

«6D071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар»  
мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін  
диссертациялық жұмысқа  
**АҢДАТПА**

**МЕЙРАМБЕКҰЛЫ НҮРСҰЛТАН**

**ЖЕРДІ ҚАШЫҚТЫҚТАН БАРЛАУШЫ КІШІ ҒАРЫШ  
АППАРАТТАРЫНА АРНАЛҒАН КӨПДИАПАЗОНДЫ АНТЕННА**

Жұмыс теориялық есептеу, модельдеу, тәжірибелі модельдер жасау және зертханалық зерттеу әдістерін қолдана отырып, Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) кіші ғарыш аппараттарына (КҒА) арналған жаңа антенна жүйелерін әзірлеуге және зерттеуге арналған. Жұмыстың жасалуы барысында Жаңабаевтың анизотропты фракталы (ZhF), антенналарды басқа ішкі жүйелермен апертуралық біріктіру әдісі қолданылды. Жүргізілген зертханалық зерттеулердің, компьютерлік модельдеудің нәтижелері теориялық модельмен сипатталған және салыстырылған. Антенналардың екі түрі әзірленді, ЖҚЗ наноспутниктік камерасымен интеграциялау функциясы бар ZhF негізіндегі патч антеннасы және конус тәрізді спиральді антенналар. Және осы интеграциялау технологиясының ғарыш аппаратының бағытталу жылдамдығы мен энергетикалық қауіпсіздігіне әсерін бағалау жүргізілді.

**Тақырыптың өзектілігі**

CubeSat өткен ғасырдың соңында ұсынылған КҒА стандарты. Кішкентай болғандықтан, мұндай КҒА ұшыру көбінесе зымырандарда жүзеге асырылады. Олар жоспар бойынша басқа да көлемді ғарыш аппараттарын Орбитаға шығарады. Бұл үлкен функционалдығы бар заманауи жасанды жер серіктерін жасау шығындарын айтарлықтай азайтады.

Наноспутниктердің ерекшелігі-тұрақты өлшемдер, яғни кубсат 1U – бұл ғарыш текшесі 10x10x10 см, 2U-екі текше (10x10x20 см). 1U, 3U және 6U - ең көп таралған және өзекті үш модификация. Бүгінгі таңда наноспутниктерді қолдану аясы өте кең – білім беру миссияларынан бастап ғарыштық бақылау мен байланысқа дейін. Олардың ішінде ЖҚЗ ерекше орын алады.

Тиімділігіне қарамастан, текшелердің кіші мөлшері бүкіл әлемдегі ғалымдарды осы мәселелерді шешудің жаңа жолдарын іздеуге мәжбүр етуде. Кішкентай құрылғыға толыққанды ғылыми құралдарды сыйғызу оңай шаруа емес. Сондықтан, жаңа схемалық шешімдерді әзірлеу және борттық жүйелерді, модульдерді және олардың оңтайлы орналасуын, соның ішінде антенна құрылғыларын миниатюризациялау ғарыш аппараттары (ҒА) бортында шектеулі орынды тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

Көптеген жұмыс істеп тұрған немесе жобалау сатысында тұрған наноспутниктерде деректерді беру үшін (телеметрия, сурет және т.б.) миссиясына, ҒА мүмкіндігіне және байланыс ауқымына байланысты әртүрлі антенна түрлері қолданылады. Сым және таспа монополь, диполь антенналар өндірістің қарапайымдылығына байланысты өте жоғарғы жиілік (ӨЖЖ) және ультра жоғарғы жиілік (УЖЖ) диапазоңдарында төмен жылдамдықты телеметрия үшін кеңінен қолданылады. Бұл диапазоңдар үшін монопольдің немесе дипольдің әдеттегі өлшемдері CubeSat бетінен асып түседі.

Негізінен L және S диапазоңдарында жұмыс істейтін патч антенналары аз өлшемге, төмен салмаққа және қосымша орналастыру механизмінің болмауына байланысты екінші орында.

Антенналардың өлшемін азайту және қажетті сипаттамаларға қол жеткізу үшін фракталдық геометрияларды қолдану да сирек емес. Бұл кең жолақты, көп диапазоңды, антенналардың көлемін азайту және т. б артықшылықтарға жетуге мүмкіндік береді.

Бүгінгі таңда іс жүзінде ЖҚЗ наноспутниктерінде антенналар мен оптикалық құралдар объективі үшін негізінен КҒА бетінде жеке орындар пайдаланылады. Бұл факт аталған КҒА-дағы антенна жүйелері оның бетінде күн энергиясын өндіру үшін пайдаланылуы мүмкін орынды алады дегенді білдіреді. Бұл мәселелерді шешу үшін күн панельдері, оптикалық түсіру жүйесі және т.б. ҒА-ның ішкі жүйелерімен біріктірілген антенна жүйелері ұсынылғанымен, бұл технологияны жете бағаламау байқалады және іс жүзінде сирек қолданылады. Сонымен қатар, антенна жүйесін күн панельдерімен біріктіру көбіне екіншісіне көлеңке түсіруіне әкеліп, бұл өз кезегінде күн панельдерінің тиімділігінің төмендеуін себеп болуы мүмкін.

