**Кыргыз Pеспубликасынын Улуттук илимдер академиясы**

**Математика институту**

**Ж. Баласагын атындагы Кыргыз Улуттук университети**

Д 01.24.701 Диссертациялык кеңеши

Кол жазма укугунда

УДК 517.968

**Бапа кызы Айнура**

**Вольтерра тибиндеги интегро-дифференциалдык теңдемелердин мезгилдүү чыгарылыштарын изилдөөдөгү проекциялык-итерациялык методдор**

01.01.02 – дифференциалдык теңдемелер, динамикалык системалар жана оптималдык башкаруу

Физика-математика илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациянын АВТОРЕФЕРАТЫ

**Бишкек – 2023**

Диссертациялык иш К.Тыныстанов атындагы Ысык-Көл мамлекеттик университетинин математика жана информатика, окутуунун технологиялары кафедрасында аткарылган.

**Илимий жетекчи: Алымбаев Асангул Темиркулович**, физика-математика илимдердин доктору, И.Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университетинин математика жана окутуунун технологиялары факультетинин профессору.

**Расмий оппоненттер:**

**Жетектөөчү мекеме:**

Диссертацияны коргоо Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Математика институтунун жана Ж. Баласагын атындагы

Кыргыз улуттук университетинин алдындагы физика-математика илимдеринин доктору (кандидаты) илимий даражасына талаптануучулардын диссертациясын коргоо боюнча түзүлгөн Д 01.24.701 диссертациялык кеңешинин 202\_-ж. «\_\_» \_\_\_\_\_\_\_ саат \_\_\_\_дө, Кыргыз Республикасы, 720071, Бишкек ш., Чүй проспекти \_\_\_\_, \_\_\_\_дарскана дарегиндеги отурумунда болот.

Коргоонун идентификатору: [\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_](https://vc1.vak.kg/b/012-ltf-b7j-lgy)

Диссертация менен Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын (720071, Бишкек ш., Чуй пр., 265-а) жана Ж. Баласагын атындагы Кыргыз улуттук университетинин (720033, Бишкек ш., Фрунзе к., китепканаларынан, ошондой эле [www.vak.kg](http://www.vak.kg/) сайтынан таанышууга болот.

Автореферат 202\_\_-жылдын «\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_ таркатылды.

Диссертациялык кеңештин окумуштуу катчысы, физика-математика илимдеринин кандидаты, доцент Шаршембиева Ф. К.

**ИШТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ**

 **Теманын актуалдуулугу.** Көптөгөн маселелерди изилдөө дифференциалдык жана чектүү же чексиз таасирленген интегро-дифференциалдык теӊдемелердин системаларынын мезгилдик чыгарылыштарын окуп-үйрөнүүгө келтирилет.

 Бул теӊдемелердин мезгилдик чыгарылыштарын изилдөө үчүн А.Пуанкаре , Н.М. Крылов, Н.Н. Боголюбов, Ю.А. Митропольский, А.М.Самойленко жана башка авторлор тарабынан түзүлгөн сапаттык, аналитикалык жана асимптотикалык ыкмалар колдонулат. Аталган ыкмалар сызыктуу эместүүлүктүн эффектиси жай байкалган теӊдемелер үчүн ийгиликтүү колдонулат. Бирок, жалпы түрдөгү сызыктуу эмес теӊдемелерди изилдөөдө алардын колдонулушу чектүү сандагы теӊдемелердин класстары менен чектелет.

 Бул жагдайга ылайык азыркы учурда жалпы түрдө берилген теӊдемелер үчүн колдонулуучу ыкмаларды иштеп чыгуу жана колдонуу маанилүү жана актуалдуу маселелердин бири болуп эсептелет.

 Диссертациялык иште экинчи тартиптеги дифференциалдык, интегро-дифференциалдык жана автономдук касиетке ээ, кичине параметрди кармаган интегро-дифференциалдык теӊдемелердин мезгилдик чыгарылыштарынын жашашын изилдөө жана тургузуу маселеси каралган. Изилдөөдө Галеркин методунун идеяларын жана удаалаш жакындатуу ыкмасын айкалыштыруу менен проекциялык-итерациялык ыкма колдонулат жана негизделет.

