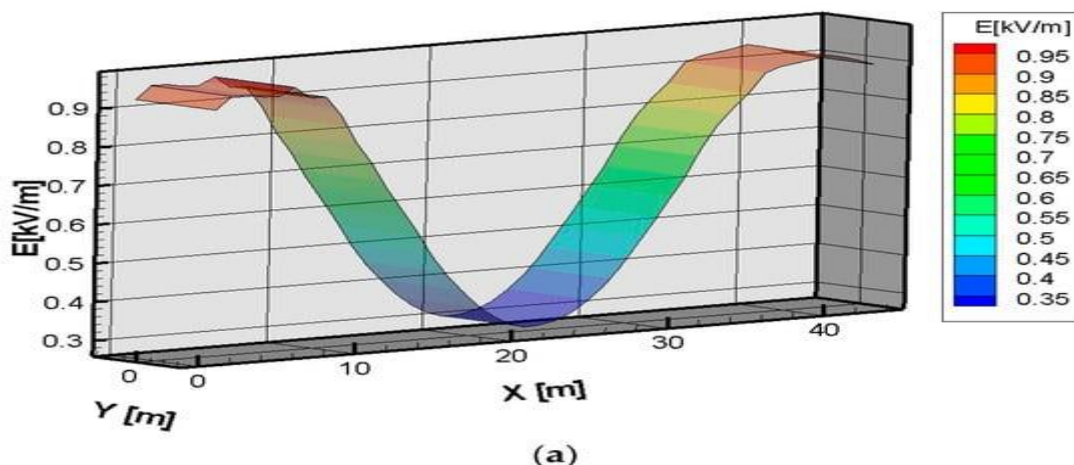


Қарастырылып отырған қызығушылық аймағы деңгейінде электр өрісі мен өлшенген магнит өрісінің таралуы туралы түсінік алу үшін өлшенген мәндер TЕСPLOT бағдарламасына, олардың үш өлшемді көрінуіне мүмкіндік беретін бағдарламаға импортталды. Сонымен, 9а-суретте полюс пен сызықтардың ауытқуы арасындағы аймақтағы электр өрісінің жалпы таралуы көрсетілген (яғни екі полюс арасындағы қашықтықтың жартысында), ал 9Б-суретте магнит өрісінің сол аймаққа таралуы көрсетілген



2.10 - сурет – Эксперимент нәтижелері: а-зерттелетін аймақтағы электр өрісінің таралуы; (б) - бақыланатын аймақтағы магнит өрісінің таралуы,  $f = 50$  Гц.

Осы суреттерде келтірілген нәтижелерге сүйене отырып, біз күткендей, өткізгіштер жерден жоғары биіктікте болған кезде электр және магнит өрістерінің бірінші жолда төмен мәндері бар екенін және олар бірінші жолда максималды мәнге жететінін байқай аламыз. 3-ші жол, жебе аймағында.



2.11 - сурет – Электр өрісінің кернеулігін үш жолға бөлу эксперименталды түрде анықталған: а-1-ші жол,  $h = 27$  м; (б) 2-ші жол,  $h = 14$  м; (в) 3-ші жол,  $h = 11$  м,  $f = 50$  Гц.

Бір қызығы, өткізгіштер сынақ биіктігінен (1,7 м) үлкен қашықтықта (27 м) болған жағдайда, яғни 1-ші жолда электр өрісінің мәні өткізгіштер жағынан аймаққа жоғары болады; ал кішігірім биіктіктер үшін, мысалы, 2-ші жағдайда - 14 м) және 3-ші жол (11 м), электр өрісінің таралуы мүлдем басқаша. Сондай-ақ, ЭМС сынақ полигоны қала сыртында, үйлерден алыс екенін ескере отырып, алынған нәтижелер қолданыстағы заңнамаға сәйкес келеді деп айтуға болады [ 1, 2 ].

### 3 Есептеу бөлімі

#### 3.1 Радиотехникалық нысандарға іргелес аймақтың тудыратын электромагнитті өріс деңгейлерін есептеу

Берілгендері:

Антенна 728684 ( $X_a = -61.92$  м;  $Z_a = 50$  м  $Y_a = -11.696$  м; Көлбеу  $= 0^\circ 0'$ ) ;  
Азимут  $= 300^\circ 0'$

Антенна 730360 ( $X_a = -35.776$  м;  $Z_a = 50$  м;  $Y_a = -37.84$  м; Көлбеу  $= 1^\circ 0'$ )  
Азимут  $= 210^\circ 0'$ ;

Есептеулердің бастапқы деректері:

- $f_{OT}$  - негізгі сәулелену жиілігі;
- $f_{OR}$  - негізгі қабылдау арнасының жиілігі;
- $P_T(IM)$  – жиіліктегі сәулелену қуаты;
- $G_{TR}$  - қабылдағышқа қарай таратушы антеннаның күшейту коэффициенті;
- $G_{RT}$  - қабылдағыш антеннаның тарату бағытындағы күшейту коэффициенті;
- $d$  - антенналар арасындағы қашықтық;
- $P_R(f_{OR})$  – қабылдағыштың жиілік сезімталдығы;
- $n_s$  - деректерді беру жылдамдығы;
- $m_f$  - жиілікті модуляциялау индексі.