Әдеби дереккөздерді талдау көрсеткендей, антенналардың жаңа түрлерін жасау және енгізу, миниатюризациялау, олардың тиімділігін арттыру өзекті міндет болып табылады. Ал антенна жүйелерін интеграциялау технологиясын қолдану және осы мәселені шешу үшін фракталдық геометрияны қолдану перспективті болып табылады және осы бағыттағы зерттеулерді әлемдік ғылыми қауымдастық белсенді жүргізуде.

Бұл жұмыста жүргізілген зерттеу қазіргі заманғы радиотехника мен телекоммуникацияның перспективті бағыттарымен байланысты, мұнда КҒА үшін антенна жүйелерін дамытудың жаңа идеялары қолданылады.

**Жұмыстың мақсаты-** ЖҚЗ-да қолданылатын КҒА-на арналған оптикалық жүйемен интеграциялау функциясы бар жаңа антенна жүйелерін әзірлеу, модельдеу және эксперименттік зерттеу.

### **Зерттеу міндеттері**

1. жаңа антенна жүйелерінің жиілік сипаттамаларын, теориялық модельдерін есептеу және компьютерлік модельдеу;
2. есептеу және симуляция негізінде антенна жүйелерінің тәжірибелі модельдерін жасау;

3. антенналардың электродинамикалық сипаттамаларын зерттеу және компьютерлік симуляция нәтижелерімен салыстыру;

**Зерттеу нысандары:** апертуралық біріктіру арқылы наноспутниктік камерамен интеграциялау функциясы бар ZhF негізіндегі патч және конус тәрізді спиральды антенналары.

#### **Зерттеу пәні:**

S11, Кернеу бойынша тұрған толқын коэффициенті (КТТК), бағытталу диаграммасы (ДН), күшейту коэффициенті және поляризация секілді антенналардың электродинамикалық сипаттамалары.

#### **Зерттеу әдісі**

1. ЖҚЗ КҒА-на арналған антенна жүйелерін әзірлеудің теориялық және сандық әдістері;

2. CST Microwave Studio бағдарламалық ортасында компьютерлік және имитациялық модельдеу;

3. жоғары жиілікті жабдықтар мен құрылғылардан тұратын зертханалық кешенді пайдалана отырып антенналардың электродинамикалық сипаттамаларын эксперименттік зерттеу;

4. теориялық есептеулердің, компьютерлік модельдеудің және эксперименттік өлшемдердің нәтижелерін талдау және салыстыру.

5. апертуралық біріктіру арқылы антеннаны наноспутник камерасымен интеграциялаудың КҒА жүйесіне әсерін есептеу.

#### **Қорғауға шығарылатын негізгі тұжырымдамалар:**

1. Камерамен біріктірілген және CubeSat стандартына сәйкес келетін наноспутниктерінің бір жағына сәйкес келетін Жаңабаев фракталы (ZhF) геометриясына негізделген патч антеннасы S диапазонында екі, 2,04 ГГц және 2,45 ГГц резонанстық жиіліктеріне ие.

2. Диаметрі 1 мм серіппелі жез сымы сәулелендіруші ретінде қолданылаған наноспутниктік камерамен біріктіру функциясы бар қос жолақты конус тәрізді спираль антенна L- және S диапазондарында, 1,7 ГГц және 2,45 ГГц жиіліктерінде жұмыс жасайды және сәйкес жиіліктердегі күшейту коэффициенттері 6,8 дБи және 7,4 дБи – ға тең.

3. Түсіру және деректерді жіберу режимдерінің үйлесімі арқасында бір жазықтықты пайдалану арқылы наноспутниктің камерасымен біріктірілген антенна жүйесі түсіру режимінен деректерді беру режиміне ауысуға қажетті энергия шығынын болдырмауға мүмкіндік береді және наноспутниктің жылдамдығын перпендикулярлық орналасу жағдайымен салыстырғанда қондыру бұрышы бойынша 2,11 есеге, ал антенна мен камераның өзара қарама-қарсы орналасуымен салыстырғанда өзіндік айналу бұрышы бойынша 2,14 есеге арттырады.

**Жұмыстың ғылыми жаңалығы бұл бірінші рет**

1. ЖҚЗ наноспутнигінің камерасымен интеграцияланған Жаңабаев фракталының (ZhF) негізінде жасалған екі жолақты патч антенна әзірленді және зерттелді;

2. L - және S диапазонында жұмыс жиіліктері бар ЖҚЗ наноспутниктік камерасымен біріктірілген конус тәрізді спиральды антенна әзірленді және зерттелді;

3. Интеграциялау жүйесінің ғарыш аппаратының жұмысына әсерін есептеулер жүргізілді.