 **Диссертациянын темасынын окуу жана илимий мекемелер тарабынан жүргүзүлүүчү негизги изилдөө иштери менен байланышы.**

 Диссертациянын темасы боюнча изилдөө иштери К.Тыныстанов атындагы Ысык-Көл мамлекеттик университетинин окумуштуулар кеңеши тарабынан бекитилген «Вольтерра тибиндеги интегро-дифференциалдык теңдемелердин мезгилдүү чыгарылыштарын изилдөөнүн проекциялык-итерациялык методдору» деген теманын алкакта жүргүзүлдү.

 **Изилдөөнүн максаттары жана маселеси**. Иштин максаты төмөндөгүдөй маселелерди чыгаруу:

* так мезгилдик чыгарылыштын аймагында экинчи тартиптеги дифференциалдык жана интегро-дифференциалдык теӊдемелердин Галеркиндин ыкмасынын негизинде тургузулган жакындаштырылган мезгилдик чыгарылыштары болоорун, тескерисинче жакындаштырылган мезгилдик чыгарылыштын аймагында так мезгилдик чыгарылыштын жашашын далилдөө;
* кичине параметрди кармаган автономдук интегро-дифференциалдык теӊдеменин мезгилдик чыгарылышын Галеркиндин ыкмасы аркылуу изилдөөнү негиздөө;
* гармоникалык баланс ыкмасынын негизинде Ван-дер-Польдун интегро-дифференциалдык теӊдемелер системасынын, Дюффингдин кечиккен аргументтүү дифференциалдык теӊдемесинин мезгилдик чыгарылыштарынын биринчи жакындаштырылган чыгарылышын аныктоо.

 **Изилдөөнүн илимий жаӊылыгы:**

* + квазисызыктуу дифференциалдык, интегро-дифференциалдык экинчи тартиптеги теӊдемелердин мезгилдик чыгарылышынын бар экендиги жана аны тургузуу маселелеринде Галеркиндин ыкмасынын колдонулушун негиздөө;
	+ дифференциалдык жана интегро-дифференциалдык теӊдемелердин так чыгарылышынын жашашын Грин функциясы ыкмасы аркылуу далилдөө. Так жана жакындаштырылган чыгарылыштардын айырмасынын абсолюттук чоӊдугунун катасынын өлчөмүн аныктоо;
	+ кичине параметрлүү автономдук интегро-дифференциалдык теӊдемелердин системасынын мезгилдик чыгарылышын Галеркиндин ыкмасы аркылуу тургузуу мүмкүн экендигин көрсөтүү;
	+ гармоникалык баланс ыкмасын колдонуп Ван-дер-Польдун интегро-дифференциалдык теӊдемесинин, кечиккен аргументтүү Дюффингддин дифференциалдык теӊдемесинин биринчи жакындаштырылган мезгилдик чыгарылышы табылды.

 **Теориялык жана практикалык баалуулугу**. Иш теориялык жана колдонмо мүнөзгө ээ. Диссертициянын жыйынтыктарын башка тектеги жана класстагы теӊдемелердин мезгилдик чыгарылыштарын изилдөөдө колдонсо болот. Иштин алгоритмдери менен моделдик теӊдемелердин чыгарылыштарын тургузууга болот. Магистранттар жана докторанттар үчүн атайын курстарды иштеп чыгууда колдонууга болот.

 **Диссертациянын коргоого алып чыгылуучу негизги жоболору:**

1. Экинчи тартиптеги дифференциалдык теӊдеменин жана интегро-дифференциалдык теӊдеменин интегралдын пределдик маанилерине карата чектүү жана чексиз таасирленген теӊдемелеринин, так мезгилдик чыгарылышынын аймагында Галеркиндин жакындаштырылган мезгилдик чыгарылышынын жашашы тууралуу теореманы далилдөө;
2. Галеркиндин жакындаштырылган мезгилдик чыгарылышынын аймагында дифференциалдык жана чектүү, чексиз таасирленген экинчи тартиптеги интегро-дифференциалдык теӊдемелердин мезгилдик чыгарылышынын жашашы тууралуу теореманы далилдөө;
3. Чексиз кичине параметрди кармаган автономдук интегро-дифференциалдык теӊдемелердин системасынын мезгилдик чыгарылыштарын табуу үчүн Галеркиндин ыкмасын колдонууга боло тургандыгын негиздөө.
4. Ван-дер-Польдун жана Дюффингдин аргументи кечиккен теӊдемелеринин биринчи жакындаштырылган мезгилдик чыгарылышын табуу үчүн гармоникалык баланс ыкмасын колдонуу.

