

**ЯДРО ФИЗИКАСИ ИНСТИТУТИ ВА ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ
16.07.2013.ФМ.11.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**АСТРОНОМИЯ ИНСТИТУТИ
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ**

МИРТАДЖИЕВА КАРАМАТ ТАХИРОВНА

**ДИСКСИМОН ГАЛАКТИКАЛАРДА АСОСИЙ ТАРКИБИЙ
ТУЗИЛМАЛАР ШАКЛЛАНИШИНИНГ НОЧИЗИҚЛИ НАЗАРИЯСИ**

**01.03.01 – Астрономия
(физика-математика фанлари)**

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2016

УДК 524.3/4

Докторлик диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата докторской диссертации
Content of the abstract of doctoral dissertation

Миртаджиева Карамат Тахировна Дисксимон галактикаларда асосий таркибий тузилмалар шаклланишининг нозичиқли назарияси	3
Миртаджиева Карамат Тахировна Нелинейная теория формирования основных структурных образований в дискообразных галактиках.....	29
Mirtadjieva Karamat Taxirovna Non-linear origin theory of basic structural formations in disc-like galaxies	55
Эълон қилинган ишлар рўйхати Список опубликованных работ List of published works.....	77

**ЯДРО ФИЗИКАСИ ИНСТИТУТИ ВА ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ
УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ
ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ
16.07.2013.ФМ.11.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**АСТРОНОМИЯ ИНСТИТУТИ
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ**

МИРТАДЖИЕВА КАРАМАТ ТАХИРОВНА

**ДИСКСИМОН ГАЛАКТИКАЛАРДА АСОСИЙ ТАРКИБИЙ
ТУЗИЛМАЛАР ШАКЛЛАНИШИНИНГ НОЧИЗИҚЛИ НАЗАРИЯСИ**

**01.03.01 – Астрономия
(физика-математика фанлари)**

ДОКТОРЛИК ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2016

Докторлик диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида 31.03.2016/В2014.5.ФМ143 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Астрономия институти ва Ўзбекистон Миллий университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз) Илмий кенгаш веб-саҳифаси (www.inp.uz) ва «Ziynet» таълим ахборот тармоғида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи: **Нуритдинов Салахутдин Насритдинович,**
физика-математика фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: **Чернин Артур Давидович,**
физика-математика фанлари доктори, профессор

Коршунова Наталья Александровна,
физика-математика фанлари доктори, профессор

Расулова Мухаё Юнусовна,
физика-математика фанлари доктори

Етакчи ташкилот: **В.Г. Фесенков номидаги Астрофизика институти**
Олмаота ш., Қозоғистон Республикаси

Диссертация ҳимояси Ядро физикаси институти ва Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги 16.07.2013.ФМ.11.01 рақамли Илмий кенгашининг 2016 йил «__» _____ соат ____ даги мажлисида бўлади. (Манзил: 100214, Тошкент ш., Улуғбек кўрғони, ЯФИ. Тел. (+99871) 150-30-70; факс (+99871) 150-30-80; e-mail: info@inp.uz).

Докторлик диссертацияси билан Ядро физикаси институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (04-16 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100214, Тошкент ш., Улуғбек кўрғони, ЯФИ. Тел. (+99871) 289-31-19).

Диссертация автореферати 2016 йил «__» _____ куни тарқатилди
(2016 йил “__” _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси).

У.С. Салихбаев,
Фан доктори илмий даражасини берувчи
Илмий кенгаш раиси, ф.-м.ф.д., профессор

Р. Ярмухамедов,
Фан доктори илмий даражасини берувчи
Илмий кенгаш илмий котиби, ф.-м.ф.д., профессор

И. Хидиров,
Фан доктори илмий даражасини берувчи
Илмий кенгаш ҳузуридаги илмий
семинар раиси, ф.-м.ф.д., профессор

КИРИШ (докторлик диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Спирал ва линзасимон галактикалар дисксимон ҳисобланади ва, бинобарин, Коинот «ғиштчаларини» – кузатилаётган элементларнинг асосий қисмини айнан дисксимон галактикалар ташкил этишини тасдиқлаш мумкин. Галактикалар ўтатўдалари кўринишидаги Зельдович «қуймоқ»лари ҳам дисксимон ҳисобланади. Шу сабабли ўзгравитацияланувчи тизимларнинг дисксимон моделларини ўрганиш нафақат галактикадан ташқи астрономия ва астрофизика учун, балки космология учун ҳам катта қизиқиш уйғотади.

Дисксимон галактикаларнинг тузилиши анчагина серқирра. Ер юзасида ва космосда туриб олинган замонавий кузатув натижаларига кўра, спирал галактикалар дискларида аввалдан ва яхши маълум бўлган спирал тузилмалардан ташқари, галактика ядроси унинг геометрик марказидан аниқ силжиши кўринишидаги лопсайдаллик ҳодисаси, турли халқа тузилмалари, шунингдек дискнинг вертикал эгилишлари, айниқса, унинг айланиш ўқи ва симметрия текислигига нисбатан асимметрик эгилишлари кузатилади. Кўрсатиб ўтилган таркибий тузилмаларнинг шаклланиш жараёнларини ғалаёнланишнинг аниқ бир модалари беқарорликлари билан тушунтириш мумкин, чунки айнан гравитацион беқарорлик галактикаларда ва бошқа қатор ўзгравитацияланувчи тизимларда катта масштабли тузилмалар юзага келишининг асосий физик механизми ҳисобланади. Бироқ шу вақтгача бу беқарорликлар гравитацион дискнинг қатъий мувозанатли моделлари доирасида аналитик тадқиқ қилинган, ваҳоланки, реал ҳолатда бу жараёнлар диск ости тизимининг яққол ночизикли ностационар ҳолатлари фонидан юз беради.

Айнан ушбу ҳолат аналитик йўл билан ечиладиган ностационар ўзгравитацияланувчи моделларни тузишни ва бу ночизикли номувозанатли ҳолатлар фонидан гравитацион беқарорлик ҳодисаларини таҳлил қилишни тақозо этиб, ҳозирги кунда дисксимон галактикалар бошланғич эволюцияси ва физикасини ўрганишда муҳим ва ҳал қилувчи бўғинлардан бири ҳисобланади ҳамда мазкур илмий тадқиқотнинг дунё миқёсида долзарблигини асослайди.

Юқорида қайд этилган халқа, лопсайдал ва эгриланиш кўринишидаги таркибий тузилмаларнинг дисксимон ўзгравитацион тизимлар (ДЎТ) ривожланишининг бошланғич босқичидаги ночизикли ностационар хусусиятларини ўрганиш, улар юзага келишининг аниқ мезонларини топиш, спирал галактикалар диск ости тизимининг ностационар модели физик параметрлари орасидаги критик боғланиш диаграммаларини тузиш ҳамда мазкур таркибий тузилмалар шаклланишининг номувозанатли назариясини ишлаб чиқиш тегишли компьютер сонли тажрибаларининг қўйилиши ва самарали бажарилиши ҳамда дисксимон галактикалар бошланғич эволюцияси муаммосини ҳал қилиш учун имкон яратади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланиши-нинг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти республика фан

ва технологиялари ривожланишининг: II. «Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлиги» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи. Дисксимон галактикалар таркибий тузилмаларининг шаклланиш муаммолари устида изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, Алабама университети, Вашингтон Карнеги институти, Д.Хопкинс университети, Космик телескопи илмий институти (АҚШ), Оулу университети (Финляндия), Париж обсерваторияси (Франция), Турин обсерваторияси (Италия), Кейптаун Астрономия институти (Нидерландия), Бангалордаги Ҳиндистон фанлар институти, Карачи университети (Покистон), Лейпциг университети ва Макс Планк Астрофизика институти (Германия), Гренада университети (Испания), Москва Давлат университетининг Штернберг номли Давлат астрономия институти ва С.-Петербург университетининг Соболев номли Астрономия институти (Россия), Кембридж университети (Буюк Британия), Британия Колумбияси университети (Канада), Ўзбекистон Миллий университети ва Астрономия институти (Ўзбекистон) томонидан олиб борилмоқда.

Дисксимон галактикалардаги асосий таркибий тузилмаларнинг тадқиқоти бўйича жаҳон миқёсида қатор, жумладан, қуйидаги илмий натижалар олинган: ҳалқасимон галактикалар каталоглари тузилган, уларнинг кинематик характеристикалари аниқланган, галактикаларнинг ўзаро кўшилиши назарияси доирасида ҳалқасимон тузилмалар пайдо бўлишининг сонли-экспериментал моделлари ишлаб чиқилган (Алабама университети, АҚШ; Оулу университети, Финляндия; Париж обсерваторияси, Франция; Турин обсерваторияси, Италия ва Вашингтондаги Карнеги институти, АҚШ); лопсайдал галактикаларнинг каталоглари тузилган, галактикаларнинг лопсайдаллик даражаси аниқланган, мувозанатли моделлар фонида модал таҳлили натижалари олинган (Кейптаун Астрономия институти, Нидерландия; Космик телескопи илмий институти ҳамда Д. Хопкинс университети, АҚШ; Бангалордаги Ҳиндистон фанлар институти; Париж обсерваторияси, Франция ва Карачи университети, Покистон); эгрланган диск ости тизимли галактикаларнинг каталоглари тузилган ҳамда эгрланиш турлари аниқланган, эгрланиш даражаси қийматлари топилган ва тортилиш назарияси асосида сонли-экспериментал моделлари ёрдамида эгрланиш эффектлари аниқланган (Лейпциг университети, Германия; Гренада университети, Испания; Санкт-Петербург университетининг Соболев номли Астрономия институти, Россия; Макс Планк Астрофизика институти, Германия; Кембриж университети, Буюк Британия ва Британия Колумбияси университети, Канада).

Ҳозирги пайтда жаҳонда дисксимон галактикаларда асосий таркибий тузилмалар шаклланиши муаммолари бўйича қатор, жумладан, қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: галактикалар дискидаги ҳалқа, лопсайдал ва эгрланиш кўринишидаги таркибий тузилмалар кузатуви ва улар таҳлилини олиб бориш; ДЎТ эволюциясининг бошланғич босқичини назарий моделлаштириш; ночизиқли ностационар моделлар фонида ғалаёнланишнинг тузилмавий модалари гравитацион бекарорлигининг

параметрлар бўйича соҳаларини топиш; дисксимон галактикаларда уларнинг шаклланиш бошланғич физик шароитлари, мезонлари ҳамда тегишли механизмларини аниқлаш ва ушбу таркибий тузилмалар шаклланишининг ночизикли назариясини тузиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Тизим кинетик ва потенциал энергия ташкил этувчиларининг нисбати орқали ифодаланган дастлабки ностационарликнинг бошланғич физик ҳолатга боғлиқлик даражаси таҳлилини талаб қилувчи каллапс ва ночизикли пульсация беқарорликлари муаммолари шу чоққача кўплаб олимлар, масалан, америкаликлар (R.Miller, D.Merritt ва L.Hernquist), корейликлар (K.Min, Ch.Choi) ва бошқалар томонидан сонли-тажриба усулида ўрганиб келинмоқда. Бироқ уларнинг ушбу тажрибалари қатор ночизикли эффектлар ва резонанс беқарорлик жараёнларини аниқлаш имкониятини бермайди. Бундай масалалар назарий жиҳатдан мақсаднинг янгича қўйилиши ва бу муаммоларни ностационарлик фонида ўрганишни талаб қилади.

Қатор муаллифлар, масалан, ҳинд олимлари (Nityananda, Sridhar ва б.) тебранишларнинг алоҳида модалари эволюциясини Пуанкаре кесими усулида ўрганишган, бироқ масалани қўйишда ва натижалар таҳлилида улар бар-мода юқори беқарорлик инкрементига эга деган фикрда бўлишган. Ностационарлик фонида, мувозанатли моделлар доирасида муҳим бўлган бар-мода эмас, лопсайдал мода ва бошқа модалар асосий бўлади. Бунда диск пульсацияси коэффициенти учун дифференциал тенгламани ечиш зарур.

Америкалик олимлар (J. Vuta ва б.) ҳалқасимон галактикаларнинг каталогини тузишди. Бироқ бу ўринда ҳар бир галактика мураккаб символлар билан тавсифланган. Бошқа жиҳатдан қарақанда улар зич ўралган спирал тармоқларни ёки Sa галактикаларнинг тасвир текислигига ғайриоддий проекцияларини ҳам ҳалқасимон галактикалар деб қабул қилишган. Лекин бу муаллифлар ҳалқасимон галактикаларнинг классификацияси муаммоси билан қизиқишмаган.

80-йилларнинг бошларида Ўзбекистон Миллий университетида (С.Н. Нурутдинов) галактикаларнинг турли таркибий тизимларида ва ўзгравитацияланувчи тизимларнинг аниқ турларида ночизикли тебранишларни ўрганиш, галактикалар гало ва тожларининг мавжудлиги улар дискларига динамик таъсирини тадқиқ қилиш, галактикалар эволюциясининг ночизикли номувозанатли босқичи учун аниқ ечимли фазавий моделларини тузиш муаммоларини таҳлил қилиш ишлари илк бор бошланди. Бу даргоҳда Эйнштейн ва Камминг машҳур мувозанатли моделларини пульсация ҳолатига умумлаштириш йўли билан ўзгравитацияланувчи тизимларнинг айрим сферик ностационар моделлари биринчи марта яратилган. Шунингдек, улар учун дисперсион тенгламаларнинг ночизикли аналоглари ҳосил қилинган ва уларнинг гравитацион беқарорлиги муаммоси ўрганилган. Россиялик олимлар (В.А. Антонов ва б.) билан биргаликда Эйнштейн айланмайдиган моделининг ночизикли тебранишлари муаммоси кўриб чиқилган ва бу ностационар модель фонида барсимон ғалаёнланишлар эволюцияси ўрганилган. Ўзбекистон Миллий университетида олинган назарий натижалар АҚШ, Корея ва

Ҳиндистоннинг қатор олимлари томонидан олиб борилган сонли тажрибаларда тасдиқланган. Бундан ташқари, дисксимон ўзгравитацияланувчи тизимлар учун ностационар изотроп модели ишлаб чиқилган ва унинг фонида бар-мода беқарорлиги масаласи тадқиқ қилинган. Бироқ бу моделнинг изотроплиги бир мунча соддалашган. Бундан ташқари, ҳалқа ва лопсайдал тузилма модалари каби бошқа муҳим модалар кўрилмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим ва илмий-тадқиқот муассасаси илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Астрономия институтининг ва Ўзбекистон Миллий университетининг илмий-тадқиқотлар режасининг Ф-2.2.1 «Гравитацион линзалар ва коллапсланувчи галактикалар: кузатув-экспериментал ва назарий муаммолар» (2003-2007); ОТ-Ф2-049 «Турли қизил силжишга эга галактикалардаги катта масштабли тузилмалар табиати» (2007-2011); ФА-Ф2-Ф058 «Гравитацион линзалар, шаклланаётган галактикалар ва астрофизик объектларнинг умумийлаштирилган моделларини тадқиқ қилиш» (2007-2011); Ф2-ФА-Ф029 «Гравитацион линзалар, компакт астрофизик объектлар ва ностационар дисксимон тизимлар физикаси» (2012-2016); 43-04 сонли «Ночизикли коллапс босқичидаги гравитацион системаларда фазавий қоришишнинг фундаментал стохастик хусусиятларини излаш» (2004-2005); 51-06 сонли «Анизотроп дисксимон тизимлар ночизикли моделларининг гравитацион беқарорликларини излаш ва таҳлил қилиш» (2006-2007) ва Ф.7-2 сонли «Ҳалқасимон галактикалар кузатуви таҳлили ва уларнинг юзага келиш назариясини ишлаб чиқиш» (2012-2013) мавзусидаги илмий лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади дисксимон ўзгравитацияланувчи тизимлар ночизикли ностационар моделларини тузиш ва спирал галактикалардаги алоҳида таркибий тузилмаларнинг шаклланиш назариясини яратишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

галактикаларнинг, хусусан, бошқа катта масштабли тузилмалар билан бирга келадиган ҳалқасимон таркибий тузилмаларга эга дисксимон галактикаларнинг классификациясини ишлаб чиқиш мақсадида кузатув маълумотларини тўплаш;

таркибида лопсайдал тузилмага эга галактикаларнинг рўйхати ва каталогларининг ҳамда эгрланиш ҳодисалари бўйича кузатув натижаларининг статик таҳлилинини ўтказиш;

радиал пульсацияга ва тезликларнинг анизотроп диаграммасига эга бўлган ностационар дисксимон галактикаларнинг умумлашган фазавий моделини тузиш;

спирал галактикаларда ҳалқасимон, лопсайдал ва эгрланиш таркибий тузилмаларнинг шаклланишига масъул ғалаёнланиш модалари учун дисперсион тенгламаларнинг ностационар аналогларини (ДТНА) ҳосил қилиш;

айланувчан бошланғич номувозанатли модель физик параметрларининг турли тўпламида ҳосил қилинган ДТНАларини тадқиқ қилиш;

ностационар моделлар фонида тадқиқ қилинаётган тебранишларнинг тузилма модалари учун топилган беқарорликларнинг физикавий табиатини ўрганиш;

горизонтал тебранишларнинг асосий модалари учун дисксимон галактикалар эволюциясининг бошланғич босқичи ностационар моделларининг физик параметрлари ўртасидаги ўзаро критик боғланишларни аниқлаш;

тебранишларнинг ҳалқасимон, барсимон ва лопсайдал модалари учун гравитацион беқарорликлар инкрементларини олиш ва уларни умумлашган ностационар моделлар фонида қиёсий таҳлилни ўтказиш;

ДТНАни вертикал эгрланиш модаларнинг умумлаштирилган моделлари учун ҳам, ўзгравитацияланувчи дискнинг таркибли нотурғун моделлари учун ҳам ҳал этиш;

вақт бўйича эгилишнинг S- ва N-симон асимметрик, U-симон, гумбазсимон ва прецессион турларидаги шаклланиш кетма-кетлигини ва уларнинг асосий характеристикаларини тадқиқ қилинаётган турли ночизиқли моделлар фонида аниқлаш;

ностационар моделларда ғалаёнланишнинг эгрланиш модалари беқарорлиги табиатининг таҳлили ва беқарорлик инкрементларини, улар учун характерли бўлган намоён бўлиш вақтларининг моделларнинг асосий физик параметрларига боғлиқлигини аниқлаш мақсадида таққослаш;

ғалаёнланишларнинг горизонтал ва вертикал модаларининг ҳамда ностационар моделларнинг дисксимон галактикалар эволюциясининг бошланғич босқичи нуқтаи назаридан қиёсий таҳлилни ўтказиш.