### **Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы**

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер ғарыш техникасы мен технологиясы саласының дамуына, ZhF фракталына негізделген тиімді антенна жүйелерінің дамуына, ҒА тиімділігін арттыруға айтарлықтай үлес қосады.

**Автордың жеке үлесі** - теориялық есептеулердің, компьютерлік модельдеудің және физикалық эксперименттің негізгі нәтижелерін автор жеке орындады. Тапсырма қою, нәтижелерді талқылау ғылыми кеңесшілермен бірлесіп жүргізілді.

### **Нәтижелердің сенімділігі**

Ғылыми нәтижелердің сенімділігі теориялық есептеулердің компьютерлік модельдеу және эксперименттік өлшеу нәтижелерімен үйлесімділігімен расталады.

### **Жұмысты апробациялау**

Диссертация тақырыбы бойынша 9 баспа жұмысы жарияланды.

Web of science деректер базасында немесе Scopus халықаралық деректер базасына кіретін басылымдарда жоғары импакт-факторы бар мақалалар:

1 Meirambekuly, N., Temirbayev, A. A., Zhanabaev, Z. Z., Karibayev, B. A., Namazbayev, T. A., Khaniyev, B. A., Khaniyeva, A. K. Dual-band optical imaging system-integrated patch antenna based on anisotropic fractal for earth-observation CubeSats // Ain Shams Engineering Journal. -2022. –v. 13(2), doi:10.1016/j.asej.2021.07.010.

2 Meirambekuly N, Karibayev, B.A., Namazbayev, T., Ibrayev G.E., Orynbassar S.O., Samsonenko A.I., Temirbayev A.A. A High Gain Deployable L/S Band Conical Helix Antenna Integrated with Optical System for Earth Observation CubeSats // IEEE Access. -2023. -v. 11. -p. 23097-23106, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3253556.

ҚР ОАМ БССҚЕК ұсынған журналдардағы жарияланымдар:

1. Мейрамбекұлы Н., Темирбаев А.А., Карибаев Б.А., Намазбаев Т.А. Анизотропты фрактал негізінде жасалған кіші ғарыш аппараттарына арналған S-диапазонды патч антенна //ҚазҰТЗУ хабаршысы. –2020. –№ 3 (139). –С. 325-330.

2. Мейрамбекұлы Н., Карибаев Б.А., Темирбаев А.А., Иманбаева А.К S и X диапазонная патч антенна для наноспутников CubeSat. // Вестник. Серия Физическая (ВКФ). -2021. -v. 78, -п. 3, -р. 90-96.

3. Мейрамбекұлы Н., Карибаев Б.А., Темирбаев А.А. Многодиапазонная антенна на базе второго поколения анизотропного фрактала для малых космических аппаратов дистанционного зондирования и наблюдения Земли. // Известия НАН РК. Серия физика-математическая. – 2021. –№5. –С. 42-50.

Тезис жинақтарындағы жарияланымдар:

1. Мейрамбекұлы Н. Кіші ғарыш аппараттарына арналған S-диапазонды антенна // Материалы международной конференции студентов и молодых ученых «Фараби Әлемі». –Алматы. –2020, -с. 293.

2. Мейрамбекұлы Н., Ханиева А.К. UniSat наноспутнигінің антенна жүйесі // Материалы международной конференции студентов и молодых ученых «Фараби Әлемі». –Алматы, –2021. –С. 208.

3. Мейрамбекұлы Н. Опыт моделирования антенн для малых космических аппаратов. Анизотропный фрактал Жанабаева // Труды Международного научно-технического форума СТНО. –Рязань, 2022. –С. 5-8.

4. Karibayev B., Meirambekuly N., Namazbayev, T., Temirbayev A.A., Kadylbekkyzy E., Yessentaeva A. S band TT&C antennas integrated with optical camera system for nanosatellites. // International Conference on Electrical, Computer, and Energy Technologies, ICESCT 2022. –2022, 20-22 July 2022.

**Диссертация тақырыбының ғылыми жұмыс жоспарларымен байланысы**

Диссертациялық жұмыс ҒЗЖ шеңберінде ҚР ҒЖБМ ҒК "ақпараттық, коммуникациялық және ғарыштық технологиялар" басымдығы бойынша №АР09057984 "Жерді қашықтықтан зондтау CubeSat наноспутниктері үшін S және X диапазондарының антенналарын әзірлеу және жасау" тақырыбы бойынша қолданбалы ғылыми-зерттеу жұмыстарының жоспарларына сәйкес орындалды

**Диссертацияның құрылымы мен көлемі**

Диссертация кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған дереккөздер тізімінен тұрады және үш қосымшадан тұрады. Жұмыс баспа мәтінінің 107 бетінде көрсетілген, 87 суреттермен суреттелген, 56 формула, 11 кесте келтірілген, пайдаланылған дереккөздердің тізімінде 117 атау бар.