 **Изденүүчүнүн жеке салымы.** Диссертациялык изилдөөнүн максаттары жана милдеттери илимий жетекчиси А.Т. Алымбаевге таандык. Диссертацияда авторго таандык материалдар камтылган.

**Диссертациянын жыйынтыктарын апробациялоо.** Иштин жыйынтыгы төмөндөгүдөй эл аралык жана республикалык илимий конференцияларда баяндалган жана талкууланган:

* “СССР доору: мезгилге баа берүү” аттуу эл аралык илимий-практикалык конференция ( Каракол ш., К.Тыныстанов атындагы ЫМУ, 14-15-октябрь 2021-ж.).
* Профессор Торогельдиева К.М. 70-жылдык юбилейине жана «Математика жана аны окутуунун технологиялары» кафедрасынын 70- жылдыгына арналган "Санариптештирүү шартында табигый математикалык илимдерди окутуу технологияларынын маселелери жана келечеги" аттуу эл аралык илимий - практикалык конференция ( Бишкек, ш., И. Арабаев атындагы КМУ, 21-22-май 2022-ж.).
* “Кыргызстандын өнүгүүсүндөгү Каракол шаарынын тарыхый - агартуучулук мааниси” атту эл аралык илимий-практикалык конференция (Каракол, К.Тыныстанов атындагы ЫМУ, 10-11-июнь 2022-ж.).
* КР баатыры, мамлекеттик жана коомдук ишмер А.Масалиевдин 90- жылдыгына карата «Ааламдаштыруу доорунда коомду, билим берүүнү жана илимди туруктуу өнүктүрүүнүн заманбап, санариптик трансформациялары: өткөндүн тажрыйбасы, учурдун мүмкүнчүлүктөрү, келечектин стратегиялары» аттуу эл аралык илимий-практикалык конференция ( Баткен ш. БатМУ, 28-29 апрель 2023-ж.).
* КР УИАнын ардактуу академиги, КР УИАнын корреспондент-мүчөсү, ф.-м. и. д., профессор Келдибай Алымкуловдун 80- жылдыгына арналган “Математика жана билим берүүнүн актуалдуу маселелери” эл аралык илимий конференциясы. (ОШ, ОшМУ, 12-13-май, 2023-ж.)
* КР Эл мугалими, Илим жана техника жаатындагы мамлекеттик сыйлыктын лауреаты, КР УИА нын мүчө-корр., КББА нын академиги, п.и.д., проф. И.Бекбоевге арналган “И.Бекбоевдик алтынчы окуулары: билим берүүнүн заманбап моделинин көйгөйлөрү: актуалдуу маселелер, жетишкендиктер жана инновациялар” аттуу илимий-практикалык конференция, (Талас ш., ТалМУ, 8-9 июнь 2023-ж.).

* КР УИАнын 70- жылдыгына жана КР УИАнын Математика институтунун 40 -жылдыгына арналган “V Бөрүбаев окуулары” эл аралык илимий конференциясы. (Бишкек ш., КР УИА МИ, 20-21-июнь, 2024-ж.)

 **Диссертациянын жыйынтыктарынын басылмаларда чагылдырылышынын толуктугу.** Диссертациянын негизги мазмуну [12-20], [22-25], [65], [73] макалаларында жарыяланган. Биргелешкен эмгектерде [12-20] жана [73], жеке эмгектерде [22-25], [65]. Маселелерди коюу жана жыйынтыктарды талкуулоо илимий жетекчиси А.Т.Алымбаевге, теоремаларды, корутундуларды далилдөө жана иллюстративдик мисалдарды түзүү авторго таандык.

**Диссертациянын структурасы жана көлөмү.** Диссертациялык иш кыскартуулардын жана белгилөөлөрдүн тизмегинен, кириш сөздөн, 14 бөлүмдү камтыган төрт главадан, корутундудан, практикалык сунуштамалардан жана 73 аталыштагы колдонулган булактардын тизмесинен, 102 барак компьютердик тексттен турат.

Авторефератта диссертацияда кабыл алынган номерлөө системасы колдонулат жана сакталган: ар бир главанын ичинде кош үзгүлтүксүз номерлөө. Мисалы, формула (4.2) 4-главанын экинчи формуласы, 3.5-теорема 3-главанын бешинчи теоремасы, 3.4-мисал 3-главанын төртүнчү мисалы.