Тадқиқотнинг объекти ДЎТ, уларнинг назарий моделлари ва дисксимон галактикаларда кузатилаётган, назарий ўрганилмаган катта масшабли таркибий тузилмаларидир.

Тадқиқотнинг предмети спирал галактикаларнинг ўзгравитацияланувчи дисксимон тизимларида ҳалқасимон, лопсайдал ва эгрланиш таркибий тузилмаларининг шаклланиш жараёнлари ҳамда ностационар моделлар фонида гравитацион беқарорликлар механизмлари ҳисобланади.

Тадқиқотнинг усуллари. Фазавий моделлаштириш, ўзгравитацияланувчи дисксимон тизимларнинг ночизиқли тебранишлари, эркин ўзгарувчан параметрларга эга дифференциал тенгламалар тизимини даврий ечимлар барқарорлиги усулида (масалан, Эверхард усулида) интеграллаш, модель масалаларининг беқарорлик инкрементларини сонли ҳисоблаш, шунингдек кузатув маълумотларининг статистик таҳлили усуллари қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

дисксимон галактикаларда ҳалқа, лопсайдал ва эгрланиш ҳолатлари юзага келишининг ночизиқли ностационар назарияси яратилган;

илк бор тезликларнинг анизотроп диаграммасига эга бўлган ДЎТнинг умумлашган ва учта таркибий ночизиқли ностационар фазавий моделлари тузилган ва уларнинг асосий физик характеристикалари топилган;

физик ҳалқасимон галактикаларнинг ушбу тузилмаларнинг кўринма белгиларига нисбатан 9 та гуруҳдан иборат классификацияси ишлаб чиқилган. Дисксимон тизимларда икки ҳалқали тузилма шаклланишига мос ночизиқли

ностационар моделлар физик параметрларининг бошланғич қийматлари орасидаги критик боғланишлар илк бор топилган;

биринчи марта анизотроп диск умумлашган ностационар модели фонида ўрганилаётган асосий таркибий тузилмалар шаклланишининг механизмлари ва мезонлари аниқланган. Масалан, агар анизотроп моделнинг бошланғич тўлиқ кинетик энергияси бошланғич потенциал энергиянинг кўпи билан 30,6 фоизини ташкил этса, лопсайдлик феноменига олиб келадиган радиал ҳаракатлар беқарорлиги содир бўлиши кўрсатилган;

илк бор ночизиқли пульсацияланувчи дискда эгриланиш, лопсайдал ва ҳалқа тузилмалари юзага келишининг характерли вақтлари ва моделлар ностационарлик даражасининг критик қийматлари топилган. Эгриланиш ҳолатида, ностационар анизотроп модель фонида аввал асимметрик эгриланиши намоён бўлиши, сўнг гумбазсимон эгриланиш шаклланиши, бироқ, айланиш параметри қийматининг ортиши билан гумбазли беқарорлик нисбатан муҳим роль ўйнаши аниқланган;

диск айланиш параметрининг кичик ва ўртача меъёр қийматларида изотроп ва анизотроп ночизиқли ностационар ўзгравитацияланувчи дисксимон моделлар тебранишларининг вертикал модалари горизонтал модаларига нисбатан устунлик қилиши, айланишнинг максимал қийматларида эса аксинча ҳолат кузатилиши илк бор кўрсатилган;

илк бор изотроп моделга нисбатан анизотроп модель ўрганилган горизонтал модаларига нисбатан барқарор, вертикал модалар учун эса аксинча, изотроп модель барқарордир. Айланиш параметрининг $\Omega=0,5$ қийматида (0;4), (1;3), (4;5) ва (5;6) модаларига нисбатан изотроп ва анизотроп моделлар ўзларини бир хил тутиши аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

компьютерли тажрибаларда бошланғич ҳолат сифатида фойдаланиш мумкин бўлган ночизиқли, радиал ностационар диск моделлари тузилган;

сонли тажрибаларни ўтказиш ва объектлар эволюциясини сонли моделлаштиришнинг деталлари ҳамда мураккаб эффектларини очиб бериш учун зарур бўлган ночизиқли ностационар ўзгравитацияланувчи дискларнинг асосий физик параметрлари орасидаги критик боғланиш диаграммалари ҳосил қилинган;

янги кузатув маълумотларини қайта ишлаш ва ҳалқа тузилмаларининг эволюцияси муаммоларини таҳлил қилиш учун физик ҳалқасимон галактикаларнинг классификацияси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги ишда динамик тизимлар тебранишлари назариясининг маълум таниқли усуллари қўлланилгани, ҳисоблашларнинг юқори аниқликдаги сонли усулларида фойдаланилгани, пульсация амплитудасининг қиймати нолга тенг бўлган ҳолатдаги ($\lambda=0$) ностационар моделнинг айланиш параметри учун топилган критик қийматлари аввал стационар моделлар доирасида олинган натижаларга тўла мос келиши ва турли усуллар билан олинган дисперсион тенгламаларнинг ностационар аналоглари ўзаро мос тушиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти галактикалар ночизикли ностационар моделларини тузиш ва улар барқарорликларининг таҳлилини ўтказиш бўйича диссертацияда ривожлантирилган услубиятлари юлдузлар тебранишлари назариясида, лаборатория плазмасида беқарорликни аниқлашда ҳамда ночизиклилик ва ностационарлик асосий омил бўлиб ҳисобланган бошқа динамик тизимларда, дисксимон гравитацияловчи ва кулон тизимларининг эволюцияси, тузилмаларининг шаклланиши бўйича фундаментал хулосаларни ифодалашда ва таққослашда фойдаланилиши билан изоҳланади. Бундан ташқари, ДЎТ бошланғич вириал муносабатларининг топилган критик қийматлари сонли тажрибаларда дастлабки ҳолатларни моделлаштиришда бошланғич шарт сифатида қўлланиши мумкин.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, улар галактикадан ташқи астрономия ва астрофизика соҳаларида, сонли тажриба деталларини очиқ беришда ва назарий моделларни сонли-экспериментал моделлар билан таққослашда муваффақиятли қўлланилиши мумкин. Шунингдек, улар университетлар талабалари учун махсус курсларга, жумладан, «Галактик астрономия», «Галактикалар физикаси», «Космогония ва космология асослари» ва шу каби курсларга киритилиши мумкин. Олинган натижалар бошқа астрофизик объектларда, жумладан Коинотдаги қора материя тадқиқотида тўғридан-тўғри ўз тадбиқини топади. Ҳалқасимон галактикаларнинг ишлаб чиқилган классификацияси, шубҳасиз, кузатувларнинг янги маълумотларини қайта ишлашда ва ҳалқа тузилмаларининг эволюцияси муаммосини таҳлил қилишда қўлланилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ночизикли ностационар диск моделлари параметрлари учун беқарорлик ва барқарорликнинг тор соҳаларини, резонанс нуқталари учун айланиш параметрининг критик қийматларини аниқлаш натижалари ҳамда тебраниш модалари беқарорликлари инкрементларини топиш усуллари ночизикли ностационар сферик конфигурация кўринишидаги бошқа ўзгравитацияланувчи тизим моделлари учун тебраниш модаларининг тадқиқоти масалаларига Фундаментал тадқиқотларнинг Давлат илмий-техник дастурлари доирасидаги ФМ-2-336 сонли «Сферик системалар эволюцияси бошланғич босқичининг баъзи муаммолари» (ЎзМУ, 2004-2005) грантининг бажарилишида қўлланилган. Диссертацияда олинган илмий натижаларнинг қўлланиши орқали беқарорликнинг аналогик тор соҳалари ва тизим геометрияси роли ҳамда сферик ўзгравитацияланувчи тизимларда кузатилаётган айрим тузилмалар шаклланишининг реал механизмлари аниқланган. (Фан ва технологияларни ривожлантиришни мувофиқлаштириш қўмитасининг 2016 йил 16 февралдаги ФТК-02-13/103-сонли хати).

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 16 та илмий анжуманларда, жумладан, «Dynamics and Evolution of Dense Stellar Systems» JD11 of IAU (Sydney, 2003), «Order and chaos in stellar and planetary systems» (Saint-Petersburg, 2003), «Астрономия – 2005: Состояние и перспективы развития» (Москва, 2005), «Астрономия от ближнего космоса до

космологических далей» (Москва, 2015), «Современные проблемы астрономии в Узбекистане» (Тошкент, 2004), «Улуғбек илмлари» (Тошкент, 2004), «Физика в Узбекистане» (Тошкент, 2005), «Аёл-олималарнинг илм-фан тараққиёти ривожига роли» (Тошкент, 2006), «Гравитационные линзы и формирующиеся галактики» (Тошкент, 2008), «Фундаментальные и прикладные проблемы современной физики» (Тошкент, 2006, 2007, 2008), «Современная физика и ее перспективы» (Тошкент, 2009), «Актуальные проблемы ядерной и теоретической физики» (Тошкент, 2013), «Наследие Мирзо Улугбека и современность» (Тошкент, 2014), «Современные проблемы математической физики и ее приложения» (Тошкент, 2015) мавзуларидаги халқаро ва республика илмий-амалий конференцияларида маъруза кўринишида баён этилган ҳамда апробациядан ўтказилган.

Диссертация ишининг асосий натижалари Ўзбекистон Миллий университети астрономия кафедраси (2003-2012) ва Астрономия ва атмосфера физикаси кафедраси (2013-2015), Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Астрономия институти (2002-2015), Германиядаги Потсдам Астрофизика институти (2005) ва Гейдельберг Астрономия институти (2006) илмий семинарларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича 60 та илмий иш нашр қилинган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларида 22 та мақола, жумладан, 8 та хорижий ва 14 та республика журналларида нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, бешта боб, хулоса, тўртта илова ва адабиётлар рўйхатидан иборат. Диссертациянинг ҳажми 198 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устивор йўналишларига мослиги кўрсатилган, мавзу бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи, муаммонинг ўрганилганлик даражаси келтирилган, тадқиқот мақсади, вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти ёритиб берилган, тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Спирал галактикалар диск ости тизимининг катта масштаби тузилмаларининг шаклланиш муаммолари ҳақида**» деб номланган биринчи бобида диссертация мавзуси бўйича ҳам кузатув маълумотлари таҳлиллари йўналишидаги, ҳам дисксимон галактикаларнинг катта масштаби тузилишига бағишланган назарий тадқиқотлар йўналишидаги адабиётлар баёни берилган. Бунда ҳалқа шакли, лопсайдлик, дискнинг вертикал эгриланишлари ва бошқа кўринишдаги таркибий тузилмаларнинг нисбатан янгича намоён бўлишига катта эътибор қаратилган. Бу тузилмалар шаклланишининг мумкин бўлган йўллари қисқача баён этилган. Кузатув маълумотлари таҳлили ушбу катта масштаби тузилмалар спирал галактикаларнинг умумий хусусиятидан иборатлигини кўрсатган, чунки улар алоҳида ёки биргаликда кўпгина дисксимон галактикаларда кузатилади. Умумий ҳолда галактикалар шаклланишининг иккита космологик сценарийлари асосий мазмуни баён этилган. Дискнинг ностационар моделлари гравитацион бекарорликлари бўйича олинган натижалар стационар моделлар доирасида қўлга киритилган натижалардан тубдан фарқ қилиши кўрсатилган.

Диссертациянинг «**Анизотроп тезликлар диаграммасига эга бўлган ночизиқли ностационар диск бошланғич ҳолатининг моделини тузиш**» деб номланган иккинчи бобида радиал ностационар ва тезликларнинг анизотроп диаграммасига эга бўлган дискнинг янги фазавий моделлари тузилган. Масалан, умумлашган оғирлик функциясини қуйидагича олиб

$$\rho(\Omega) = C_{\alpha\beta} \Omega^{2\alpha} (1 - \Omega^2)^{\frac{2\beta+1}{2}}, \quad C_{\alpha\beta} = \frac{[2(\alpha + \beta + 1)]!}{\pi(2\alpha - 1)!(2\beta + 1)!} \quad (1)$$

номувозанатли изотроп модель асосида ўзгравитацияланувчи ностационар айланмайдиган дискнинг умумлашган анизотроп модели янги синфи ҳосил қилинган. Бу ерда α ва β – бутун сонлар, Ω – дискнинг ўлчовсиз айланиш параметри. Шунини таъкидлаш лозимки, тузилган умумлашган моделни қуйидаги ифодага кўпайтириб

$$1 + \Omega L_z = 1 + \Omega(xv_y - yv_x), \quad (2)$$

ДЎТ нинг айланувчан моделига эга бўламиз, бу ўринда L_z – бурчак моментининг z-ташқил этувчиси (компонентаси), \vec{v} – диск “заррачаси”нинг тезлик вектори. Умумлашган моделда α ва β параметрларига аниқ қийматлар бериб, уларга мос тезликларнинг анизотроп диаграммасига эга бўлган аниқ ночизикли ностационар диск моделларини ҳосил қилиш мумкин.

Бундан ташқари, тузилма табиатли учта ночизикли анизотроп моделлар яратилиб, улар иккита дискрет ностационар конфигурациялар орасидаги оралик ҳолатларни, тизимнинг бошланғич коллапс momentiдаги дастлабки босқичидаги мумкин бўлган жуда кенг бошланғич шароитларни қамраб олган ҳолда тадқиқ этиш имконини беради.

Ўзгравитацияланувчи диск учун тузилган ночизикли ностационар моделларнинг асосий физик хусусиятлари учун аниқ ифодалар ҳосил қилинди. Таъкидлаш жоизки, бугунги кунда дисксимон галактикалар эволюцияси бошланғич босқичидаги материя тақсимотининг барча хусусиятлари маълум эмас ва шу боис тезликларнинг анизотроп диаграммасига эга турли моделларини тузиш зарур. Шундай қилиб, тузилган моделлар, биринчидан, тезликлар фазосида анизотроп, иккинчидан, бу моделлар доирасида дисксимон галактикалар катта масштабли тузилмаларининг шаклланиши ночизикли ностационар босқичининг мумкин бўлган қатор турли физик ҳолатларини тадқиқ этиш мумкин.

Диссертациянинг «**Дисксимон галактикаларда ҳалқасимон тузилмалар ва улар шаклланишининг янги назарияси**» деб номланган учинчи бобида дисксимон галактикаларда ҳалқа тузилмаларини классификациялаш ва уларнинг юзага келиши масалалари кўрилган. Шу мақсадда, турли муаллифларнинг чоп этилган кузатув маълумотлари асосида имкони борича физик ҳалқасимон галактикалар саралаб олинган, бунда ҳалқа жараёни спирал тармоқларнинг проекцияси ёки уларнинг зич ўралиш натижаси эмас. Бу ҳалқасимон тузилмалар, аслида, худди галактиканинг бошқа таркибий тизимлари, масалан, улагич ёки спирал тармоқлар сингари кузатилади. Фақат шундан кейин кузатув маълумотларини таснифлаш имкониятига илк бор эга бўлинди. Ишлаб чиқилган тасниф 9 та гуруҳдан иборат, бунда тузилиши бўйича тахминан яқин белгиларга эга бўлган ҳалқасимон галактикалар битта синфга киритилган. Маълум бўлдики, ядроли ҳалқасимон галактикалар ва улагичга эга ҳалқа ҳамда икки спирал тармоққа эга ҳол нисбатан кўп тарқалган гуруҳларни ташқил этади. Тўққизтадан бешта ҳолатда улагич қатнашади. Спирал тармоқлар учта ҳолатдагина кузатилади. Қизиғи шундаки, икки ҳалқали галактикалар кутилганидан анча кўп учрайди.