Бұл деректер кестеден таңдалады. Б. 1 Соңғы үш санға сәйкес X; Y; Z сынақ кітапшасының нөмірлері және олардың тіркесімдері. Комбинацияда екі биттік санды алған кезде төменгі разряд цифры алынады. Курстық жұмыста радиостанцияның қабылдау трактісі үшін LDL кедергілерін бағалау және олардың бірлескен жұмыс жағдайларын сандық негіздеу қажет

Есептеу үшін бастапқы деректер:

Негізгі сәулелену жиілігі:  $f_{OT} = 220$  [МГц];

Негізгі қабылдау арнасының жиілігі:  $f_{OR} = 126$  [МГц];

Жиіліктегі сәулелену қуаты:  $P_T(f_{OT}) = 10$  [Вт];

Қабылдағышқа бағытталған антеннаның күшейту коэффициенті:  $G_{TR} = 10$  [дБ];

Қабылдағыш антеннаның тарату бағытындағы күшейту коэффициенті:  $G_{RT} = 7$  [дБ];

Антенналар арасындағы қашықтық:  $d = 1,2$  [км];

Қабылдағыштың жиілік сезімталдығы:  $P_R(f_{OR}) = -113$  [дБм];

Деректер жылдамдығы:  $n_s = 2,4$  [кБит / с];

Жиілікті модуляциялау индексі:  $m_f = 1,5$ .

Бұл жұмыста радиостанциясының қабылдау трактінің пайдалану-техникалық сипаттамалары қолданылады:

Радионың аралық жиілігі:  $f_{IF} = 20$  [МГц];

Өткізу қабілеті:  $B_R = 16$  [кГц];

Радиоқабылдағыш гетеродин жиілігі  $f_{LO} = 106$  [МГц].

Өнеркәсіптік кедергілер мен радио кедергілер жұбының электромагниттік үйлесімділігін талдау тәртібі

Өнеркәсіптік кедергілердің негізгі сәулелену жиілігі:  $f_{OT} = 220$  [МГц].

Жанама сәулеленудің минималды жиілігі:  $f_{STmin} = 22$  [МГц].

Жанама сәулеленудің максималды жиілігі:  $f_{STmax} = 2200$  [МГц].

Негізгі қабылдау арнасының жиілігі:  $f_{OR} = 126$  [МГц].

Жанама қабылдау арнасының минималды жиілігі:  $f_{SRmin} = 12,6$  [МГц].

Жанама қабылдау арнасының максималды жиілігі:  $f_{SRmax} = 1260$  [МГц].

Өндірістік кедергілер мен радио кедергілердің жұмыс жиіліктері арасындағы қажетті аралықтар:

$$0,2 f_{OR} = 25,2 \text{ [МГц]}.$$

ЭМӨ-нің кейінгі талдауы деректердің қосындысына (децибелмен) негізделеді:

$$IM(f,t,d,p) = P_T(f_T) + G_T(f_T,t,p) - L(f_T,t,d,p) + G_R(f_R) - P_R(f_R) + CF(B_T, B_R, \Delta f).$$

Кедергілерді амплитудалық бағалау

Негізгі сәулелену жиілігінде ЖК шығыс қуаты:

$$P_T(f_{OT}) = 101g(P_T(f_{OT})/P_0) = 101g(10/10^{-3}) = 40 \text{ [дБм]}.$$

Жанама сәулелену жиілігіндегі өндірістік кедергілердің шығыс қуаты:

$$P_T(f_{ST}) = P_T(f_{OT}) - 60 = 37 - 60 = -20 \text{ [дБм]}.$$

Радиоқабылдағышқа бағытталған антенна күшейтілуі:  $G_{TR}(f) = 10$  [дБ].

Қорек көзіне бағытталған антеннаның күшейтілуі:  $G_{RT}(f) = 7$  [дБ].