**ДИССЕРТАЦИЯНЫН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ**

Киришүүдө изилдөөнүн максаты, маселелери, теманын актуалдуулугу, илимий жаӊылыктары жана теориялык, практикалык баалуулуктары чагылдырылган.

 Биринчи главада иштин кыскача мазмуну жана диссертациянын темасы боюнча каралган адабияттардан обзор, автордун изилдөөлөрүнөн кыскача корутунду келтирилген.

 Галеркиндин проекциялык ыкмасынын негизи В.Ритц, Б.Г.Галеркиндин, Л.В. Канторовичтин, М.В. Келдыштин, И.В. Свирскийдин, Н.Н.Польскийдин ж.б.авторлордун эмгектеринде түзүлгөн.

 Автономдук касиетке ээ дифференциалдык жана автономдук касиетке ээ эмес теӊдемелердин системасынын, кечиккен аргументтүү дифференциалдык теӊдемелердин системаларынын, ар кандай класстагы интегро-дифференциалдык теӊдемелердин мезгилдик чыгарылыштарын тургузуунун маселелери М.Урабе, А.М. Самойленко, О.Д.Нуржанов, Б. Вуйтович, А.Т. Алымбаев, А.Б. Кибенко, П.П.Забреййко, С.О. Стрыгин, А.Stokes, Yamomoto Noro ж.б. авторлордун эмгектеринде чагылдырылган.

 Гармоникалык баланс ыкмасы Галеркиндин ыкмасынын классына кирип, аны негиздеп ишьеп чыгуу маселеси Н.М.Крылов жана Н.Н. Боголюбов тарабынан ишке ашырылган.Гармоникалык баланс ыкмасы жана колдонулушу, аны өнүктүрүү боюнча маселелер Е.Н.Розенвассер, Л.Чезари, дж.Хейл сыяктуу авторлор тарабынан каралган. Сызыктуу эмес динамикалык системалардын математикалык моделдеринин пределдик циклдерин аныктоо үчүн А.А.Кондратьева, S.Zebik, B.Delamotte тарабынан иштелип чыккан, эффективдүү варианттардын бири сунушталган.

мында - мезгилдүү функция, мезгилдик системага карата Галеркиндин ыкмасын негиздөө маселесине арналган М.Урабенин эмгегине өзгөчө көӊүл бурууга болот. (1) системанын мезгилдик чыгарылышы Фурьенин тригонометриялык катары түрүндө изделет. М.Урабе өзүнүн эмгегинде так жана жакындвштырылган чыгарылыштардын ортосундагы байланыштын жалпы теоремасын далилдеген. Ал жакындаштырылган мезгилдик чыгарылыштын бар экендиги жөнүндөгү шартташуудан, (1) системанын так мезгилдик чыгарылышы болоорун, тескерисинче так мезгилдик чыгарылыштын аймагында жакындаштырылган мезгилдик чыгарылыштын жашашы тууралуу тыянакты далилдеген.

Экинчи главада Галеркиндин ыкмасы менен экинчи тартиптеги дифференциалдык жана чектүү, чексиз таасирленген интегро-дифференциалдык теӊдемелердин мезгилдик чыгарылыштары изилденип, аны Галеркиндин ыкмасы аркылуу табууга боло турган маселе негизделген:

2.1 пунктта экинчи тартиптеги дифференциалдык теӊдеме каралат.

мында мезгилдүү, Фурьенин тригонометриялык катарына ажыралуучу функция

Мезгилдик функциялардын көптүгүндө оператору каралат

 (6) туюнтманы эске алып, (5) теӊдемени төмөндөгүдөй түрдө жазабыз:

**Теорема 1.** Мейли (7) теӊдеменин -мезгилдүү чыгарылышы болсун. Эгерде

-мезгилдүү чыгарылышы

формуласы аркылуу аныкталат.

**Теорема 2.**  айырмасынын чоӊдугу төмөндөгүдөй барабарсыздыктар аркылуу бааланат

мында

Галеркиндин ыкмасынын алгоритмине ылайык, (2) дифференциалдык теӊдеменин -мезгилдүү чыгарылышы

түрүндө изделет жана коэффициенттери

же

түрдөгү алгебралык теӊдемелердин системасынан аныкталат.