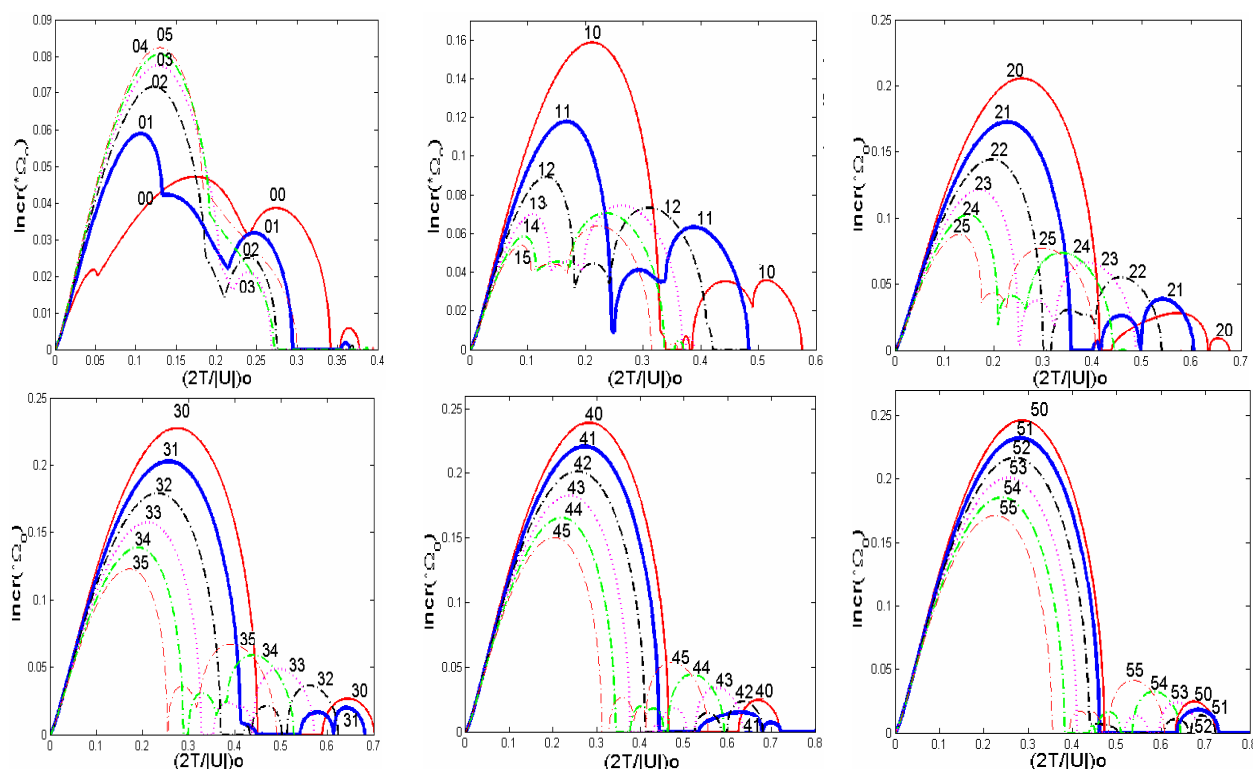
Галактикаларда ҳалқасимон тузилмаларнинг юзага келиш муаммолари ночизикли ностационар моделлар фонида уларга мос ғалаёнланиш модалари гравитацион беқарорликларининг таҳлили йўли билан ўрганилди. Бир ҳалқали ($m=0$; $N=4$, $m=2$; $N=4$) ва икки ҳалқали ($m=0$; $N=6$, $m=2$; $N=6$) ғалаёнланиш модалари қараб чиқилди. Ночизикли диск моделлари учун ҳалқасимон ғалаёнланиш модаларининг ДТНА си келтириб чиқарилди. Масалан, умумлашган модель фонида (0;4) модаси учун қуйидаги иккинчи тартибли

тўртта дифференциал тенгламалар тизими кўринишидаги ДТНА ҳосил қилинди:

$$(1 + \lambda \cos \psi) \frac{d^2 \ell_{\tau}(\psi)}{d\psi^2} + \lambda \sin \psi \frac{d\ell_{\tau}(\psi)}{d\psi} + \ell_{\tau}(\psi) = \frac{45}{8} D_{04}^*(\ell_{\tau}, \psi, \lambda, p) (\lambda + \cos \psi)^{3-\tau} \sin^{\tau} \psi, \quad (3)$$

бу ўринда $\tau = \overline{0-3}$, $p = 0,5(2\alpha + 1)/(\alpha + \beta + 2)$, $D_{04}^*(\ell_{\tau}, \psi, \lambda, p)$ – аниқ мураккаб тригонометрик функция бўлиб, барча $\ell_{\tau}(\psi)$ номаълумларини ўз ичига олади, пульсация амплитудаси: $\lambda = 1 - (2T/|U|)_0$ $t=0$ вақтдаги вириаль муносабатнинг қиймати орқали аниқ ифодаланadi, ψ – ёрдамчи ўзгарувчи:

$$t = (\psi + \lambda \sin \psi) / (1 - \lambda^2)^{3/2}.$$

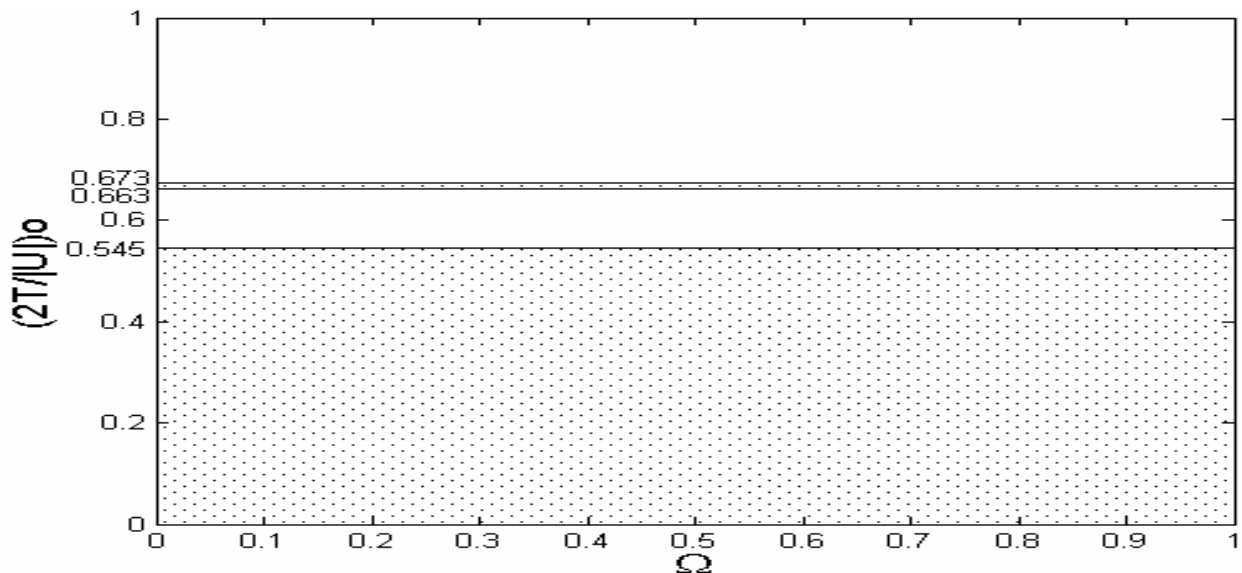


Графикларда биринчи рақам – α , иккинчиси – β

1-расм. (2;6) мода учун бекарорлик инкрементининг (α ; β) қийматлари бўйича $(2T/|U|)_0$ га боғлиқлиги

Ҳалқасимон модалар ДТНА ларининг таҳлили натижалари бекарорлик инкрементларининг $(2T/|U|)_0$ бошланғич вириаль муносабатга боғлиқлиги кўринишида тасвирланган (1-расмга қаранг). Моделларнинг фарқи ва анизотропия даражасини характерловчи α ва β параметрлар ғалаёнланишнинг ҳалқасимон модалари ривожланишида, умумий ҳолатда, қарама-қарши эффект бериши аниқланди, ҳамда α нинг қийматлари ортиши билан ушбу тузилма

шаклланидиган бошланғич вириаль муносабат интервали ҳам катталашиб боради. Лекин (2;4) мода ҳолида унинг ДТНАси α ва β параметрларга боғлиқ эмаслиги ҳамда беқарорлик ривожланиши айланишга эга бўлмаган ҳамма анизотроп моделлар учун бир хил кечиши аниқланди. $\alpha=\beta=0$ да ва (2)ни ҳисобга олганда айланувчан анизотроп модель фонида тебранишларнинг бир ҳалқали (0;4) ва икки ҳалқали (0;6) модалари учун олинган ДТНАлар дискнинг айланиш параметрларига боғлиқ бўлмайди (2-расмга қаранг). Бундан ташқари, ушбу модалар беқарорликлари бошланғич вириаль муносабат қийматларига боғлиқ ҳолда ёки тебранма, ёки аperiодик характерга эга бўлади. (2;4) ва (2;6) модалар айланмайдиган анизотроп модель доирасида бундай икки турдаги беқарорликка бошланғич вириаль муносабат қийматларига қараб эга бўладилар, бироқ модель айланишга эга бўлганда уларда фақат тебранма беқарорлик кузатилади. Шу билан бирга, анизотроп модель фонида Ω ва $(2T/|U|)_0$ параметрлар қийматларига боғлиқ бўлмаган ҳолда бир ҳалқали тузилма шаклланиш эҳтимоли икки ҳалқали тузилма юзага келиш эҳтимолидан ҳар доим катта эканлиги аниқланди.

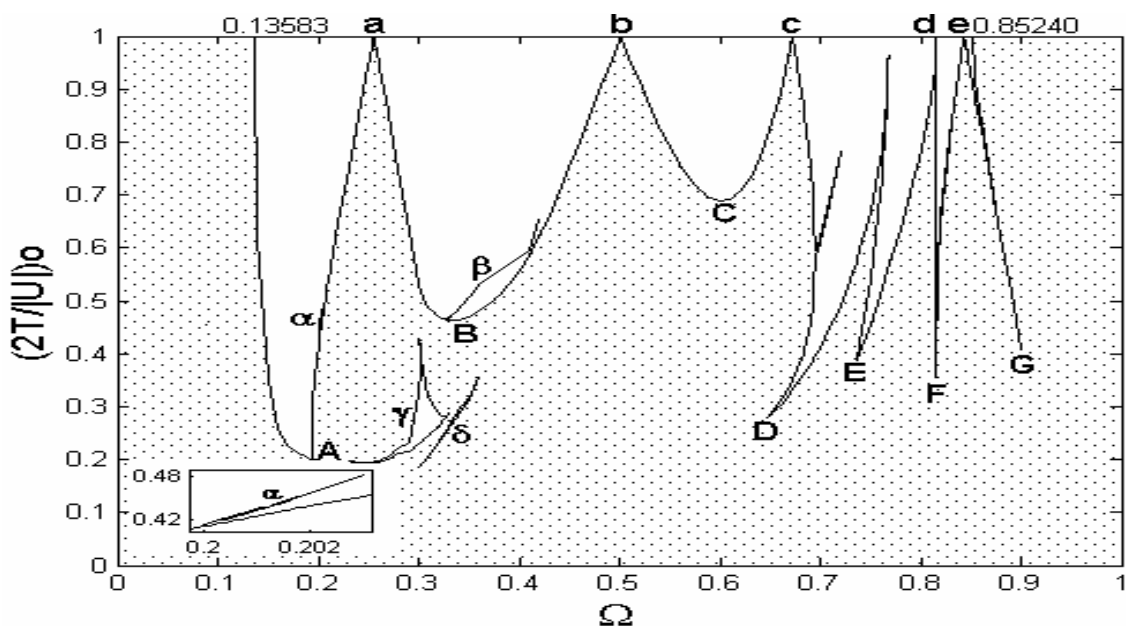


Беқарорлик соҳаси штрихланган

2-расм. (0;4) мода учун $\alpha=\beta=0$ ҳолатида $(2T/|U|)_0$ нинг умумлашган моделнинг айланиш параметрига критик боғлиқлиги

Бирламчи изотроп модель доирасида ғалаёнланишларнинг ҳалқасимон модалари беқарорликлари ўзига хос кўринишни ҳосил қилади (3-расмга қаранг). 3-расм беқарорликларнинг икки: жуда кичик $\alpha(0,2\leq\Omega\leq0,203; 0,415\leq(2T/|U|)_0\leq0,483)$ ва тор $\beta(0,327\leq\Omega\leq0,420; 0,464\leq(2T/|U|)_0\leq0,653)$ соҳаси мавжудлигини ҳамда яна иккита шунга ўхшаш: $\gamma(0,23\leq\Omega\leq0,33; 0,196790\leq(2T/|U|)_0\leq0,427)$ ва $\delta(0,3008\leq\Omega\leq0,36; 0,185\leq(2T/|U|)_0\leq0,355)$ барқарорлик соҳалари борлигини кўрсатади. Айланиш параметрининг маълум бир қийматларида, чизиқли назариянинг коллектив ҳаракатлари ва моделнинг

ночизикли тебраниши частоталари орасида мураккаб резонанс ҳодисаси билан боғлиқ бўлган ночизикли эффект юзага келади, бунинг натижасида галаёнланишларнинг ҳалқасимон модалари бошланғич вириаль муносабатнинг барча қийматлари соҳасида беқарор бўлади. $0 \leq \Omega \leq 0,7$ ҳолатида (0;4) ва (0;6) модалар учун ҳам тебранма, ҳам аperiодик беқарорликлар хос бўлади, агар $\Omega > 0,7$ бўлса, унда фақат аperiодик беқарорлик юзага келади. (2;4) ва (2;6) модаларнинг беқарорлик характери анизотроп модель ҳолатидагидек бўлади.



Бу ўринда: A(0,196; 0,20), B(0,331; 0,462), C(0,6; 0,688), D(0,647; 0,278), E(0,737; 0,388), F(0,815; 0,354), G(0,9; 0,407), S(0,14; 0,355), a=0,255389; b=0,501198; c=0,672189; d=0,815658; e=0,843302

3-расм. (0;6) мода учун $(2T/|U|)_0$ нинг бирламчи изотроп модель айланиш параметрига критик боғлиқлиги

Тузилма модель фонида $\Omega=0,5$ бўлганда (0;4) моданинг беқарорлиги ν суперпозиция параметрига боғлиқ бўлмайди. (2;4) мода учун бундай кўриниш $\Omega=0$ бўлганда кузатилади. Ω ва ν параметрларининг маълум бир қийматларида икки модель суперпозицияси шундай бир ҳолатга олиб келадики, бунда беқарорлик соҳаси чўккига эга бўлади, натижада ҳалқасимон модалар бошланғич вириаль муносабатнинг барча қийматлари соҳасида тўлиқ беқарор бўлишини таъкидлаш жоиз. Айланиш параметрининг барча қийматларида (0;4) ва (0;6) модалар ҳам аperiодик, ҳам тебранма беқарорликларга эга бўлади. Бироқ айланмайдиган тузилма модели фонида (2;4) ва (2;6) модалар ҳам тебранма, ҳам аperiодик беқарорликка эга бўлади, модель айланганида эса фақат тебранма хусусиятли беқарорлик мавжуд бўлади. Ҳалқасимон модалар беқарорликларига нисбатан тузилма моделларни ўзаро солиштириш асосида $\Omega \neq 1$ ҳолида учинчи тузилма модель қолган моделларга қараганда беқарорроқ эканлиги аниқланди, айланиш параметри ўзининг максимал қийматига

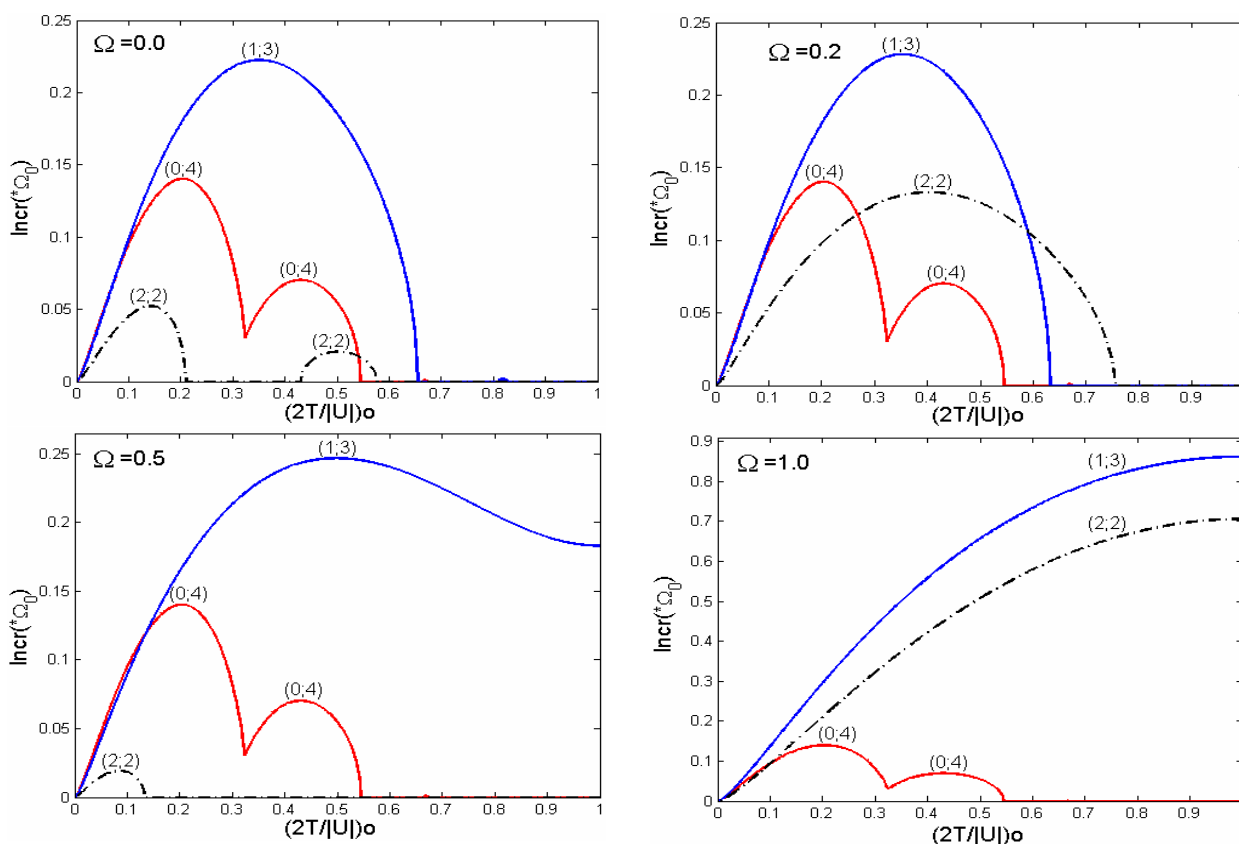
эришганида, биринчи тузилма модель қолганларига нисбатан муҳим аҳамият касб эта бошлайди.