Ара қашықтығындағы бос кеңістіктегі радитолқындардың жоғалтылуы:

$$L[\text{дБ}] = 201g(\lambda / 4\pi d) = 201g(c/4\pi fd).$$

ОП:  $f_{SRmin} = 12,6$  [МГц];

ПО:  $f_{SRmin} = 22$  [МГц];

ПП:  $f_{SRmin} = 12,6$  [МГц].

$$L_{\text{оп}}[\text{дБ}] = 20\lg(3 \cdot 10^8 / 4 \cdot 3,14 \cdot 12,6 \cdot 10^6 \cdot 1200) = -56[\text{дБ}];$$

$$L_{\text{по}}[\text{дБ}] = 20\lg(3 \cdot 10^8 / 4 \cdot 3,14 \cdot 22 \cdot 10^6 \cdot 1200) = -60,9 [\text{дБ}];$$

$$L_{\text{пп}}[\text{дБ}] = 20\lg(3 \cdot 10^8 / 4 \cdot 3,14 \cdot 12,6 \cdot 10^6 \cdot 1200) = -56 [\text{дБ}].$$

Бөгеуіл қуаты былай анықталады:

$$\text{ОП: } P_A(f) = P_T(f_{\text{от}}) + G_{\text{TR}}(f) + G_{\text{RT}}(f) + L_{\text{оп}} = 1 [\text{дБм}];$$

$$\text{ПО: } P_A(f) = P_T(f_{\text{ст}}) + G_{\text{TR}}(f) + G_{\text{RT}}(f) + L_{\text{по}} = -63,9[\text{дБм}];$$

$$\text{ПП: } P_A(f) = P_T(f_{\text{ст}}) + G_{\text{TR}}(f) + G_{\text{RT}}(f) + L_{\text{пп}} = -59[\text{дБм}].$$

Негізгі қабылдау арнасының жиілігінде радио қабылдағыштардың сезімталдығы:

$$P_R(f_{\text{ор}}) = -113[\text{дБм}].$$

Қабылдаудың жанама арнасының жиілігінде радио қабылдағыштардың сезімталдығы:

$$P_R(f_{\text{ср}}) = P_R(f) + 80 = -113 + 80 = -33 [\text{дБм}].$$

ЭМӨ деңгейін алдын ала бағалау, дБ:

$$\text{ОП: } 1 + 33 = 34[\text{дБм}];$$

$$\text{ПО: } -63,9 + 113 = 49,1[\text{дБм}];$$

$$\text{ПП: } -59 + 33 = -26[\text{дБм}].$$

Бөгеуілдердің жиіліктік бағасы

Импульстік сәулелену кезінде қуат көзінің шығысындағы импульстардың жүру жиілігі:  $f_c = n_s / 2$

$$f_c = 2,4 / 2 = 1,2 [\text{кГц}].$$

Корек көзі жиілігінің ені:  $B_T = 2F(1 + m_f)$ , т.к.  $m_f > 1$

$$B_T = 2 \cdot 1,2(1 + 1,5) = 6 [\text{кГц}].$$

Кедергілерді бағалаудың жеңілдетілген әдісі

Кедергі туралы қажетті ақпаратты алу үшін көбінесе жұптардың шектеулі саны үшін ЭМО-ны қарастыру жеткілікті: кедергі көзінің сәулеленуі (IP) – радионың жауабы (RP).

Басында әр IP сәулеленуімен және RP реакциясымен алынған жиілік диапазонының шекаралары белгіленеді, сонымен қатар қарастырылатын жұптар нақтыланады. Содан кейін ЖК-РП әрбір жұбы үшін кезең-кезеңмен есептеу жүргізіледі.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Осы зерттеулер нәтижесінде электромагниттік толқынның біздерге кері әсері бар екені көрсетілген. Бірақ сол зиянды шекпеу үшін мен электроқұрылғылардан, электротранспорттан, ұялы байланыстан бас тарту керек деп айта алмаймын, себебі ол құрылғыларсыз қазіргі заманда өмір сүру мүмкін емес. Қолдан келер нәрсе ол техникаларды керек кезінде ғана қолданып, басқа жағдайда өшіріп қойған абзал.

Ұялы телефон, компьютер және әр түрлі тұрмыстық электротехника от секілді. Егер оны ұқыпты қолдансаңыз ол өз пайдасымен қуантады.

Жұмыста жалпы электромагниттік өріс жайында мағлұмат қарастырылған және олардан қорғанудың бірнеше әдісі айтылған. Жобаның мақсаты электромагниттік өрісті қолданатын сан алуан техниканың біздерге қаншалықты зиян екенін зерттелді.