 2.2 пунктта (9) теӊдеменин чечилиши жана  чыгарылышы  учурда (2) теӊдеменин -мезгилдүү так чыгарылышына умтулаары көрсөтүлөт, б.а. -мезгилдүү так чыгарылыштын аймагында -мезгилдүү жакындаштырылган чыгарылыштын жашаары далилденет.

**Теорема 3.** (2) дифференциалдык теӊдеме, төмөндөгүдөй шартты канагаттандырсын:

1) областында -мезгилдүү так чыгарылыш жашасын;

2) (2) теореманын шарттары аткарылсын;

3)

4)

Анда, эӊ чоӊ саны табылып бардык үчүн, (2) теӊдеменин Галеркиндин ыкмасы боюнча аныкталган -мезгилдүү чыгарылышы жашайт жана умтулган учурда, бир калыпта так чыгарылышка жыйналат, так жана жакындаштырылган чыгарылыштардын ортосундагы айырманын чоӊдугу

барабарсыздыктын өлчөмү (баалоосу) менен аныкталат.

 теӊдемесин

түрдөгү Грин функциясы аркылуу сан огундагы төмөндөгүдөй интегралдык теӊдемеге келтиребиз

2.3 пунктта сан огунда аныкталган Грин функциясы ыкмасын колдонуп 3 теоремага тескери теорема далилденди б.а. (2) теӊдеменин жакындаштырылган -мезгилдүү чыгарылышынын аймагында, анын -мезгилдүү так чыгарылышы болоору далилденди.

**Теорема 4.**  функциясы (2) теӊдеменин чыгарылышы болсун жана (9) теӊдемени канагаттандырган Гриндин (10) функциясы бар болсун дейли. Анда функциясы (11) интегралдык теӊдеменин дагы чыгарылышы болот.

**Теорема 5.** Мейли (4) теореманын шарттары орун алсын дейли. Эгерде шарты аткарылса, анда (11) интегралдык теӊдеменин -мезгилдүү чыгарылышы (2) дифференциалдык теӊдеменин дагы мезгилдик чыгарылышы боло алат.

 айырмасы үчүн төмөндөгүдөй баалоо орун алат.

 2.4, 2.5, 2.6 пункттарда 2.3 пункта алынган жыйынтыктар

)

мында – заттык сан, үзгүлтүксүз, өзгөрмө чоӊдуктары боюнча дифференцирленүүчү-мезгилдүү функциялар, болгон интегро-дифференциалдык теӊдемеге, ошондой эле

интегро-дифференциалдык теӊдемеге жайылтылат, мында – чыныгы сан, -мезгилдүү функция, боюнча үзгүлтүксүз жана боюнча дифференцирленүүчү

барабарсыздыгын канагаттандыруучу функция.

(12), (13) теӊдемелердин мезгилдик чыгарылыштарын

түрдө издейбиз.

(15) катарды (12) коебуз:

же

мында

**Теорема 6***.* Мейли (12) интегро-дифференциалдык теӊдеменин мезгилдүү чыгарылышы болсун дейли жана ал төмөндөгү шарттарды канагаттандырсын:

а) 2 теореманын талаптары орун алсын;

б)

в)

 Анда, (16) алгебралык теӊдемеси түрдөгү жалгыз чыгарылышка ээ болот*,* так жана жакындаштырылган чыгарылыштардын ортосундагы айырма үчүн

баалоосу орун алат.

 (15) катарды (13) теӊдемеге коюп, бул теӊдеме үчүн (16) алгебралык теӊдеме сыяктуу теӊдемени алабыз:

мында

(13) теӊдеме үчүн (14) баалоо орун алса, анда 6 теорема сыяктуу жыйынтыкты алабыз жана үчүн

барабарсыздыкты алабыз.

Үчүнчү главада чектүү таасирленген кичине параметрди кармаган, автономдук касиетке ээ болгон интегро – дифференциалдык теӊдемелердин системасын карайбыз:

Дүүлүкпөгөн () системанын мезгилдүү чыгарылышы болсун деп эсептейли.

3.1 пунктта өзгөрмөлөрдү алмаштыруу менен

мында – -өлчөмдүү -мезгилдүү матрица, (20) система -мезгилдүү системага келтирилет:

Дюффингдин интегро-дифференциалдык теӊдемесин, автономдук эмес теӊдемеге келтирүү маселеси каралат:

3.2.пунктта жөнөкөй итерациялоо ыкмасы менен

теӊдемесинин чечилишинин критерийи далилденген. Мында

- бирдей өлчөмдөгү вектор-функциялар.