Диссертациянинг «Спирал галактикаларда лопсайдал тузилманинг шаклланиш назарияси» деб номланган тўртинчи бобида айрим муаллифлар кузатув маълумотлари асосида ишончли қийматга эга лопсайдлик параметрларига эга лопсайдал галактикалар синчиклаб саралаб олинди ва ишчи жамланма каталог тузилди, нурий тезлик, қизилга силжиш, абсолют юлдуз катталиги, тип-коди, уларгача бўлган масофа ва бошқалар билан тўлдирилди. Шундай қилиб, 561 та объект ҳақидаги маълумот тўпланди ва уларнинг статистик таҳлили амалга оширилди. Статистик таҳлил натижалари шуни кўрсатадики, лопсайдлик спирал галактикаларнинг деярли барча турларида спирал тармоқлар ўралиш катталигига боғлиқ ҳолда турли даражада кузатилади. Галактикаларнинг морфологик турлари бўйича лопсайдлик тақсимоти гистограммаси лопсайдлик ҳодисаси асосан спирал галактикаларда, ундан кейин иррегуляр галактикаларда, сўнгра линзасимонларда ва шундан кейин эллиптик галактикаларда кузатилишини кўрсатди. Қизиғи шундаки, лопсайдлик ҳатто баъзи эллиптик галактикаларда ҳам учраши аниқланди, ваҳоланки, сўнги вақтларгача бу галактикаларда масса тақсимотининг хусусиятлари туфайли уларда лопсайдлик бўлиши мумкин эмас, деб ҳисобланар эди. Бундан ташқари, А1 лопсайдлик даражаси коэффиценти қиймати 0,2 дан кичиклиги тахминан 90 фоиз ҳолатларда, 0,4 дан кичиклиги 97 фоиз ҳолатларда бўлиши ҳам аниқланди.

Ғалаёнланишларнинг лопсайдал модалари ($m=1$; $N=1, 3, 5, 7$) гравитацион беқарорликларини умумлашган анизотроп модель фонида уларга мос ДТНА таҳлили ёрдамида ўрганиш натижалари $m=1$; $N=1$ ғалаёнланиш модасининг барқарорлигини ва у бутун тизимнинг бир бутун оддий силжиши билан боғлиқ ҳолда биронта ҳам беқарорликни юзага келтирмаслигини кўрсатди. α параметри қийматининг ортиши бошқа лопсайдал модаларнинг анизотроп моделлар фонидаги эволюцияси жараёнида дестабиллик эффектини бериши, β параметр эса, аксинча, гўё «стабилизацияловчи» ролини ўйнаши аниқланди. Айланиш параметрининг лопсайдал модалар беқарорлиги характерига нисбатан тутган роли худди (2;4) ва (2;6) ҳалқасимон модалардагидек бўлади, яъни айланмайдиган анизотроп модель фонида ҳам тебранма, ҳам аперидик беқарорликлар кузатилса, $\Omega \neq 0$ ҳолда эса фақат тебранма хусусиятли беқарорликка эга бўлинади. Бундай кўриниш тузилма моделлар фонида ҳам кузатилади.

Айланувчи анизотроп модель фонида (1;3) мода (1;5) модага нисбатан анча беқарордир. Барсимон, ҳалқа ва лопсайдал модаларнинг беқарорлик инкрементларини қиёслаш шуни кўрсатадики (4-расмга қаранг), $\Omega < 0,5$ бўлганда тизимда биринчи бўлиб кинематик силжиган ядро ҳосил бўлади, ундан кейин $(2T/|U|)_0$ параметрининг кичик қийматларида ҳалқа тузилмаси, фақат шундан кейингина бар шаклланади, бироқ $(2T/|U|)_0$ параметрининг катта қийматларида бар ва ҳалқа тузилмалари шаклланиши кетма-кетлиги алмашинади. Агар $\Omega \geq 0,5$ бўлса, (1;3) мода аввалгидек етакчиликни сақлаб қолади, аммо бошланғич вириаль муносабат қийматларига боғлиқ бўлмаган

ҳолда, (0;4) ва (2;2) модалар эффеќти олдинма-кетин юзага келади. $\Omega=0,5$ бўлганида изотроп ва анизотроп моделлар ушбу тузилмаларга мос модаларга нисбатан ўзларини бир хил тутати.

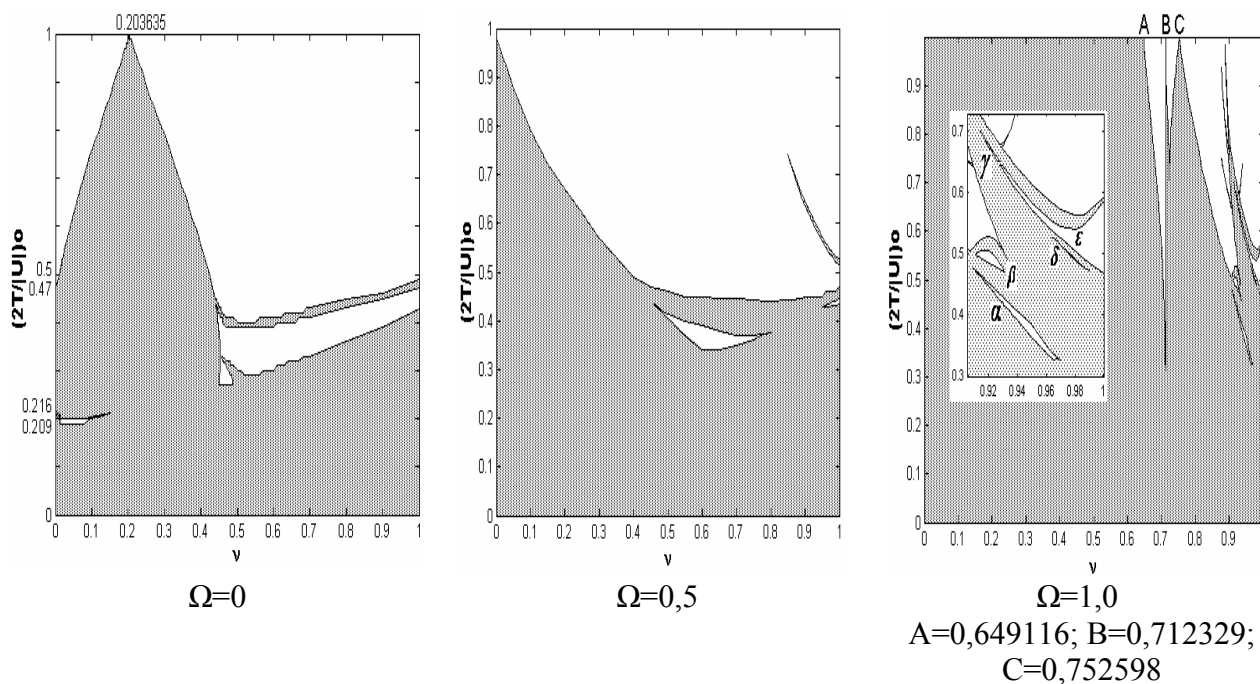


4-расм. Ω - айланиш параметрининг турли қийматлари учун $\alpha=\beta=0$ ҳолатдаги умумлашган модель фонида барсимон, халқа ва лопсайдал модалар беќарорлигининг инкрементларини қиёслаш

Бирламчи изотроп модель доирасида лопсайдал беќарорликлар ҳолатида айланиш параметрининг маълум бир қийматларида стационар моделга нисбатан унга чегараланган амплитудали ғалаёнланиш берилиши билан қандайдир ночизикли эффеќт юзага келиши кузатилади. Бундай кўриниш халқасимон модаларда ҳам кузатилган. $\lambda=0$ бўлган хусусий ҳолдаги ҳисоблаш натижалари чизикли яқинлашишда мувозанатли моделдаги натижалар билан устма-уст тушади.

Лопсайдал модаларга нисбатан тузилма моделларни тадқиқ қилиш шуни кўрсатадики, ν нинг маълум қийматларида икки модель суперпозицияси беќарорлик соҳаси бошланғич вириаль муносабатнинг деярли барча қийматлари доирасини эгаллайди (5-расмга қаранг). Тузилма моделда айланиш параметрининг қийматига боғлиқ бўлмаган ҳолда тизимнинг геометрик марказига нисбатан ядро силжиши халқасимон ва барсимон тузилмалар пайдо бўлишидан аввал рўй бериши аниқланди, бироқ максимал айланишда ($\Omega=1$) ва $\nu>0,4$ ҳолатида тизимда биринчи бўлиб барсимон тузилма юзага келади. Халқасимон модалар учун эса, бундай манзарани фақат $\nu=0$ бўлганида $\Omega=0$ ва

$\Omega=0,5$ ҳолатларда кўриш мумкин. Айланиш параметрининг максимал $\Omega=1$ қиймати ва $0,7 < \nu < 1,0$ оралиғида (1;5) билан (0;4) ва (1;3) билан (2;4) модалар инкрементлари ўзаро мос тушади. Бу эса берилган ҳолатда ушбу тузилмалар бир вақтда юзага келиши мумкинлигини кўрсатади. Кўрилаётган барча тузилмалар $\Omega=0,5$ ва $(2T/|U|)_0 < 0,2$ бўлганида деярли бир вақтда юзага келиши аниқланди. Ғалаёнланишнинг лопсайдал модалари беқарорлигига нисбатан тузилма моделларни ўзаро қиёслаш манзараси худди ҳалқасимон модалардагидек бўлади.

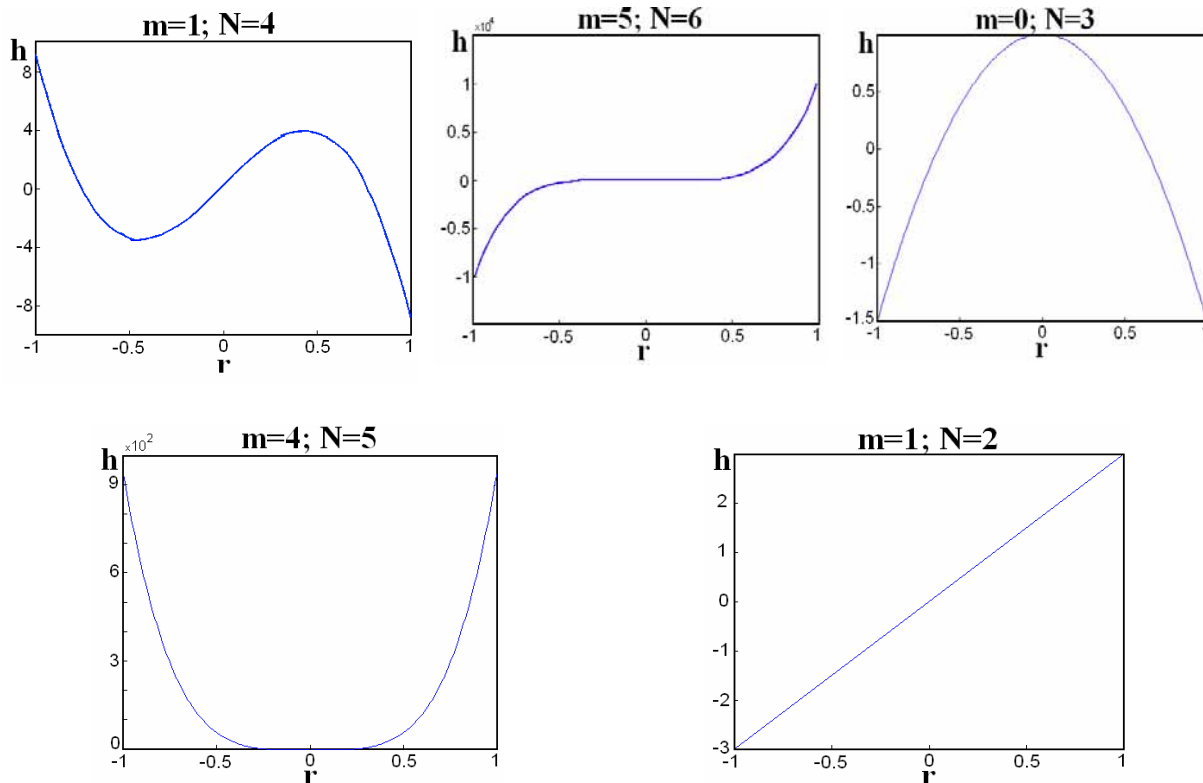


5-расм. (1;5) мода учун Ω нинг турли қийматларида ν суперпозиция параметрига $(2T/|U|)_0$ нинг критик боғлиқлиги

Диссертациянинг «Галактика дискларида вертикал эгриланишларнинг шаклланиш назарияси» деб номланган бешинчи бобида қатор муаллифлар кузатувларида аниқланган галактикалар диск таркибий тизимидаги турли вертикал эгриланишларнинг юзага келиши масалалари ўрганилган. Асосий турдаги эгриланишларга N-симон, интегралсимон, U-симон и L-симон кўринишдаги эгриланишларни киритиш мумкин. Ушбу ишда нисбатан кўп учрайдиган ва жуда асимметрик эгриланган галактикалар бўйича оддий саралаш олиб борилди. Маълумотлар таҳлили эгриланиш асосан нормал спирал галактикаларда (≈ 70 фоизгача) улагичли спирал галактикаларга (≈ 30 фоиз) нисбатан кўпроқ учраши, эгриланганликдан ташқари лопсайдликка ҳам эга бўлган галактикалар рўйхатда 20 фоизни ташкил қилишини кўрсатди. Юқорида кўрсатилган эгриланиш турларидан ташқари эгриланишларнинг асосий турларига гумбазсимон ва прецессион эгриланишларни ҳам киритиш кераклиги кўрсатилди.

Галактикалар дискида кузатувда намоён бўлаётган эгриланишларни тебранишларнинг турли вертикал эгриланиш модалари билан солиштириш

шуни кўрсатдики, галактика дискининг S- ва N-симон асимметрик эгриланишига мос равишда ($m=1;N=4$) ва ($m=5;N=6$) модалар, гумбазсимон эгриланишга ($m=0;N=3$) мода, U-симон эгриланишга ($m=4;N=5$) мода мос келиши ва ниҳоят, прецессион эгриланиш ($m=1;N=2$) мода орқали тавсифланишини кўрсатди (6-расмга қаранг).