Жұмыс барысында ұялы телефоннан шыққан электромагниттік өрістен қорғайтын құрылғыны алып, елімізде қолдануға экономикалық есептеулер жүргізілген. Есептік бөлімде ұялы байланыстың базалық станциясын белгілі бір жерге орнатып, оның іргелес жатқан аймаққа тигізетін зияны есептелінген.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Триведи, К.; Боббио А. Проектирование надежности и доступности: моделирование, анализ и приложения; Издательство Кембриджского университета: Кембридж, Великобритания, 2017. [Google Scholar].

2 Амари С.В.; Дилл Г. Задача оптимизации избыточности с резервированием горячего резерва. В материалах Ежегодного симпозиума по надежности и ремонтпригодности (RAMS), Сан-Хосе, Калифорния, США, 25–28 января 2010 г.; С. 1–6. [Google Scholar].

3 Куо, S.V.W.; Прасад, В.Р.; Тиллман, Ф.А.; Хван К.Л. Проектирование оптимальной надежности: основы и приложения; Издательство Кембриджского университета: Кембридж, Великобритания, 2001. [Google Scholar].

4 Фон Нейман Й. Вероятностная логика и синтез надежных организмов из ненадежных компонентов. В автоматоведении; Шеннон, С.Э., Маккарти, Дж., ред.; Издательство Принстонского университета: Принстон, Нью-Джерси, США, 1956; С. 43–98. [Google Scholar]

5 Чен, Д.М. Серия «Спутниковая инженерия: технология полезной нагрузки спутников связи»; Китайское издательство астронавтики: Пекин, Китай, 2001. [Google Scholar]

6 Койт Д.В. Максимизация надежности системы с выбором стратегий резервирования. Пер. с ИМЭ. 2003, 35, 535–543. [Google Академия] [CrossRef]

7 Грида, М.; Зайд, А.; Холиф Г. Ремонтпригодность 3 из 4: Наличие системы холодного резервирования. В материалах Ежегодного симпозиума по надежности и ремонтпригодности (RAMS), Орlando, Флорида, США, 23–26 января 2017 г.; С. 1–6. [Google Scholar]

8 Лобур, М.; Стефанович, Т.; Щербовских С.В. Моделирование ошибок I и II рода коммутационных устройств для систем с горячим и холодным резервированием на основе двухполюсного динамического дерева неисправностей. В материалах 14-й Международной конференции «Опыт проектирования и применения САПР в микроэлектронике» (CADSM), Львов, Украина, 21–25 февраля 2017 г.; С. 19–21. [Google Scholar]

9 Ли, Ю.; Чжан, Ю.; Цао, Р.; Лю, Х.; Лв, К.; Лю Д. Проектирование резервирования модульного твердотельного трансформатора постоянного тока на основе оценки надежности и эффективности. CPSS Trans. Power Electron. Appl. 2021, 6, 115–126. [Google Академия] [CrossRef]

10 Шанкараях, Г.; Рагхунатха Редди, Ю.; Умасанкар, К.; Сарма Б.Д. Проектирование и оптимизация интегрированной системы резервирования надежности с множественными ограничениями. В материалах 2-й Международной конференции по надежности, безопасности и опасностям — риск-ориентированные технологии и методы физики отказов (ICRESH), Мумбаи, Индия, 14–16 декабря 2010 г.; С. 118–122. [Google Scholar]

11 Пан Д. Исследование по оптимизации резервирования надежности системы на основе гибридного интеллектуального алгоритма. В материалах



Международной конференции по науке об окружающей среде и информационным технологиям, Ухань, Китай, 4–5 июля 2009 г.; С. 560–563. [Google Scholar]

12 Боланд, Дж.; Эль-Невейхи Э. Избыточность компонентов и резервирование системы при упорядочении уровня опасности. *IEEE Trans. Reliab.* 1995, 44, 614–619. [Google Академия] [CrossRef]

13 Щербовских, С.; Стефанович Т. Особенности моделирования ошибок I и II рода коммутационного устройства для системы с двойным горячим и двойным холодным резервированием на основе двухполюсного динамического дерева неисправностей. В материалах 14-й Международной конференции по передовым тенденциям в радиоэлектронике, телекоммуникациях и вычислительной технике (TCSET), Львов, Украина, 20–24 февраля 2018 г.; С. 753–756. [Google Scholar]

14 Невес, Ф.Г.Р.; Саотомэ О. Сравнение методов избыточности для приложений реального времени. В материалах пятой Международной конференции по информационным технологиям: новые поколения (ITNG), Лас-Вегас, штат Невада, США, 7–9 апреля 2008 года; С. 1299–1300. [Google Scholar]