– областында үзгүлтүксүз дифференцирленүүчү функциялар, ошондой эле  жана -**чыныгы** (заттык) матрица, кичине параметр.

**Теорема 7.** (21) системанын жакындаштырылган чыгарылышы болсун дейли, мында . Ошондой эле турактуулары бар болуп жана үчүн төмөндөгүдөй шарттар аткарылсын:

1. .

 .

1. .

анда (21) система жалгыз ээ болот областында жана баалоосу орун алат.

(20) системаны

түрүндө жазып алабыз.

(22) системанын чыгарылышы төмөндөгүдөй алгоритмдин негизинде издейбиз:

 коэффициенттерин

, (24)

алгебралык теӊдемелер системасынан аныктайбыз мында

.

 аркылуу сан огунда чектелген чыгарылыштар үчүн төмөндөгүдөй касиетке ээ Грин функциясын белгилейбиз:

1. бирдик матрица;

Грин функциясы

системасын канагаттандырат.

**Теорема 8.** Мейли (23), системанын а) жана б), касиеттерине ээ болгон Грин функциясы бар болсун, анда жана (24) системаны

түрүндө жазып алууга болот.

(26) системаны удаалаш жакындаштыруу методу менен чыгарабыз

**Теорема 9.** (22) системанын областында боюнча -мезгилдүү чыгарылышы болсун жана төмөндөгүдөй шарттарды канагаттандырсын:

 в) сызыктуу системасы Грин функциясына ээ болуп, төмөндөгүдөй шарттарды канагаттандырсын:

 1)

2) мында оӊ маанидеги турактуулар;

3) при

Анда так чыгарылыштын аймагында Галеркиндин ,жакындаштырылган чыгарылышы жашайт айырмасы үчүн төмөндөгүдөй баалоо орун алат:

.

3.4.пунктта 9 теореманын тескери тыянагы далилденет б.а. Галеркиндин жакындаштырылган чыгарылышынын аймагында (22) системанын так чыгарылышы болоору далилденди.

**Теорема 10.** (22) интегро-дифференциалдык теӊдемелердин системасы төмөндөгүдөй шарттарды канагаттандырсын :

а) , санынын бардык маанилери үчүн , областында Галеркиндин жакындаштырылган чыгарылыштары бар болсун;

б) сызыктуу системасы 9-теореманын 1), 2) касиеттерине ээ болгон Грин функциясына ээ болсун;

в)

 Анда (22) система Галеркиндин жакындаштырылган чыгарылышынын аймагында -мезгилдүү так чыгарылышынына ээ болот жана

 айырмасы үчүн төмөндөгүдөй баалоо туура болот

Төртүнчү глава Ван-Дер-Польдун интегро-дифференциалдык теӊдемелер системасынын мезгилдик чыгарылышын биринчи жакындоодо тургузууга арналган:

(28)

мында параметр.

Ошондой эле, кечиккен аргументтүү Дюффингдин биринчи тартиптеги дифференциалдык теӊдемеси:

мында – кичине параметр, - сандык параметр, – кечигүү чоӊдугу ,

жана Ван-дер-Польдун кечиккен аргументтүү экинчи тартиптеги дифференциалдык теӊдемеси каралат:

мында – кечигүү чоӊдугу жана

4.1 пунктта (28) системанын мезгилдик чыгарлышы биринчи жакындаштырууда төмөндөгүдөй түрдө изделет:

мында термелүү жыштыгы, тандалып алынуучу коэффициенттер. Эсептөөнүн жыйынтыгында жана

 фазалык тегиздигинде (28) системанын мезгилдик чыгарылыштары эллипстик сызыктардын көптүгүн сүрөттөйт:

4.2 пунктта Дюффингдин (29) теӊдемесинин мезгилдик чыгарылышы биринчи жакындаштырууда төмөндөгүдөй түрдө изделет:

Эсептөөлөрдүн негизинде жыштыгынын жана коэффициенттеринин маанилери аныкталды:

Биринчи жакындаштырууда (29) теӊдеменин мезгилдик чыгарылышы төмөндөгүдөй түрдө болот:

4.3 пунктта Ван-дер-Полдун (30) теӊдемеси каралып, анын жакындаштырылган мезгилдик чыгарылышы

түрдө изделди.