6-расм. Тебранишнинг танланган модалари учун диск элементининг $h(r)$ – вертикал силжиш функцияси графиклари

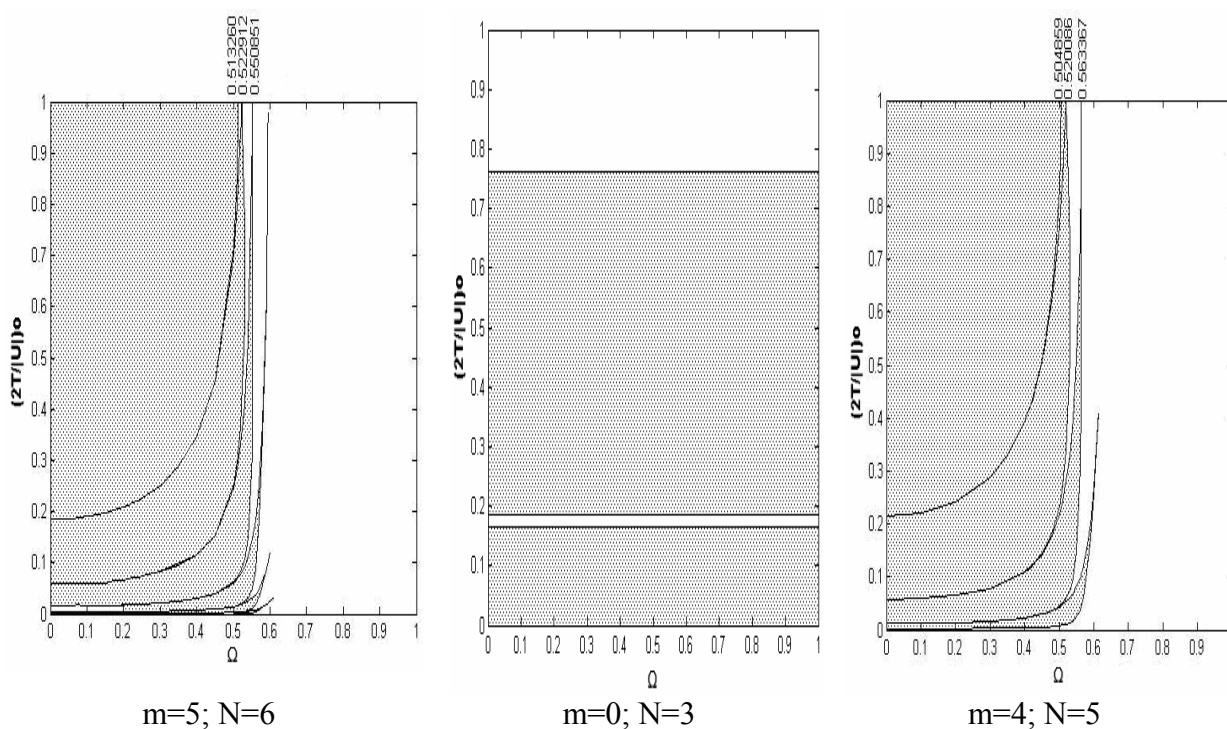
Умумлашган модель доирасида вертикал тебранишлар қуйидаги ДТНА си ҳосил қилинди:

$$\begin{aligned} & (1 + \lambda \cos \psi) \cdot \frac{d^2 Q(\psi)}{d\psi^2} + \lambda \sin \psi \cdot \frac{dQ(\psi)}{d\psi} + 2 \left[\frac{(N+m)!!(N-m)!!}{(N+m-1)!!(N-m-1)!!} - \right. \\ & \left. - 1 - \frac{m^2 p(1-\lambda^2)}{2(1+\lambda \cos \psi)} - \frac{(1-p)(1-\lambda^2)(N^2 - m^2 + N - 2)}{6(1+\lambda \cos \psi)} \right] Q(\psi) = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Ушбу (4) ДТНА тадқиқи натижалари ёрдамида β параметр қийматлари ортиши билан S-симон эгриланиш ва гумбазсимон модалари беқарорликлари кучайиши, α параметрнинг қиймати ортиши билан эса, аксинча, бу модаларнинг янада барқарорлашиб бориши кўрсатилди. N- симон ва U-симон эгриланиш модалари учун эса, α ва β параметрларнинг роли ўзаро алмашинади. Ғалаёнланишнинг прецессион туридаги ДТНА си α ва β параметрларга боғлиқ бўлмайди. Шундай

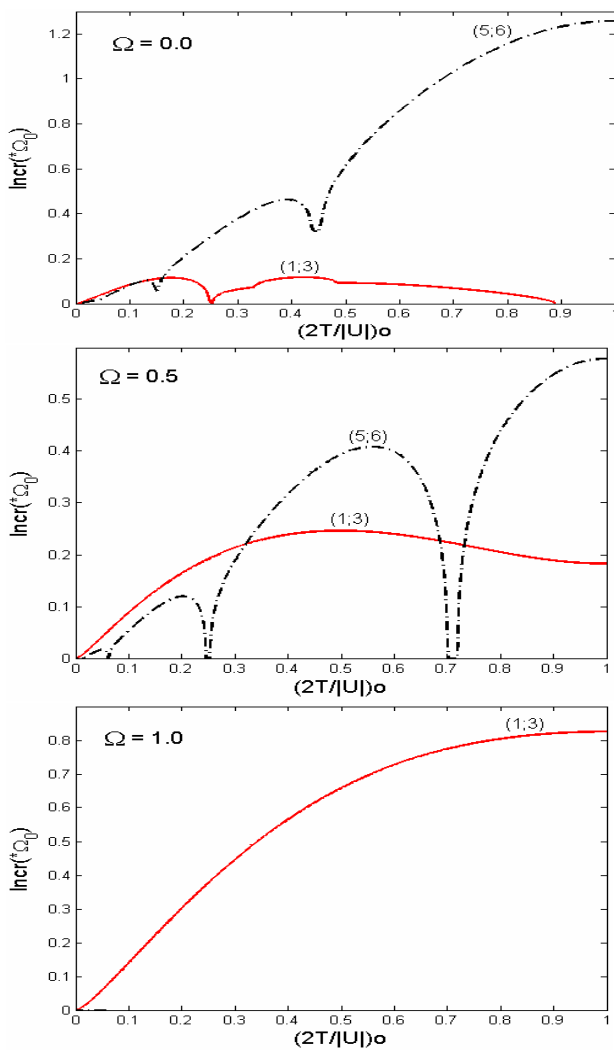
қилиб, охириги мода ностационар дискнинг анизотроп моделлари фонида худди бирламчи изотроп моделидагидек доимо барқарор бўлади.

Айланувчи анизотроп ва бирламчи изотроп нозизиқли моделлар фонида эгриланиш модалари беқарорлиги инкрементларининг максимал қийматлари Ω нинг ўсиши билан аста-секин камайиб боради. $\Omega=0$ да аperiодик, $\Omega>0$ бўлганда эса, тебранма беқарорликларга эга бўламиз. Лекин бошқа эгриланиш модаларидан фарқли равишда, гумбазсимон беқарорлик айланиш параметрининг барча қийматларида аperiодик хусусиятга эга бўлади. Бундан ташқари, хусусан, (5;6) мода учун $\Omega_2=0,513260$ ва $\Omega_3=0,522912$ қийматларда тизимдаги алоҳида заррачаларнинг ҳаракати билан асимметрик тебраниш орасида юзага келган резонансга боғлиқ беқарорлик намоён бўлади (7-расмга қаранг).

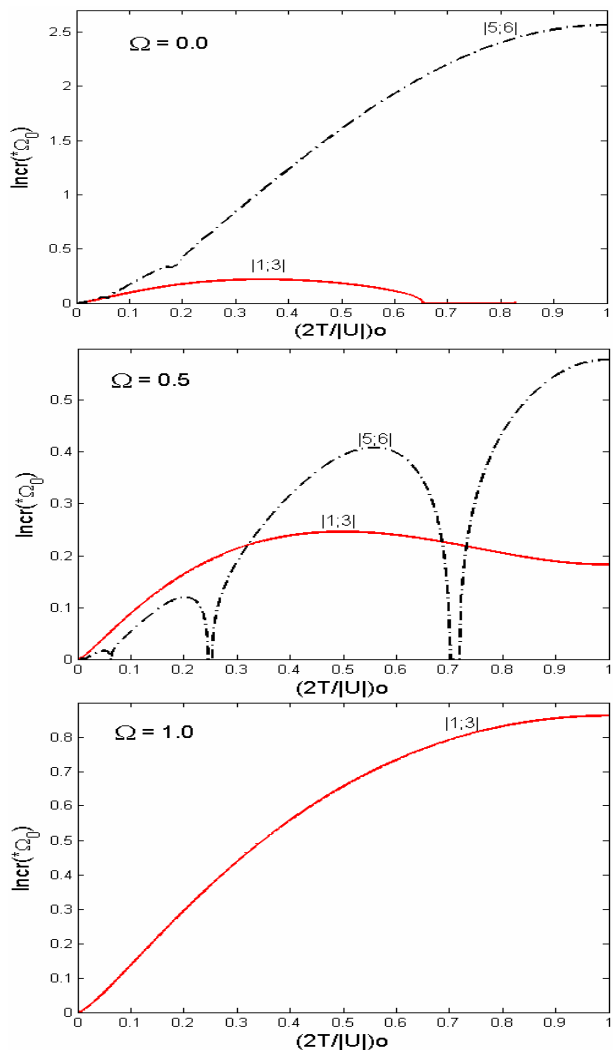


7-расм. Тебранишларнинг учта модаси учун умумлашган моделнинг айланиш параметрига $(2T/|U)|_0$ нинг критик боғлиқлиги

Ғалаёнланишнинг эгриланиш модалари учун анизотроп модель бирламчи изотроп моделга нисбатан анча беқарор. Бироқ $\Omega=0,5$ да вертикал ғалаёнланишлар (4;5) ва (5;6) модаларига нисбатан изотроп ва анизотроп моделлар ўзларини бир хил тутуди. Горизонтал ва вертикал модалар беқарорликлари инкрементларини таққослаш диск айланиш параметрининг кичик ва ўрта меъёр қийматларида вертикал эгриланиш модалари горизонтал модалардан доимо устун келиши, Ω максимал қийматга интилиши билан эса тескари кўриниш кузатилишини кўрсатди (8- ва 9- расмларга қаранг).



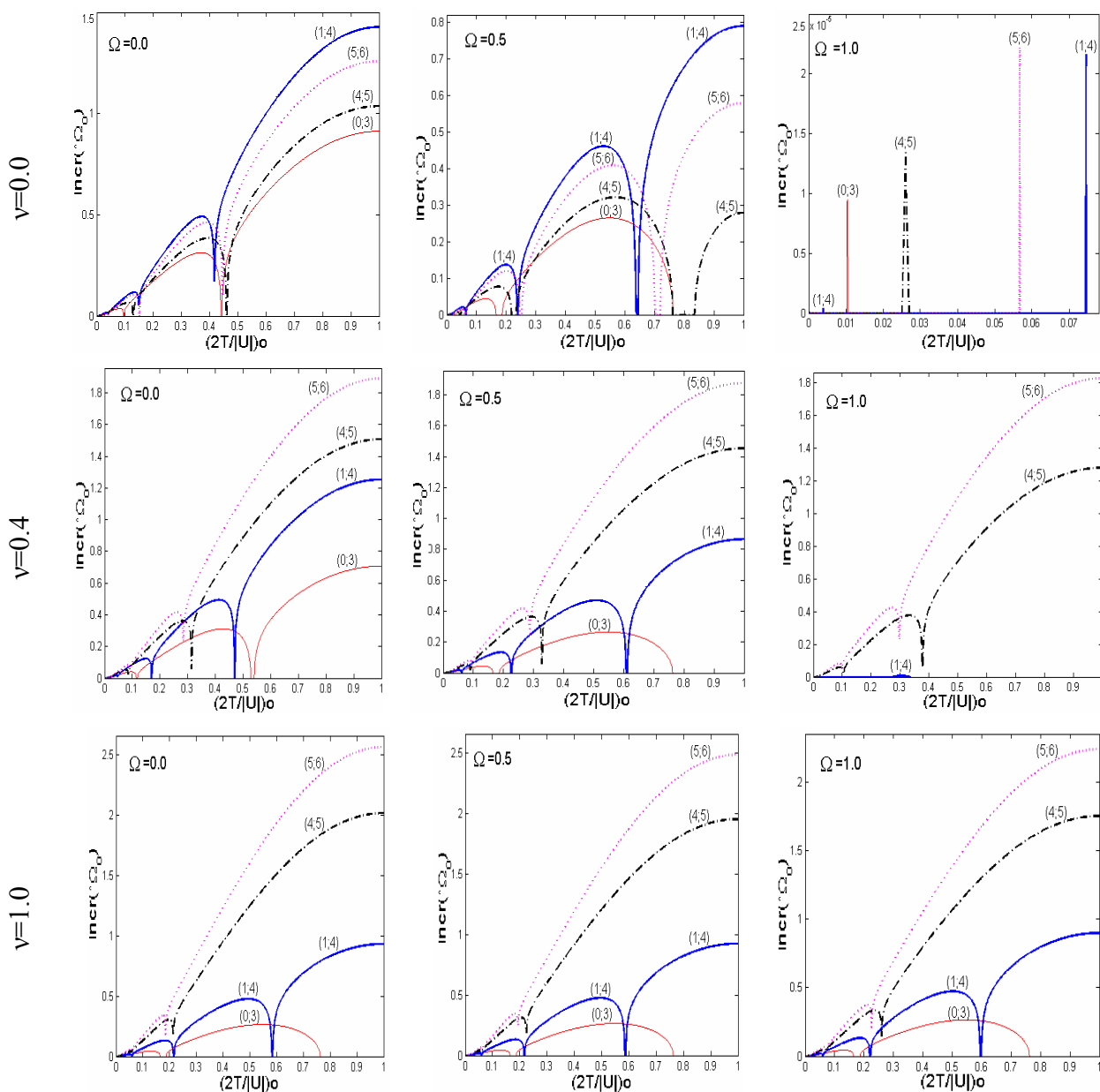
8-расм. Изотроп модель учун (5;6) вертикал ва (1;3) горизонтал модалар беқарорликлари инкрементларини қиёслаш



9-расм. Умумлашган моделнинг $\alpha = \beta = 0$ даги (5;6) вертикал ва (1;3) горизонтал модалари беқарорликлари инкрементларини қиёслаш

Тузилма модели фонида эгриланувчан модалар беқарорликлари таҳлили Ω нинг кичик ва ўрта меъёрдаги қийматлари учун ν нинг барча қийматлари диапазонида, радиал тебранишлар бўлмаганида тузилма модель тўлиқ беқарор бўлишини кўрсатди, бироқ Ω ўзининг максимал қийматида интилганида эса бу ҳолат ўзгаради. Айланиш параметри Ω нинг қиймати ортиши билан барча эгриланиш модаларида икки модель суперпозициясининг қандайдир резонанс эффекти юзага келиши кузатилади, бунинг натижасида беқарорлик соҳаси катталашади ва $(2T/|U|)_0$ бошланғич вириал муносабат қийматининг мумкин бўлган барча оралиғини эгаллайди. Бундан ташқари, $\Omega \rightarrow 1$ бўлганда, барқарорлик каналлари сони ва соҳа майдони ортади, бу билан параллел равишда беқарорликнинг резонанс чўққиси ўнг томонга силжийди. Айтиш керакки, $\Omega = 0,5$ да дискнинг гумбазсимон беқарорлик мезони ν суперпозиция параметрига боғлиқ бўлмайди. Айланиш параметри Ω эгриланиш тебранишларида барқарорлаштирувчи ролини ўйнайди, суперпозиция параметри ν эса аксинча, нобарқарорлаштирувчи эффектни беради. Шуни хулоса қилиш мумкинки, гумбазсимон эгриланиш модаси тузилма модель

фонда доимо аperiодик характердаги беқарорликка эга бўлади, бошка модалар эса, Ω айланиш ва ν суперпозиция параметрларнинг қийматларига боғлиқ ҳолда беқарорликнинг ҳам аperiодик, ҳам тебранма характериға эга бўлади.



10-расм. Ω айланиш ва ν суперпозиция параметрлари турли қийматлари учун тузилма моделининг турли модалари инкрементларини таққослаш

Тузилма моделларни тебранишларнинг эгрланиш модалари беқарорликларига нисбатан таққослаш деярли горизонтал модалардаги сингари натижа беради. Кўрилган барча ностационар моделлар фонда галактика дискининг асимметрик эгрланиши энг катта инкрементга эга, ундан кейин U-симон эгрланиш ва фақат шундан сўнг унинг марказий қисмида гумбазсимон эгрланиш содир бўлиши мумкин (10-расмға қаранг).

Иловаларда (0;6), (2;6) ва (1;7) модалари учун ғалаёнланиш коэффициентининг аниқ ифодалари; ғалаёнланиш ҳалқасимон ва лопсайдал модаларининг изотроп модель фонидаги ҳамда лопсайдал модалар учун айланувчи анизотроп модель фонидаги ДТНА лари; (0;4) ва (0;6) модаларининг изотроп модель фонидаги беқарорликлари турлари тадқиқоти натижалари; ғалаёнланишнинг ҳалқасимон ва эгриланиш модалари учун айланиш параметри турли қийматларида бошланғич вириаль муносабатнинг суперпозиция параметрига критик боғланишлари; ғалаёнланишнинг лопсайдал модалари ҳолида изотроп модель учун бошланғич вириаль муносабатнинг айланиш параметрига критик боғланишлари; айланиш ва суперпозиция параметрларининг турли қийматлари учун таркибий моделлар фонида ҳалқасимон, лопсайдал ва эгриланиш модалари беқарорликлари инкрементларининг қиёслаш графиклари; ушбу ғалаёнланиш модаларига нисбатан таркибий моделларни ўзаро қиёслаш графиклари ҳамда лопсайдал галактикаларнинг жамланма каталоги ва асимметрик эгриланган галактикаларнинг ишчи рўйхати келтирилган.

ХУЛОСА

«Дисксимон галактикаларда асосий таркибий тузилмалар шаклланишининг ночизикли назарияси» мавзусидаги докторлик диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилади:

1. Замонавий кузатув маълумотларини инобатга олган ҳолда дисксимон галактикаларда ҳалқа, лопсайдал ва эгриланиш ҳолатлари юзага келишининг ночизикли ностационар назарияси яратилди.