15 Петерсон, В.; Уэлдон, Э. Коды, исправляющие ошибки, 2-е изд.; Издательство Массачусетского технологического института: Кембридж, Массачусетс, США, 1972. [Google Scholar]

16 Чжу, С.; Сюй, Х.; Лонг, Х.; Ли, К.; Ли, З.; Лю, Х.; Ван Ю. Мемристивная логика с отслеживанием состояния с N-модульной избыточностью для коррекции ошибок на пути к высокой надежности. В материалах 5-й конференции IEEE Electron Devices Technology & Manufacturing Conference (EDTM), Чэнду, Китай, 8–11 апреля 2021 г.; С. 1–3. [Google Scholar]

17 Сун, З.; Амбрози, Э.; Брикалли, А.; Иелмини Д. Логические вычисления с нейронными сетями резистивных переключателей с отслеживанием состояния. *Adv. Mater.* 2018, 30, 1802554. [Google Академия] [Перекрестная ссылка] [Зеленая версия]

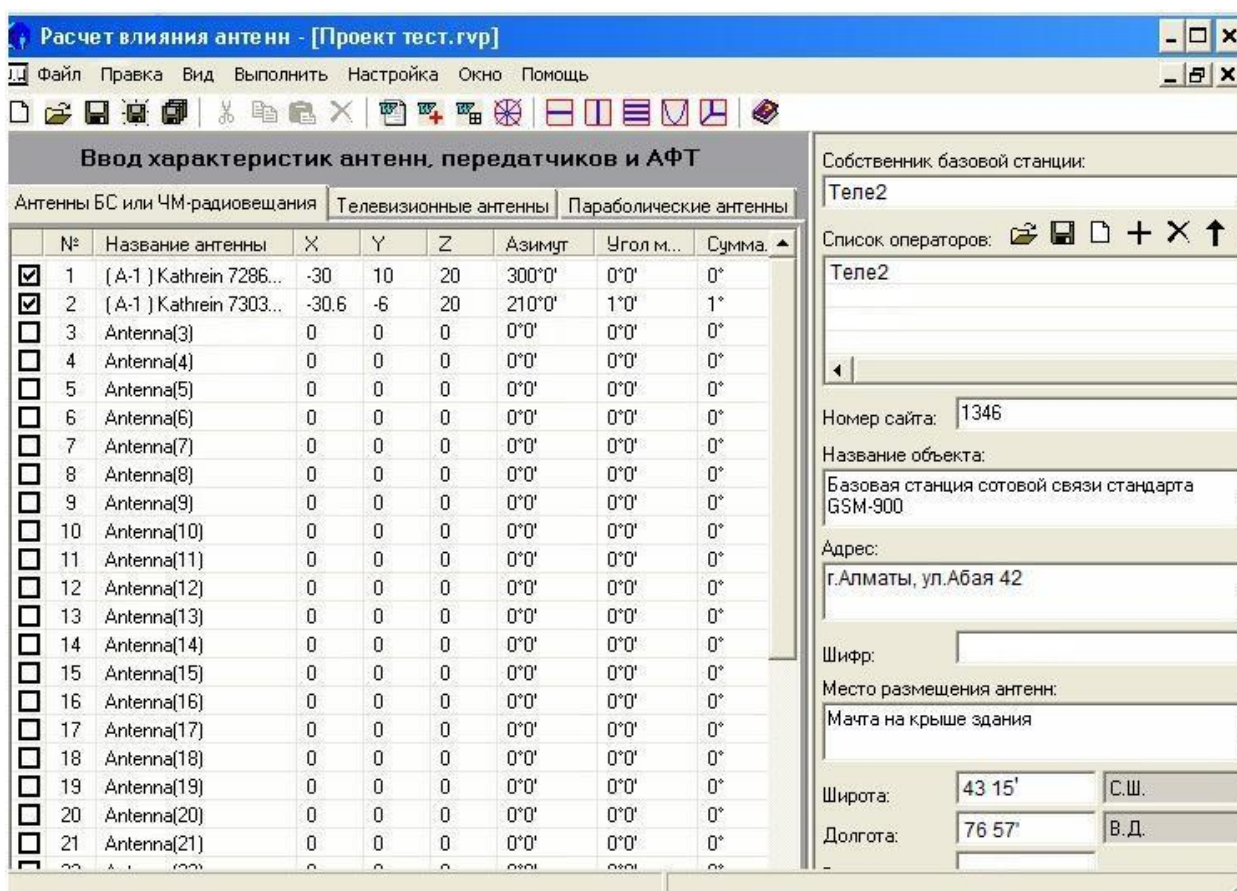
18 Хансен,.; Линтон, М.; Мэйо, Р.; Мерфи, М.; Паттерсон Д. Введение в архитектуру iAPX 482. *ACM SIGARCH Comput. Archit. News* 1982, 10, 17–26. [Google Академия] [CrossRef]