 жыштыкты жана коэффициенттерин эсептөөнүн негизинде:

Мезгилдик чыгарылыш биринчи жакындаштырууда төмөндөгүдөй туюнтма түрүндө жазылат:

Мындан

 () фазалык тегиздигинде сызыктын төмөндөгүдөй теӊдемесин алабыз:

**ПРАКТИКАЛЫК СУНУШТАМАЛАР**

 Иш теориялык жана колдонмо мүнөзгө ээ. Дисмсертициянын жыйынтыктарын башка тектеги жана класстагы теӊдемелердин мезгилдик чыгарылыштарын изилдөөдө колдонсо болот. Иштин алгоритмдери менен моделдик теӊдемелердин чыгарылыштарын тургузууга болот. Магистранттар жана докторанттар үчүн атайын курстарды иштеп чыгууда колдонууга болот.

**ДИССЕРТАЦИЯНЫН ТЕМАСЫ БОЮНЧА ЖАРЫЯЛАНГАН**

**ЭМГЕКТЕРДИН ТИЗМЕСИ**

1. **Alymbaev A.T., Myrzakylova M.T. Bapa kyzy A**. Application of the summary-difference method with a regularizer to construct an asymptotic solution to the boundary value problem of a system of nonlinear difference equations. / Вестник Института математики НАН КР. [Herald of institute mathematics of the national academy of sciences of the kyrgyz republic](https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=49308072" \o "Содержание выпусков этого журнала). №2 Бишкек-2021. ISSN 1694-8173. DOI: 19290/2021. 74-80 стр./ <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49308086>
2. **Алымбаев А.Т. Бапа кызы А.** Периодическое решение системы автономных интегро-дифференциальных уравнений с конечным последействием. // Вестник науки и образования № 1-1 (121), г. Иваново 2022. ГОСТ 7.56-2002. ISSN 2312-8089. 5-12 стр. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48007904>
3. **Бапа кызы А.** О существовании периодического решения системы нелинейных автономных интегро-дифференциальных уравнений с конечным последействием. // Вестник науки и образования № 1 (121), г. Иваново 2022. ГОСТ 7.56-2002. ISSN 2312-8089. 16-21стр/ <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48007906>
4. **Алымбаев А.Т. Бапа кызы А.** Влияние интегрального члена к решению системы уравнений Ван-дер-Поля. // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, №1, Бишкек 2022. ISSN 1694-8483. DOI:10.26104/NNTIK.2019.45.557. 3-7 стр. // <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48408348>
5. **Алымбаев А.Т. Бапа кызы А.** Квазисызыктуу дифференциалдык теңдемелердин системасынын мезгилдик чыгарылышы. // Известия ВУЗов Кыргызстана, №2, Бишкек-2022. ISSN 1694-7681. DOI: 10/26104/IVK.2019.45.557. 21-26 стр.// <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48485758>
6. **Bapa kyzy A.** The Galerkin method for constructing solutions to a quasilinear differential equation of the second order. // Вестник Института математики НАН КР. [Herald of institute mathematics of the national academy of sciences of the kyrgyz republic](https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=49308072" \o "Содержание выпусков этого журнала). №1 Бишкек-2022. ISSN 1694-8173. DOI: 19290/2022. 99-108 стр. // <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49328828>
7. **Алымбаев А.Т. Бапа кызы А.** О методе гармонического баланса построения периодического решения системы автономных интегро-дифференциальных уравнений с бесконечным последействием. // Alatoo academic studies. №2-2022 г. ISSN 1694-5263. DOI: https: doi.org/10.17015/aas.2022.222.58. 459-463 стр. // <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49469587>
8. **Бапа кызы А.** Построение решения системы квазилинейных уравнений методом простой итерации.// Alatoo academic studies №3-2022 г. ISSN 1694-5263. DOI: https: doi.org/10.17015/aas.2022.223.49. 402-406 стр. // <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49822432>
9. **Алымбаев А.Т. Бапа кызы А.** Периодическое решение квазилинейного дифференциального уравнения второго порядка. // Вестник Иссык-Кульского университета № 53. 2022. ISSN 1561 – 9516. 28-33 стр. // <https://libraryiksu.kg/vestnik/arhiv/72>
10. **Бапа кызы А.** Периодическое решение дифференциального уравнения Ван-дер-Поля с запаздыванием. // Вестник Баткенского государственного университета № 1. 2023. ISSN 1694-8726. 3-6 стр.//
11. **Алымбаев А.Т. Бапа кызы А.** О методе Галеркина построения периодических решений квазилинейной интегро-дифференциальной уравнении второго порядка.// Материалы МНК «актуальные проблемы математики и образования» посвященной 80-летию заслуженного деятеля науки КР, члена-корр. НАН КР, д.ф.-м.н., проф., акад. НАН КР К. Алымкулова, г.Ош. 13-21 стр.//
12. **Алымбаев А.Т. Бапа кызы А.** Дюффингдин кечиккен аргументтүү мүчөнү кармаган экинчи тартиптеги дифференциалдык теңдемесинин мезгилдик чыгарылышы.// Вестник Кыргызстана №2 (1) 2023. ISSN 1694-7711. DOI: [10.33514](https://apps.crossref.org/myCrossref/?report=missingmetadata&datatype=j&prefix=10.33514). 307-310 стр.