2. Физик ҳалқасимон галактикалар классификацияси илк бор ишлаб чиқилди. Ҳосил қилинган классификация галактикалардаги ҳалқа тузилмасининг кўринма белгиларига кўра 9 гуруҳдан иборат бўлиб, бу тузилмалар тебранишларнинг ҳалқасимон модалари гравитацион беқарорлиги оқибатида шаклланиши мумкин ва улар спирал тармоқларининг зич ўралиши ёки тасвир текислигига проекцияси натижаси оқибати эмас. Энг кўп тарқалган гуруҳлар – бу, ядроли ҳалқасимон галактикалар ва улагичли ҳалқа ҳамда иккита спирал тармоққа эга галактикалар эканлиги аниқланган. Тўққизта ҳолатдан бештасида улагич бор. Спирал тармоқлар фақат учта ҳолатда учрайди. Икки ҳалқали галактикалар кутилганидан анча кўпроқ (18 фоиз) учрайди.

3. Тезликларнинг анизотроп диаграммасига эга дисксимон ўзгравитацияланувчи тизимлар учун ночизикли ностационар умумлашган ва учта таркибий моделлари илк бор тузилди. Пульсацияланувчи дискнинг кинетик энергияси ташкил этувчилари, радиал ва трансверсал йўналишлардаги тезликлар дисперсияси, анизотропиянинг глобал параметри каби моделларнинг асосий физик параметрлари учун аниқ ифодалар топилди.

4. Ўзгравитацияланувчи дискнинг тузилган ностационар моделлари фонида ривожланидиган ғалаёнланишларнинг кузатилаётган асосий тузилмалар намоён бўлишларига мос равишда горизонтал ва вертикал модалари учун ДТНА келтириб чиқарилди. Жумладан, (2;4) бир ҳалқали мода беқарорлигининг

ривожланиши айланишга эга бўлмаган барча анизотроп моделлар учун бир хил бўлиши аниқланди, чунки ушбу моданинг ДТНА си моделларнинг фарқи ва анизотропия даражасини характерлайдиган α ва β параметрларига боғлиқ эмас.

5. Ғалаёнланишларнинг тадқиқ қилинаётган тузилмавий модалари эволюцияси жараёнида α ва β анизотропия параметрлари қарама-қарши эффектларни бериши аниқланди. Шунингдек, α дестабиловчи роль ўйнаган ҳолда унинг қиймати ортиши билан анизотроп моделлар фонида ушбу тузилмалар шаклланадиган, бошланғич вириал муносабатнинг интервали ортиб боради. Бироқ у стабилловчи роль ўйнаганида эса, аксинча, беқарорлик соҳалари аста-секинлик билан $(2T/|U|)_0$ ўқи бўйлаб чап томонга торайиб боради.

6. Ушбу тузилмаларнинг шаклланиш механизмлари ва мезонлари топилди. Жумладан, диск айланиш параметри қийматидан қатъи назар, анизотроп моделнинг бошланғич тўлиқ кинетик энергияси тўлиқ бошланғич потенциал энергиянинг кўпи билан 22,4 фоизини ташкил қилса, радиал ҳаракатлар беқарорлиги натижасида ҳалқа тузилмаси шаклланиши мумкинлиги аниқланди. Лопсайд тузилма учун бу катталиқ 30,6 фоизни ташкил қилади. Мазкур лопсайдал беқарорлик айланмайдиган анизотроп модель фонида бошланғич вириал муносабатнинг қийматига боғлиқ ҳолда тебранма ёки аperiодик характерга эга бўлиши, бироқ модель айланганида эса фақат тебранма беқарорликка эга бўлиши аниқланди.

7. Ғалактика дискида кузатилаётган катта масштабли тузилмалар юзага келишининг характерли вақти ва бошланғич вириал муносабат критик қийматлари ночизиқли моделнинг асосий физик параметрларига боғлиқ ҳолда биринчи марта аниқланди. Жумладан, ностационар анизотроп модель фонида аввал кинематик силжиган ядро, сўнг Ω ва $(2T/|U|)_0$ нинг кичик ва ўрта меъёр қийматларида ҳалқа тузилмаси ва фақат ундан кейингина тизимда бар шаклланади, аммо $\Omega \geq 0,5$ бўлганда вириал муносабат қийматидан қатъи назар, кетма-кет (1;3), (0;4) ва (2;2) эффектлар пайдо бўлиши аниқланган. Ғалаёнланишнинг вертикал модаси доирасида шундай хулоса қилиш мумкинки, аввал ғалактика дискининг асимметрик ёки U-симон эгриланиши, сўнг гумбазсимон эгриланиш пайдо бўлади.

8. Ночизиқли ностационар ўзгравитацияланувчи дисксимон моделлар фонида тебранишларининг горизонтал ва вертикал модалари беқарорликлари илк бор қиёсланди. Диск айланиш параметрининг кичик ва ўрта меъёр қийматларида изотроп ва анизотроп моделлар тебранишларининг вертикал модалари горизонтал модалардан устунлик қилиши, айланиш максимал қийматига яқинлашганида эса тескари манзара кузатилиши аниқланди.

9. Тебранишларнинг ўрганилган горизонтал модаларига нисбатан анизотроп модель умумий ҳолда изотропга қараганда анча барқарорлиги, вертикал модалар учун эса тескари натижага эга бўлиши кўрсатилди. Фақат $\Omega = 0,5$ ҳолида изотроп ва анизотроп моделлар ғалаёнланишларнинг маълум (0;4), (1;3), (4;5) ва (5;6) модалари бўйича ўзларини бир хил тутуди. Таркибий моделлар орасида нисбатан барқарорроқ ва жуда беқарор комбинациялар мавжуд.

10. Горизонтал тебранишларда дискнинг айланиш параметри дестабиллаш ролини ўйнаши, суперпозиция параметри эса стабиллаш эффектини бериши аниқланди. Аммо вертикал тебранишларда бу параметрлар роли алмашилиши аниқланди.

11. Айланиш ва суперпозиция параметрлари учун критик қийматлар топилди, бу қийматларда мураккаб резонанс эффекти кузатилиб, оқибатда тузилма модаларнинг бекарорлиги бошланғич вириал муносабат қийматларининг барча диапазонида устунлик қилади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК 16.07.2013.ФМ.11.01 ПРИ ИНСТИТУТЕ ЯДЕРНОЙ
ФИЗИКИ И НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

**АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА**

МИРТАДЖИЕВА КАРАМАТ ТАХИРОВНА

**НЕЛИНЕЙНАЯ ТЕОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ
ОСНОВНЫХ СТРУКТУРНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ
В ДИСКООБРАЗНЫХ ГАЛАКТИКАХ**

**01.03.01 – Астрономия
(физико-математические науки)**

АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Ташкент – 2016

Тема докторской диссертации зарегистрирована за № 31.03.2016/B2014.5.FM143 в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Докторская диссертация выполнена в Астрономическом институте и Национальном университете Узбекистана.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский) размещен на веб-странице Научного совета (www.inp.uz) и на Информационно-образовательном портале “Ziynet” (www.ziynet.uz).

Научный консультант: **Нуритдинов Салахутдин Насритдинович,**
доктор физико-математических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Чернин Артур Давидович,**
доктор физико-математических наук, профессор

Коршунова Наталья Александровна,
доктор физико-математических наук, профессор

Расулова Мухаё Юнусовна,
доктор физико-математических наук

Ведущая организация: **Астрофизический институт имени В.Г. Фесенкова**
г.Алматы, Республика Казахстан

Защита диссертации состоится «___» _____ 2016 г. в ___ часов на заседании Научного совета 16.07.2013.FM.11.01 при Институте ядерной физики и Национальном университете Узбекистана (Адрес: 100214, г. Ташкент, поселок Улугбек, ИЯФ. Тел.: (99871)150-30-70; факс: (99871)150-30-80; e-mail: info@inp.uz).

С докторской диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института ядерной физики (регистрационный номер 04-16). (Адрес: 100214, г. Ташкент, поселок Улугбек, ИЯФ. Тел.: (99871) 289-31-19).

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2016 г.
(протокол рассылки № _____ от _____ 2016 года).

У.С. Салихбаев,
Председатель Научного совета по присуждению
ученой степени доктора наук д.ф.-м.н., профессор

Р. Ярмухамедов,
Ученый секретарь Научного совета по присуждению
ученой степени доктора наук д.ф.-м.н., профессор

И. Хидиров,
Председатель научного семинара при Научном совете
по присуждению ученой степени доктора наук
д.ф.-м.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (Аннотация докторской диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. Спиральные и линзовидные галактики являются дискообразными и, следовательно, можно утверждать, что основную часть наблюдаемых элементов – «кирпичиков» Вселенной составляют именно дискообразные галактики. Дискообразными являются также «блины» Зельдовича в виде сверхскоплений галактик. Вот почему, изучение дискообразных моделей самогравитирующих систем представляет большой интерес не только для внегалактической астрономии и астрофизики, но и для космологии.

Структура же дискообразных галактик довольно многообразна. Согласно современным наземным и космическим данным наблюдений в дисках спиральных галактик, кроме хорошо и давно известной спиральной структуры, часто наблюдаются явления лопсайдности в виде явного смещения ядра галактики от её геометрического центра, различные кольцевые образования, а также вертикальные изгибы диска, особенно асимметричные относительно его оси вращения и плоскости симметрии. Процессы формирования указанных структурных образований можно объяснить неустойчивостями конкретных мод возмущений, так как одним из основных физических механизмов происхождения крупномасштабных структур в галактиках и ряде других самогравитирующих системах является именно гравитационная неустойчивость. Однако до сих пор эти неустойчивости исследовались аналитически в рамках строго равновесных моделей гравитирующего диска, тогда как в реальности эти процессы происходят на фоне явно нелинейно нестационарных состояний дисковой подсистемы.

Именно необходимость построения аналитически решаемых нестационарных самогравитирующих моделей, анализа явления гравитационных неустойчивостей на фоне этих нелинейно неравновесных состояний является в настоящее время наиболее важным и определяющим звеном в изучении ранней эволюции и физики дискообразных галактик и обосновывает актуальность на мировом уровне данного научного исследования.

Исследование нелинейно нестационарных свойств выше отмеченных структурных образований в виде колец, изгибов и лопсайдности на ранней стадии развития дискообразных самогравитирующих систем (ДСС), нахождение точных критериев их формирования, построение критических диаграмм зависимостей между физическими параметрами нестационарной модели дисковых подсистем спиральных галактик и разработка неравновесной теории формирования этих основных структурных образований создают благоприятные возможности для постановки и эффективного осуществления соответствующих численных компьютерных экспериментов, а также решения проблемы ранней эволюции дискообразных галактик.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Диссертационное исследование

выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий в республике: П. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации.

Исследования проблем формирования структурных образований дискообразных галактик проводятся ведущими мировыми научными центрами и высшими образовательными учреждениями, в том числе, Университетом Алабамы, институтом Карнеги в Вашингтоне, Университетом Д. Хопкинса и Научным институтом Космического телескопа (США), Университетом Оулу (Финляндия), Парижской обсерваторией (Франция), Туринской обсерваторией (Италия), Астрономическим институтом Кейптауна (Нидерланды), Индийским институтом наук в Бангалоре (Индия), Университетом Карачи (Пакистан), Лейпцигским университетом и Астрофизическим институтом Макса Планка (Германия), университетом Гранады (Испания), Государственным астрономическим институтом им. Штернберга Московского Государственного университета и Астрономическим институтом им. Соболева С.-Петербургского университета (Россия), Кембриджским университетом (Великобритания), университетом Британской Колумбии (Канада), Национальным университетом Узбекистана и Астрономическим институтом (Узбекистан).

По исследованию основных структурных образований в дискообразных галактиках на мировом уровне был получен ряд научных результатов, в том числе: составлены каталоги кольцеобразных галактик, определены их кинематические характеристики, разработаны численно-экспериментальные модели происхождения кольцевых структур в галактиках в рамках теории их слияния (Университет Алабамы, США; Университет Оулу, Финляндия и Парижская обсерватория, Франция; Туринская обсерватория, Италия; Институт Карнеги в Вашингтоне, США); составлены каталоги лопсайдных галактик, определены степени лопсайдности галактик, получены результаты модального анализа на фоне равновесных моделей (Астрономический институт Кейптауна, Нидерланды; Научный институт космического телескопа, США; Университет Д. Хопкинса, США; Индийский институт науки в Бангалоре, Индия; Парижская обсерватория, Франция и Университет Карачи, Пакистан); составлены каталоги галактик с изгибностью дисковой подсистемы и определены типы изгибов, найдены значения степени изгибности, а также определены эффекты изгибности на основе численно-экспериментальных моделей, преимущественно в рамках приливной теории (Лейпцигский университет, Германия; Университет Гранады, Испания; Астрономический институт им. Соболева С.-Петербургского университета, Россия; Астрофизический институт Макса Планка, Германия; Кембриджский университет, Великобритания и Университет Британской Колумбии, Канада).

В настоящее время в мире по проблеме формирования основных структурных образований в дискообразных галактиках проводятся исследования по ряду приоритетных направлений, в том числе: наблюдения колец, лопсайдности и изгибов в диске галактик и их анализ; теоретическое моделирование ранней стадии эволюции ДСС; нахождение областей гравитационной неустойчивости структурных мод возмущений на фоне

нелинейно нестационарных моделей по их параметрам; определение начальных физических условий, критериев и соответствующих механизмов их формирования в дискообразных галактиках; а также построение нелинейной теории формирования этих структурных образований.

Степень изученности проблемы. Проблемы неустойчивостей коллапса и нелинейной пульсации плоской самогравитирующей системы, требующие анализа роли ранней нестационарности в зависимости от начального физического состояния, выраженной через отношения потенциальной и кинетической компонент энергии системы, до сих пор изучались численно – экспериментально многими учеными, например, американскими (R. Miller, D. Merritt и L. Hernquist), корейскими (K. Min, Ch. Choi) и др. Однако эти эксперименты не позволяют определять ряд нелинейных эффектов и явления резонансных неустойчивостей. Подобные вопросы требуют новой постановки задачи теоретического плана и изучения этих проблем на фоне нестационарности.

Ряд авторов, например, индийские ученые (R. Nityananda, S. Sridhar и др.), изучали эволюцию отдельных мод колебаний методом сечения Пуанкаре, но в постановке задачи и анализе результатов они придерживались мнения о том, что бар-мода имеет наибольший инкремент неустойчивости. В то время как на фоне нестационарности главной становится лопсайдная мода и некоторые другие, а не бар-мода, которая важна только в рамках равновесных моделей. Здесь необходимо было исследовать дифференциальное уравнение для коэффициента пульсации диска.

Американские ученые (J. Vuta и др.) составили каталог кольцеобразных галактик. Но здесь каждая галактика описана сложными символами. С другой стороны, туго закрученные спиральные рукава или *Sa* галактики с необычной проекцией на картинную плоскость также были приняты за кольцевые галактики. Однако эти авторы не интересовались проблемой классификации кольцевых галактик.

Исследования нелинейных колебаний в различных подсистемах галактик и конкретных типах самогравитирующих систем, динамического влияния наличия гало и короны галактик на их дисковую подсистему и анализ проблемы построения точно решаемых фазовых моделей нелинейно неравновесных стадий эволюции галактик впервые начаты в Национальном Университете Узбекистана (С.Н. Нуритдинов) в начале 80-х годов. Здесь впервые были построены отдельные сферические нестационарные модели самогравитирующих систем путем обобщения на случай пульсации известных равновесных моделей Эйнштейна и Камма. Также получены нелинейные аналоги дисперсионных уравнений этих нестационарных моделей и изучены вопросы их гравитационной неустойчивости. Совместно с российскими учеными (В.А. Антонов и др.) были рассмотрены проблемы нелинейных колебаний невращающейся модели Эйнштейна и изучена эволюция бароподобных возмущений на фоне этой нестационарной модели. Полученные в Национальном университете Узбекистана теоретические результаты подтверждены численными экспериментами ученых из США, Кореи и Индии.

Кроме того, была разработана нестационарная изотропная модель для дискообразных самогравитирующих систем и на её фоне изучены вопросы неустойчивости бар-моды. Однако изотропность данной модели является несколько упрощенной. Кроме того, другие важные моды, такие как кольцевые и лопсайдные структурные моды остались без рассмотрения.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшей образовательной и научно-исследовательской учреждений, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научных проектов Астрономического института и Национального университета Узбекистана по теме Ф-2.2.1 «Гравитационные линзы и коллапсирующие галактики: наблюдательно-экспериментальные и теоретические проблемы» (2003-2007); ОТ-Ф2-049 «Природа крупномасштабных структурных образований в галактиках с различными красными смещениями» (2007-2011); ФА-Ф2-Ф058 «Исследование гравитационных линз, формирующихся галактик и обобщенных моделей астрофизических объектов» (2007-2011); Ф2-ФА-Ф029 «Физика гравитационных линз, компактных астрофизических объектов и нестационарных дисковых систем» (2012-2016); № 43-04 «Поиск фундаментальных стохастических свойств фазового перемешивания в гравитирующих системах на стадии нелинейного коллапса» (2004-2005); № 51-06 «Поиск и анализ гравитационных неустойчивостей нелинейных моделей анизотропных дискообразных систем» (2006-2007); № Ф.7-12 «Анализ наблюдений кольцеобразных галактик и разработка теории их происхождения» (2012-2013).