19 Намази, А.; Нурани М. Избыточность на уровне ворот: новая парадигма проектирования для надежности нанотехнологий. *IEEE Trans. Очень большой интегральный компонент. (СБИС) Система.* 2010, 18, 775–786. [Google Академия] [CrossRef]

20 Сюн, Х.; Чжао, Х.Т.; Ху Т.Б. Исследование решения по резервированию спутниковых транспондеров на основе анализа надежности. В материалах Международной конференции по качеству, надежности, рискам, техническому обслуживанию и технике безопасности (QR2MSE), Чжанцзяцзе, Китай, 6–9 августа 2019 г.; С. 689–694. [Google Scholar]

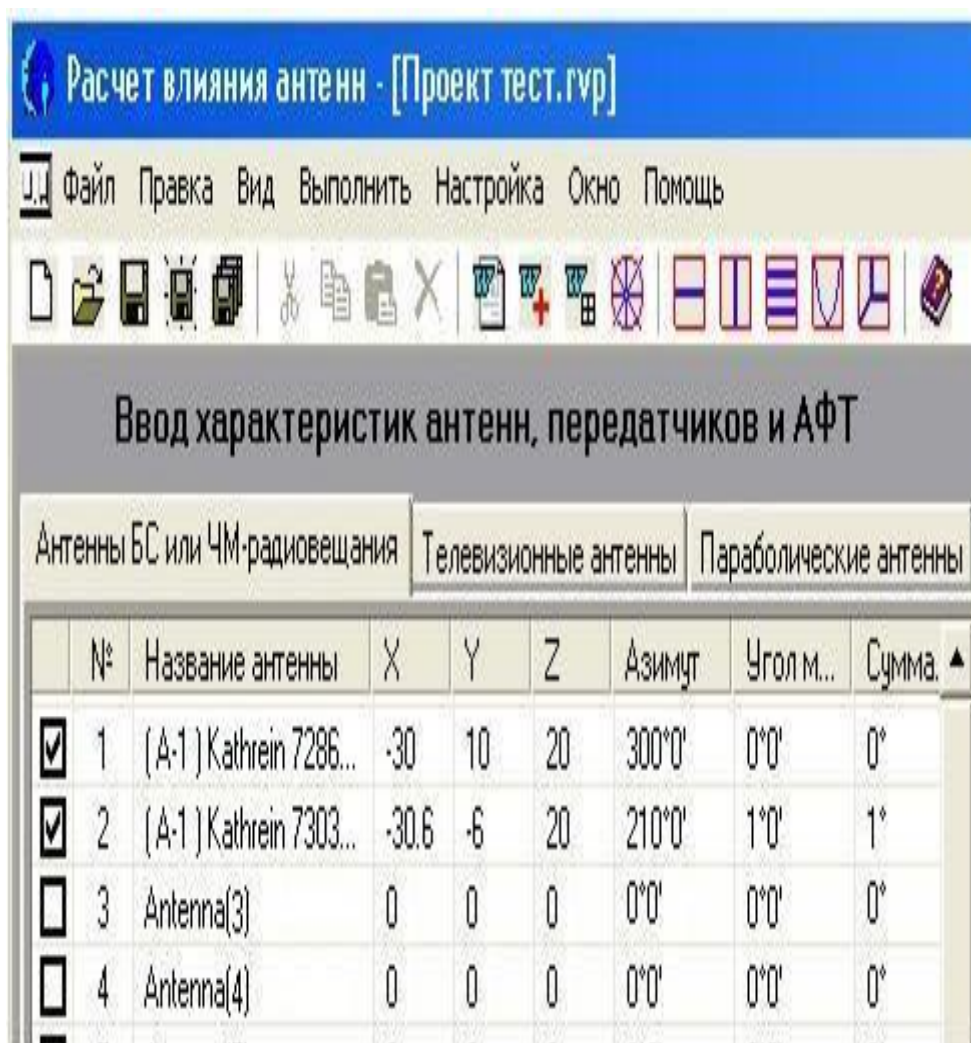
21 СклярOFF Дж.Р. Метод управления избыточностью компьютеров космических шаттлов. *IBM J. Res. Dev.* 1976, 20, 20–28. [Google Академия] [CrossRef]