[http://vestnik.kg/admin-admin/fotogalere/1708050168\_%20%D0%9A%D1%8B%D1%80%D0%B3%D1%8B%D0%B7%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B0%202(1)%202023..%20(1).pdf](http://vestnik.kg/admin-admin/fotogalere/1708050168_%20%D0%9A%D1%8B%D1%80%D0%B3%D1%8B%D0%B7%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B0%202%281%29%202023..%20%281%29.pdf)

1. **Алымбаев А.Т. Бапа кызы А.** Существование периодического решения дифференциального уравнения второго порядка. Метод функции Грина. // Вестник ИГУ №55 2023. 7-14 стр. <https://libraryiksu.kg/vestnik/arhiv/75>
2. **A.T. Alymbaev, A. Bapa kyzy , F.K.Sharshembieva** Periodic solutions of a second-order nonlinear volterra integro-differential equation. Advances in Differential Equations and Control Processes **P-ISSN:** 0974-3243 **E-ISSN:** 3048-734X **Издатель:** Pushpa Publishing House Prayagraj, India Volume 31, Number 2, 2024.// <https://pphmjopenaccess.com/index.php/adecp/issue/view/219>
3. **Алымбаев А.Т. Бапа кызы А**. Периодическое решение квазилинейного интегро-дифференциального уравнения второго порядка с бесконечным последействием.// Тезисы докладов. Международная научная конференция «V Борубаевские чтения”, посвященная 70-летиюНациональной академии наук Кыргызской Республики и 40-летию Института математики НАН КР. 2024г.-52-стр.

РЕЗЮМЕ

Тема

Физика-математика илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертация. 01.01.02-дифференциалдык теӊдемелер, динамикалык системалар жана оптималдуу башкаруу адистиги.

 Урунттуу сөздөр: Мезгилдик чыгарылыш, квазисызыктуу экинчи тартиптеги дифференциалдык жана интегро-дифференциалдык теӊдемелер, кичине параметрлүү интегро-дифференциалдык теӊдеме, Галеркиндин методу, Грин функциясы методу.

Изилдөө объектиси: Экинчи тартиптеги дифференциалдык, интегро-дифференциалдык теӊдемелердин мезгилдик чыгарылышы, автономдуу касиетке ээ кичине параметрди кармаган интегро-дифференциалдык теӊдемелердин системасы.

 **Иштин максаты:** Экинчи тартиптеги дифференциалдык, интегро-дифференциалдык теӊдемелердин так мезгилдик чыгарылышынын аймагында Галеркиндин мезгилдик жакындаштырылган чыгарылышынын жашашын далилдөө. Тескери чыгарылыштын б.а. жакындаштырылган чыгарылыштын аймагында так чыгарылыштын бар экендигин далилдөө. Кичине параметрлүү автономдук интегро-дифференциалдык теӊдемелердин системасын изилдөөнүн Галеркиндин ыкмасынын колдонулушун негиздөө. Гармоникалык баланс ыкмасы менен Дюффингдин кечиккен аргументтүү дифференциалдык теӊдемесинин жана Ван-дер-Польдун интегро-дифференциалдык теӊдемелеринин биринчи жакындаштырылган мезгилдик чыгарылыштарын тургузуу.