Целью исследования является построение нелинейно нестационарных моделей дискообразных самогравитирующих систем и создание теории формирования отдельных структурных образований в спиральных галактиках.

Задачи исследования:

накопление данных наблюдений с целью разработки классификации дискообразных галактик, имеющие, в частности, кольцеобразные структурные образования в сочетании с другими крупномасштабными структурами;

проведение статистического анализа списков и каталогов галактик, содержащих лопсайдную структуру, и наблюдательных данных по изгибным явлениям;

построение обобщенной фазовой модели нестационарных дискообразных галактик с радиальной пульсацией и анизотропной диаграммой скоростей;

получение нестационарных аналогов дисперсионных уравнений (НАДУ) для мод возмущений, ответственных за формирование кольцеобразных, лопсайдных и изгибных структурных образований в спиральных галактиках;

исследование полученных НАДУ при различных сочетаниях физических параметров исходной вращающейся неравновесной модели;

изучение физической природы обнаруженных неустойчивостей исследуемых структурных мод колебаний на фоне построенных нами нестационарных моделей;

определение маргинальных зависимостей между физическими параметрами нестационарных моделей ранней стадии эволюции дисковых галактик для основных горизонтальных мод колебаний;

получение инкрементов гравитационных неустойчивостей для кольцеобразной, бароподобной и лопсайдной мод колебаний и проведение их сравнительного анализа на фоне обобщенной нестационарной модели;

решение НАДУ для вертикальных изгибных мод колебаний как в обобщенной модели, так и в составных нестационарных моделях самогравитирующего диска;

определение основных характеристик и последовательности формирования S- и N-образных ассиметричных, U-образных, купольных и прецессионных типов изгиба во времени на фоне исследуемых нелинейных моделей;

выполнение анализа природы неустойчивостей изгибных мод возмущений в нестационарных моделях и сравнение инкрементов неустойчивостей для определения зависимости их характерных времен проявления от основных физических параметров моделей;

проведение сравнительного анализа горизонтальных и вертикальных мод возмущений и нестационарных моделей с точки зрения ранней стадии эволюции дискообразных галактик.

Объектом исследования являются ДСС, их теоретические модели и наблюдаемые, теоретически не изученные крупномасштабные структурные образования в дисковых галактиках.

Предметом исследования являются процессы формирования кольцеобразных, лопсайдных и изгибных структурных образований в самогравитирующих дисковых подсистемах спиральных галактик, механизмы гравитационных неустойчивостей на фоне нестационарных моделей.

Методы исследования. Фазовое моделирование, нелинейные колебания самогравитирующих дисковых систем, интегрирование систем дифференциальных уравнений, содержащих свободные параметры методом устойчивости периодических решений, стандартные программы интегрирования (например, по методу Эверхарда), численные расчеты инкрементов неустойчивости модельных задач, а также статистический анализ данных наблюдений.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

создана нелинейно нестационарная теория формирования кольцевых, лопсайдных и изгибных явлений в дискообразных галактиках;

впервые построены обобщенная и три составные нелинейно нестационарные фазовые модели ДСС с анизотропной диаграммой скоростей и найдены основные их физические характеристики;

разработана классификация физически кольцеобразных галактик, которая содержит 9 групп относительно видимых признаков кольцевых структур в галактиках. Впервые найдены маргинальные зависимости между начальными значениями физических параметров нелинейно нестационарных моделей, на фоне которых формируется двойная кольцеобразная структура в дискообразной системе;

впервые определены механизмы и критерии формирования исследуемых основных структурных образований на фоне обобщенной нестационарной модели анизотропного диска. Например, если начальная полная кинетическая энергия анизотропной модели составляет не более 30,6% от начальной потенциальной энергии, то имеет место неустойчивость радиальных движений, приводящая к феномену лопсайдности;

впервые найдены характерные времена проявления изгибов, лопсайдности и кольцевых образований в диске и критические значения степени нестационарности моделей. В случае изгибов установлено, что на фоне нестационарной анизотропной модели вначале проявляется асимметричный изгиб, затем формируется куполообразный, причем с ростом значения параметра вращения купольная неустойчивость становится более существенной;

впервые установлено, что при малых и умеренных значениях параметра вращения диска вертикальные моды колебаний изотропной и анизотропной нестационарных дискообразных моделей доминируют над горизонтальными, а при максимальных значениях вращения наблюдается обратная картина;

впервые найдено, что в общем случае анизотропная модель более устойчива относительно изученных горизонтальных мод, чем изотропная, а для вертикальных наоборот, изотропная модель является более устойчивой. Однако при параметре вращения $\Omega=0,5$ изотропная и анизотропная модели ведут себя одинаково относительно мод (0;4), (1;3), (4;5) и (5;6).

Практические результаты исследования заключается в следующем:

построены нелинейные, радиально нестационарные дисковые модели, которые могут быть использованы в качестве исходного состояния в компьютерных экспериментах;

получены критические диаграммы зависимости между основными физическими параметрами нелинейно нестационарных самогравитирующих дисков, которые необходимы для проведения численных экспериментов и расшифровки сложных эффектов и деталей численного моделирования эволюции этих объектов;

разработана классификация физически кольцеобразных галактик, которая будет использована при обработке новых данных наблюдений и анализе проблем эволюции кольцевых образований.

Достоверность результатов исследования обосновывается тем, что в работе были применены известные классические методы теории колебаний динамических систем, использованы высокоточные численные методы расчета, найденные здесь критические значения для параметра вращения нестационарной модели при нулевом значении амплитуды пульсации ($\lambda=0$) точно совпадают с результатами, которые были получены ранее в рамках стационарной модели, а также нестационарные аналоги дисперсионных уравнений, полученных разными методами, являются тождественными.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования определяется возможностью применения разработанных в диссертации методик построения, анализа

устойчивостей нелинейно нестационарных моделей галактик и исследования механизмов неустойчивостей в теории колебаний звезд, обнаружении неустойчивостей в лабораторной плазме и других динамических системах, где нелинейность и нестационарность являются главными факторами, а также возможностью формулирования и сравнения фундаментальных выводов по формированию структуры, эволюции дискообразных гравитирующих и кулоновских систем. Кроме того, найденные критические значения вириального отношения ДСС могут быть использованы как начальные условия в численных экспериментах при моделировании исходного состояния.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что они могут быть успешно применены в областях внегалактической астрономии и астрофизики, при расшифровке деталей численного эксперимента и при сравнении теоретических моделей с численно-экспериментальными. Также они могут быть включены в специальные курсы для студентов университетов, таких как «Галактическая астрономия», «Физика галактик», «Космогония и основы космологии» и т.п. Полученные результаты найдут прямое приложение в исследовании других подобных астрофизических объектов, в частности, темной материи во Вселенной. Разработанная классификация кольцеобразных галактик, безусловно, будет использована при обработке новых данных наблюдений и анализе проблем эволюции кольцевых образований.

Внедрение результатов исследования. Результаты определения узких областей устойчивости и неустойчивости, критических значений параметра вращения для резонансных точек и методы нахождения инкрементов неустойчивостей мод возмущений применены к задачам исследования мод колебаний для других моделей самогравитирующих систем в виде нелинейно нестационарных сферических конфигураций при выполнении гранта в рамках Государственной научно-технической программы фундаментальных исследований № ФМ-2-336 «Некоторые проблемы ранних стадий эволюции сферических систем» (НУУз, 2004-2005). С помощью применения научных результатов диссертации определены аналогичные узкие зоны неустойчивостей и роль геометрии системы, а также реальные механизмы формирования отдельных наблюдаемых структур (письмо Комитета по координации развития науки и технологий Республики Узбекистан № ФТК-02-13/103 от 16.02.2016).

Апробация результатов исследования. Результаты исследований представлены в виде докладов и апробированы на 16 международных и республиканских научно-практических конференциях, в частности «Dynamics and Evolution of Dense Stellar Systems» JD11 of IAU (Sydney, 2003), «Order and chaos in stellar and planetary systems» (Saint-Petersburg, 2003), «Астрономия – 2005: Состояние и перспективы развития» (Москва, 2005), «Астрономия от ближнего космоса до космологических далей» (Москва, 2015), «Современные проблемы астрономии в Узбекистане» (Ташкент, 2004), «Улугбековские чтения» (Ташкент, 2004), «Физика в Узбекистане» (Ташкент, 2005), «Роль женщин-ученых в развитии научно-технического прогресса» (Ташкент, 2006), «Гравитационные линзы и формирующиеся галактики» (Ташкент, 2008), «Фундаментальные и прикладные проблемы современной физики» (Ташкент,

2006, 2007, 2008), «Современная физика и ее перспективы» (Ташкент, 2009), «Актуальные проблемы ядерной и теоретической физики» (Ташкент, 2013), «Наследие Мирзо Улугбека и современность» (Ташкент, 2014), «Современные проблемы математической физики и ее приложения» (Ташкент, 2015).

Основные результаты диссертационной работы представлены и обсуждены на научных семинарах кафедры астрономии (2003-2012) и кафедры астрономии и физики атмосферы Национального университета Узбекистана (2013-2015), Астрономического института (2002-2015), Потсдамского астрофизического института (2005) и Гейдельбергского Астрономического института Германии (2006).

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 60 научных работ, из них в 22 научных статьях, в том числе 8 в зарубежных и 14 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, четырех приложений и списка литературы. Объем диссертации составляет 198 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цели и задачи, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов и раскрыта их теоретическая и практическая значимость, приведены краткие сведения о внедрении результатов и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной **«О проблемах формирования крупномасштабной структуры дисковой подсистемы спиральных галактик»**, выполнен обзор литературных источников по теме диссертации, как в направлении анализа данных наблюдений, так и теоретических исследований, посвященных крупномасштабному строению дискообразных галактик. Большое внимание уделено сравнительно новым проявлениям структурных образований в виде кольцевых форм, лопсайдности, вертикальных изгибов диска и др. Кратко рассмотрены возможные пути образования этих структур. Анализ наблюдательных данных показал, что эти крупномасштабные структуры являются общей чертой спиральных галактик, поскольку они, или даже их комбинации, наблюдаются в большинстве дискообразных галактик. Изложено основное содержание двух космологических сценариев формирования галактик вообще. Показано существенное различие результатов гравитационных неустойчивостей нестационарных моделей диска от стационарных.

Во второй главе **«Построение модели исходного состояния нелинейно нестационарного диска с анизотропной диаграммой скоростей»** построены новые фазовые модели радиально нестационарного диска с анизотропной диаграммой скоростей. Например, рассматривая обобщенную весовую функцию

$$\rho(\Omega) = C_{\alpha\beta} \Omega^{2\alpha} (1 - \Omega^2)^{\frac{2\beta+1}{2}}, \quad C_{\alpha\beta} = \frac{[2(\alpha + \beta + 1)]!}{\pi(2\alpha - 1)!(2\beta + 1)!} \quad (1)$$

на основе неравновесной изотропной модели построен новый класс обобщенной анизотропной модели самогравитирующего нестационарного невращающегося диска. Здесь α и β – целые числа, Ω – безразмерный параметр вращения диска. Следует отметить, что умножая построенную обобщенную модель на выражение

$$1 + \Omega L_z = 1 + \Omega(xv_y - yv_x), \quad (2)$$

можно получить вращающуюся модель ДСС, где L_z есть z -компонента углового момента, \vec{v} – вектор скорости «частицы» диска. Подставляя конкретные значения параметров α и β в обобщенную модель, можно получить соответствующие конкретные нелинейно нестационарные дисковые модели с анизотропными диаграммами скоростей.

Построены также три нелинейные анизотропные модели с составной природой, которые дают возможность исследовать промежуточные состояния

между двумя дискретными нестационарными конфигурациями с охватом весьма широких возможных начальных условий на ранней стадии в момент начала коллапса системы.

Получены точные выражения для основных физических характеристик построенных нелинейно нестационарных моделей самогравитирующего диска. Поскольку до сих пор неизвестны многие особенности физического состояния материи на ранней стадии эволюции дисковых галактик, необходимо построение различных моделей с анизотропными диаграммами скоростей. Таким образом, построенные модели являются, во-первых, анизотропными в пространстве скоростей, во-вторых, в рамках этих моделей можно исследовать возможные ряды разных физических состояний нелинейно нестационарных стадий формирования крупномасштабных структур дискообразных галактик.

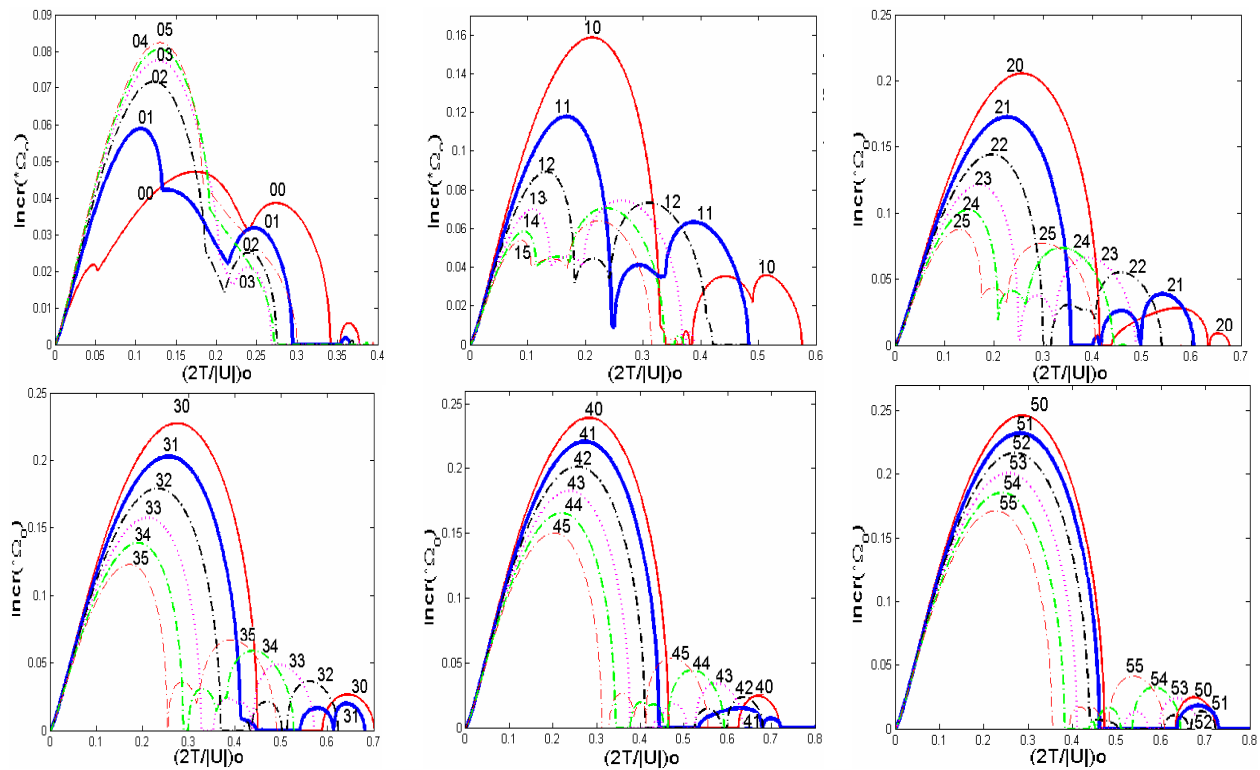
В третьей главе **«Кольцеобразные структуры в дискообразных галактиках и новая теория их формирования»** рассмотрены вопросы классификации и происхождения кольцеобразных структур в дискообразных галактиках. С этой целью, на основе опубликованных данных наблюдений различных авторов, выполнен отбор, по мере возможности, физически кольцеобразных галактик, где кольцевое явление не является следствием тугой закрученности или проекции спиральных рукавов. Эти кольцеобразные структуры, в принципе, могут наблюдаться как равноправные с другими подсистемами галактик, например, с перемычкой или спиральными ветвями. Только после этого впервые удалось классифицировать данные наблюдения. Разработанная классификация содержит 9 групп, где собраны в один класс кольцеобразные галактики, имеющие почти близкие признаки по их структуре. Оказалось, что наиболее распространенными группами являются кольцевые галактики с ядром и случай кольца с перемычкой и двумя рукавами. В пяти случаях из девяти присутствуют перемычки. Спиральные рукава наблюдаются только в трех случаях. Интересно, что двухкольцевые галактики встречаются довольно часто, чем ожидалось.

Исследованы проблемы происхождения кольцеобразных структур в галактиках путем анализа гравитационных неустойчивостей соответствующих мод возмущений на фоне нелинейно нестационарных моделей. Рассмотрены однокольцевые ($m=0$; $N=4$, $m=2$; $N=4$) и двухкольцевые ($m=0$; $N=6$, $m=2$; $N=6$) моды возмущений. Выведены НАДУ кольцеобразных мод возмущений для нелинейных дисковых моделей. Например, для моды (0;4) на фоне обобщенной модели получен следующий НАДУ в виде системы четырех дифференциальных уравнений второго порядка:

$$(1 + \lambda \cos \psi) \frac{d^2 \ell_{\tau}(\psi)}{d\psi^2} + \lambda \sin \psi \frac{d \ell_{\tau}(\psi)}{d\psi} + \ell_{\tau}(\psi) = \frac{45}{8} D_{04}^* (\ell_{\tau}, \psi, \lambda, p) (\lambda + \cos \psi)^{3-\tau} \sin^{\tau} \psi, \quad (3)$$

где $\tau = \overline{0-3}$, $p = 0,5(2\alpha + 1)/(\alpha + \beta + 2)$, $D_{04}^* (\ell_{\tau}, \psi, \lambda, p)$ – конкретная сложная тригонометрическая функция, содержащая также все неизвестные $\ell_{\tau}(\psi)$, амплитуду пульсации: $\lambda = 1 - (2T/|U|)_0$, что точно выражается через значения

вириального отношения в момент времени $t=0$, ψ – вспомогательная переменная: $t = (\psi + \lambda \sin \psi) / (1 - \lambda^2)^{3/2}$.