## ҚОСЫМША А

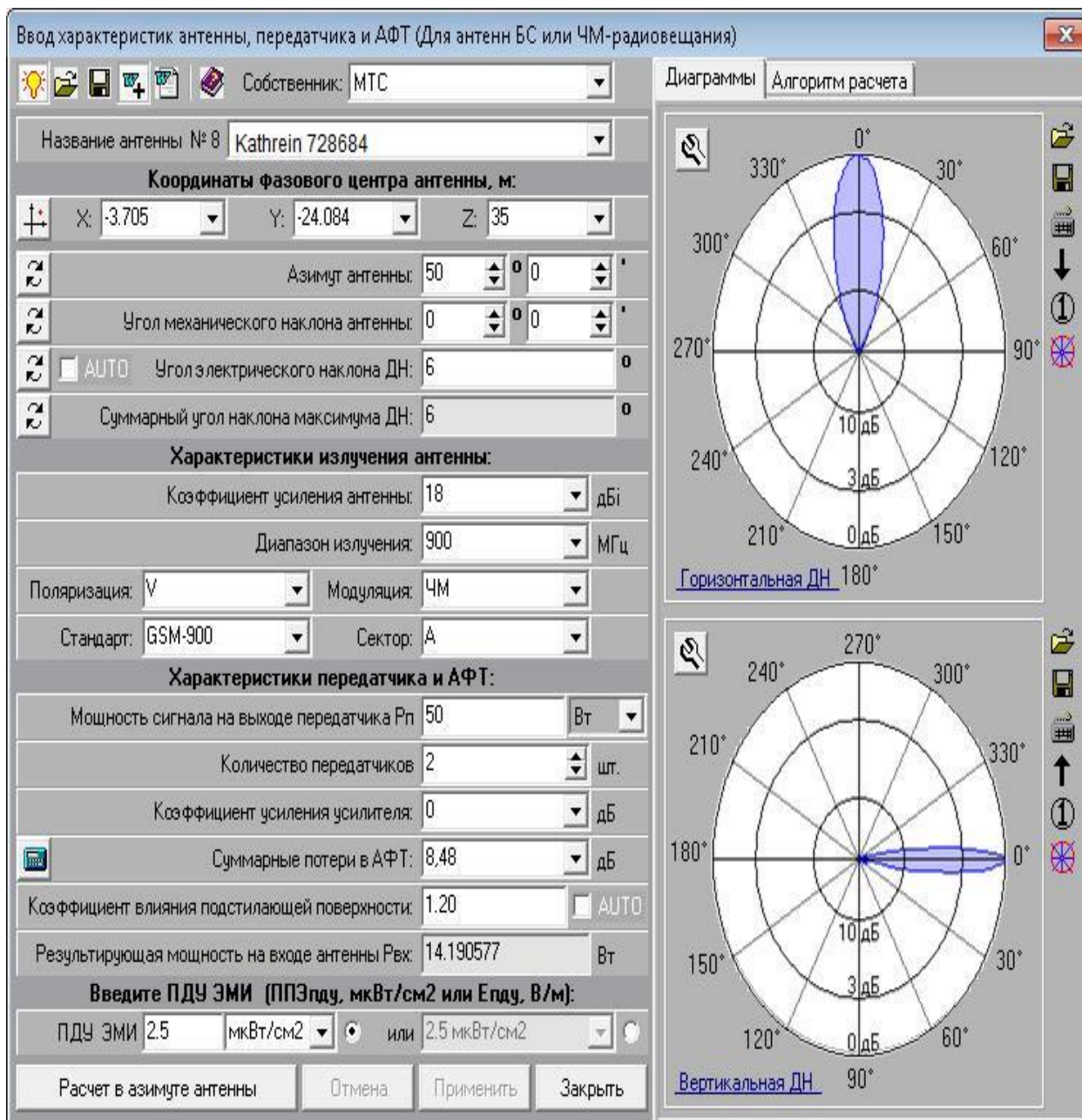


А.1 Сурет – Нысанның жалпы берілгендері. Терезеде әр түрлі антендердің нысанға қойылу орны және олардың сәулелену бағыттары көрсетілген

## ҚОСЫМША Ә



Ә.1 Сурет – Бұл терезеде нысанға қойылған антеналар және олардың координаттары, бағытының сипаттамасы көрсетілген. Егер антенна жолына тышқанмен екі рет шертсек антенна, АФТ және таратушы сипаттамасын енгізу терезесі ашылады



Ә.2 Сурет – Антендердің берілген мәндері

## РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс

Канжар Аскар Кайратұлы

6B06201 – Телекоммуникациялар

Тақырыбына: «Радиоэлектрондық құрылғылардың электромагниттік сәйкестігін анықтау»

Орындалды:

- а) графикалық бөлім <sup>16</sup> парақ;  
б) түсініктеме <sup>45</sup> бет.

### ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Берілген бітіру жұмысында радиоэлектрондық құрылғылардың электромагниттік сәйкестігін анықтау туралы ақпарат жиналған. Негізгі өлшемдер жүргізіп, параметрлері есептелген. Радиоэлектрондық құрылғылардың электромагниттік сәйкестігін анықтауға есептеулер жасалған.

Радиоэлектрондық құрылғыларды қолдануды жақсарту мәселелері қарастырылады. Жұмыста жалпы құрылғылар жайында мағлұматтар қарастырылған.

Антенналарға талдау жасалып, осы өлшемдерде олардың тиімділігі мен өшулігі анықталды. Сонымен қатар оларды одан әрі пайдалану және жетілдіру бойынша практикалық ұсыныстар беру. Дипломдық жұмыста антенналар есептеулерін, құрылымы сызбасында студент өз тарапынан қандай жақсартулар енгізуі мүмкіндігін көрсете алмаған. Кейбір орфографиялық қателер кездеседі.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған. Бұл дипломдық жоба жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғарғы дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер – антенналарды талдаудағы ғылыми бағытқа жауап береді.

### ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жобаға "жақсы" (85%) деген баға, ал студент Канжар Аскар Кайратұлын 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасының «Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар» саласының бакалавры дәрежесіне сай деп санаймын.

Рецензент:  
«Сайман корпорациясы» ЖШС өндіріс  
бөлімінде директoр орынбасары  
А.С.Алиев  
2024 ж.

## ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс

Канжар Аскар Кайратұлы

6B06201 – Телекоммуникациялар

Тақырыбы: «Радиоэлектрондық құрылғылардың электромагниттік сәйкестігін анықтау»

Бұл дипломдық жұмыста жел радиоэлектродық құрылғыларды талдау, пайдаланудың негізгі талаптары, және құрылғылардың негізгі сипаттамасы, электромагниттік сәйкестігі келтірілген.

Бұл дипломдық жұмыста «Радиоэлектрондық құрылғылардың электромагниттік сәйкестігін анықтау» тақырыбы қарастырылды. Салыстырмалы талдау жүргізілді, сонымен қатар көптеген технологиялардың сипаттамалары ұсынылды. Сондай-ақ, жұмыс істеу қабілетін едәуір арттыруға болатын нұсқалар ұсынылды.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.

Жаңа технологияны қолдану нұсқалары, радиоэлектрондық құрылғылар, компоненттері, заманауи аспаптарды көрсету өте орынды.


Жалпы, дипломдық жұмысқа «жақсы» (85 %) деген баға қойылып, ал студент Канжар Аскар Кайратұлы 6B06201 «Телекоммуникациялар» оқу бағдарламасының “Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар” саласының бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынылады.

### Ғылыми жетекші

ЭТ және FT каф.

қауымдастырылған профессоры,

экон. ғыл. канд.

 Куттыбаева А.Е.

(қолы)

«25» мамыр 2024 ж.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті  
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагияттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

**Автор: Канжар Аскар Кайратұлы**

**Тақырыбы: Радиоэлектрондық құрылғылардың электромагниттік сәйкестігін анықтау**

**Жетекшісі: Айнур Куттыбаева**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 5.2**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 2.3**

**Дәйексөз (35): 0.9**

**Әріптерді ауыстыру: 18**

**Аралықтар: 0**

**Шағын кеңістіктер: 13**

**Ақ белгілер: 0**

**Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :**

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.


Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

**Негіздеме:**

Күні

Кафедра меңгерушісі

  
27.05.24

## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Канжар Аскар Кайратұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Радиоэлектрондық құрылғылардың электромагниттік сәйкестігін анықтау

Научный руководитель: Айнур Куттыбаева

Коэффициент Подобия 1: 5.2

Коэффициент Подобия 2: 2.3

Микропробелы: 13

Знаки из здругих алфавитов: 18

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата

Заведующий кафедрой



27.05.24



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Канжар Аскар Кайратұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Радиоэлектрондық құрылғылардың электромагниттік сәйкестігін анықтау

Научный руководитель: Айнур Куттыбаева

Коэффициент Подобия 1: 5.2

Коэффициент Подобия 2: 2.3

Микропробелы: 13

Знаки из других алфавитов: 18

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата  
27.05.24

  
проверяющий эксперт

28.05.24.