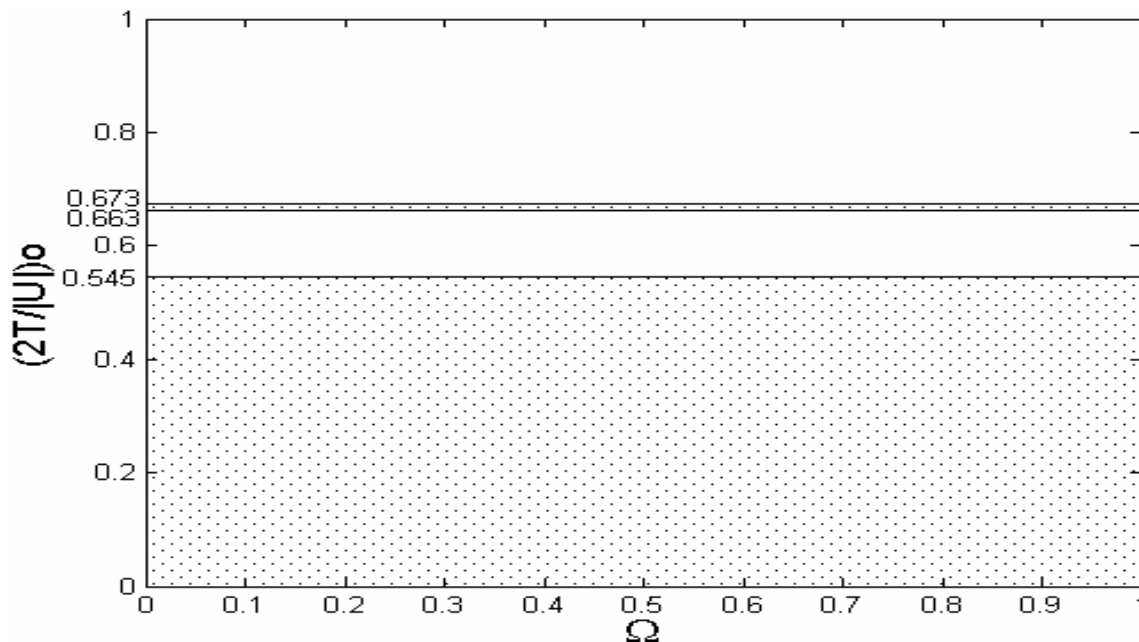


Первая цифра на графиках – α , вторая – β

Рис. 1. Зависимость инкремента неустойчивости от $(2T/|U|)_0$ для моды (2;6) по значениям (α ; β)

Результаты анализа НАДУ кольцеобразных мод представлены в виде зависимостей инкрементов неустойчивостей от начального вириального отношения $(2T/|U|)_0$ (см. рис. 1). Установлено, что параметры α и β , характеризующие различие и степень анизотропии модели дают, в общем случае, противоположные эффекты в ходе развития кольцевых мод возмущений, а также с увеличением значений α возрастает интервал начального вириального отношения, где формируется данная структура. Но в случае моды (2;4) показано, что НАДУ данной моды не зависит от параметров α и β , и развитие неустойчивости будет одинаковой для всех анизотропных моделей без вращения. На фоне вращающейся анизотропной модели при $\alpha=\beta=0$ и с учетом (2) полученные НАДУ для однокольцевой – (0;4) и двухкольцевой – (0;6) мод колебаний не зависят от параметра вращения диска (см. рис. 2). Кроме того, неустойчивости данных мод имеют и колебательный, и аperiodический характер в зависимости от значения начального вириального отношения. Моды (2;4) и (2;6) имеют эти два типа неустойчивостей в рамках невращающейся

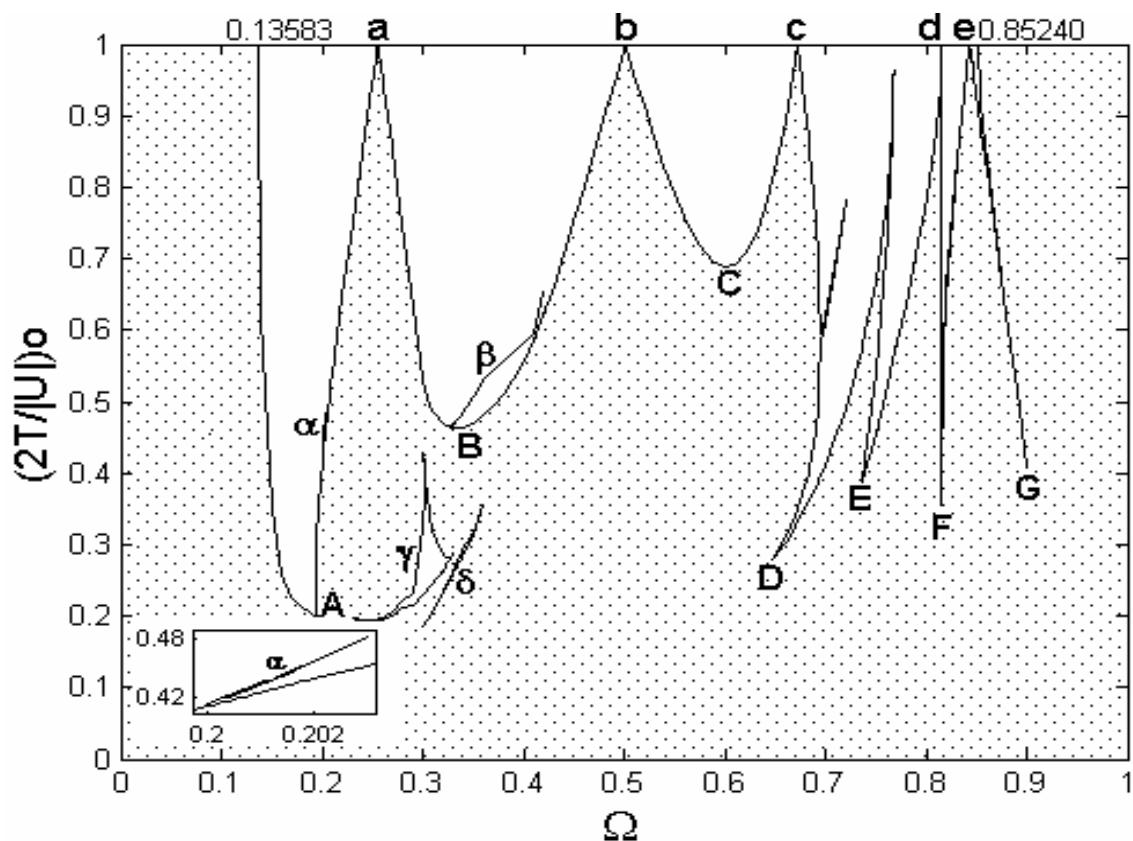
анизотропной модели в зависимости от значения начального вириального отношения, но когда модель имеет вращение, у них наблюдается только колебательная неустойчивость. А также показано, что на фоне анизотропной модели вероятность формирования однокольцевых структур всегда больше, чем двухкольцевых, независимо от значений параметров Ω и $(2T/|U|)_0$.



Область неустойчивости заштрихована

Рис. 2. Критическая зависимость $(2T/|U|)_0$ от параметра вращения обобщенной модели при $\alpha=\beta=0$ для моды $(0;4)$

Неустойчивости кольцеобразных мод возмущений в рамках исходной изотропной модели представляют своеобразную картину (см. рис. 3). Рис. 3 показывает существование двух островов неустойчивостей: очень маленького – $\alpha(0,2 \leq \Omega \leq 0,203; 0,415 \leq (2T/|U|)_0 \leq 0,483)$ и узкого – $\beta(0,327 \leq \Omega \leq 0,420; 0,464 \leq (2T/|U|)_0 \leq 0,653)$, и еще двух подобных областей: $\gamma(0,23 \leq \Omega \leq 0,33; 0,196790 \leq (2T/|U|)_0 \leq 0,427)$ и $\delta(0,3008 \leq \Omega \leq 0,36; 0,185 \leq (2T/|U|)_0 \leq 0,355)$ островов устойчивости. При определенных значениях параметра вращения имеет место нелинейный эффект, связанный со сложным резонансом между частотами коллективных движений линейной теории и нелинейных колебаний модели, в результате чего кольцеобразные моды возмущений являются неустойчивыми во всем диапазоне значений начального вириального отношения. При $0 \leq \Omega \leq 0,7$ для мод $(0;4)$ и $(0;6)$ характерны и колебательная, и аperiodическая неустойчивости, а если $\Omega > 0,7$, то имеет место только аperiodическая неустойчивость. Характер неустойчивости мод $(2;4)$ и $(2;6)$ точно такой же, как в случае анизотропной модели.



Здесь: A(0,196; 0,20), B(0,331; 0,462), C(0,6; 0,688), D(0,647; 0,278), E(0,737; 0,388), F(0,815; 0,354), G(0,9; 0,407), S(0,14; 0,355), a=0,255389; b=0,501198; c=0,672189; d=0,815658; e=0,843302

Рис. 3. Критическая зависимость $(2T/|U|)_0$ от параметра вращения исходной изотропной модели для моды (0;6)

На фоне составной модели неустойчивости моды (0;4) при $\Omega=0,5$ не зависят от параметра суперпозиции ν , а для моды (2;4) такая картина наблюдается, когда $\Omega=0$. Также заметим, что при определенных значениях Ω и ν суперпозиция двух моделей приводит к тому, что область неустойчивости имеет пик, в результате чего кольцевые моды полностью неустойчивы во всем диапазоне значений начального вириального отношения. Моды (0;4) и (0;6) имеют и аperiodическую, и колебательную неустойчивости при всех значениях параметра вращения. Однако, моды (2;4) и (2;6) на фоне невращающейся составной модели также носят и колебательную, и аperiodическую неустойчивости, а когда модель вращается, имеется только колебательная неустойчивость. Сравнение составных моделей между собой относительно неустойчивостей кольцеобразных мод показывает, что третья составная модель наиболее неустойчива по сравнению с остальными моделями при $\Omega \neq 1$, а когда параметр вращения принимает свое максимальное значение, наиболее важной становится первая составная модель.

В четвертой главе «Теория формирования лопсайдной структуры в спиральных галактиках» тщательно отобраны лопсайдные галактики на основе данных наблюдений некоторых авторов с надежными значениями

параметров лопсайдности и составлен рабочий сводный каталог, дополненный лучевыми скоростями, красными смещениями, абсолютными звездными величинами, значениями тип-кода, расстоянием и др. Так были собраны сведения о 561 объектах и проведен их статистический анализ. Результаты статистического анализа показывают, что лопсайдность наблюдается практически во всех типах спиральных галактик в разной степени в зависимости от величины закрученности спиральных рукавов. Гистограмма распределения лопсайдности по морфологическим типам галактик показала, что явление лопсайдности наблюдается преимущественно в спиральных галактиках, после них по частоте лопсайдности идут иррегулярные галактики, затем линзовидные и только потом эллиптические. Интересно и то, что лопсайдность обнаружена даже в некоторых эллиптических галактиках, так как до последнего времени считалось, что из-за особенностей распределения массы в них лопсайдности там не должна быть. Также показано, что значения коэффициента степени лопсайдности A_1 меньше 0,2 приблизительно в 90% случаях, и меньше 0,4 в 97% случаях.

Результаты изучения гравитационной неустойчивости лопсайдных мод возмущений ($m=1$; $N=1, 3, 5, 7$) на фоне обобщенной анизотропной модели с помощью анализа соответствующих им НАДУ показали, что мода возмущений $m=1; N=1$ является устойчивой и связана с тривиальным смещением всей системы как целого, что не вызывает какой-либо неустойчивости. Выяснилось, что рост значения параметра α дает дестабилизирующий эффект в ходе эволюции других лопсайдных мод возмущений на фоне анизотропных моделей, а параметр β , наоборот, играет как бы «стабилизирующую» роль. Роль параметра вращения относительно характера неустойчивости лопсайдных мод возмущений точно такая же, как у кольцеобразных мод (2;4) и (2;6), а именно на фоне невращающейся анизотропной модели наблюдаются и колебательная, и апериодическая неустойчивости, а когда $\Omega \neq 0$, имеем дело только с колебательной неустойчивостью. Данная картина наблюдается еще и на фоне составных моделей.

На фоне вращающейся анизотропной модели мода (1;3) является в среднем более неустойчивой по сравнению с модой (1;5). Сравнение инкрементов неустойчивостей бароподобной, кольцевой и лопсайдной мод колебаний показывает (см. рис. 4), что когда $\Omega < 0,5$ вначале образуется кинематически смещенное ядро, затем проявляется кольцевая структура при малых значениях $(2T/|U|)_0$, и только потом в системе формируется бар, но при больших значениях $(2T/|U|)_0$ последовательность формирования бароподобной и кольцевой структур меняется. Однако, если $\Omega \geq 0,5$, мода (1;3) по-прежнему остается лидирующей, а после неё, независимо от значения начального вириального отношения, последовательно проявляются эффекты (0;4) и (2;2) мод. При $\Omega = 0,5$ изотропная и анизотропная модели ведут себя одинаково относительно всех этих структурных мод.

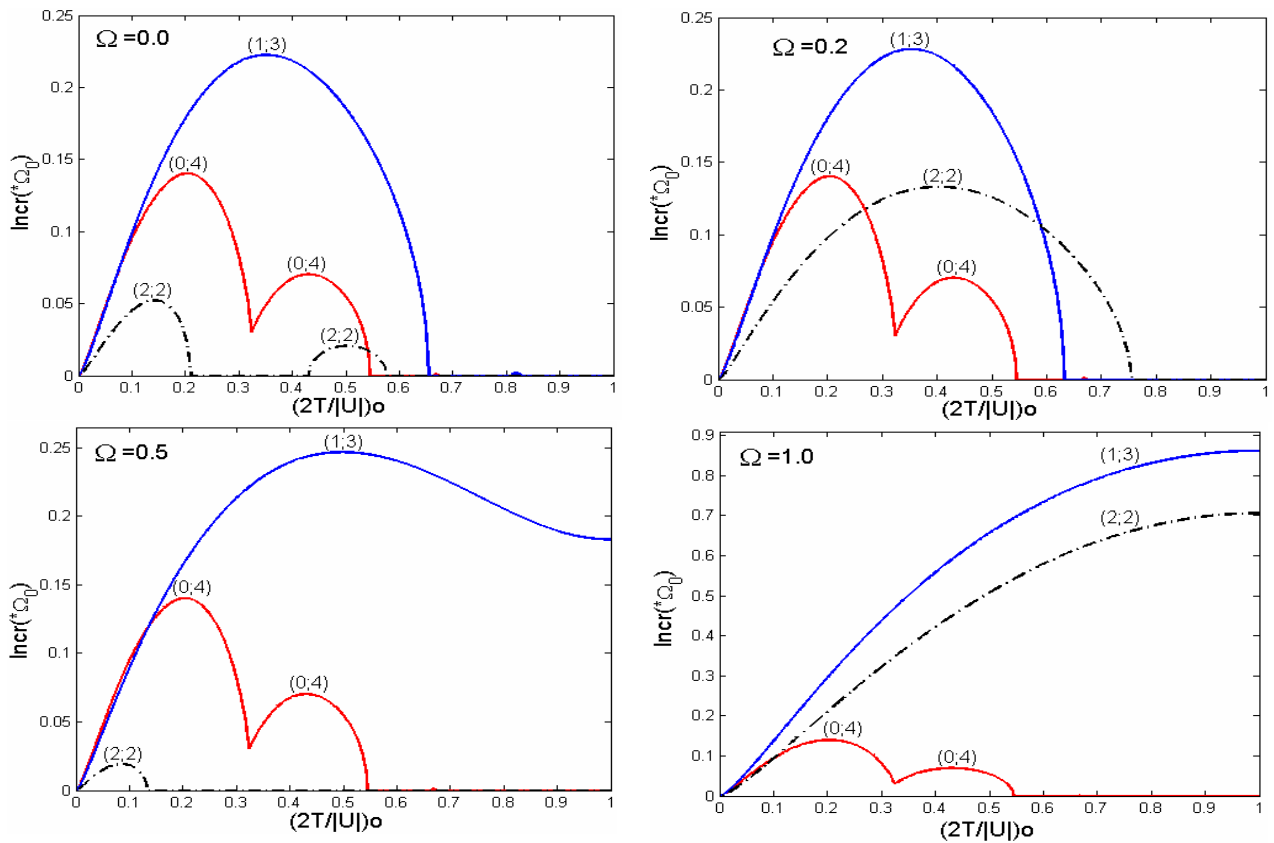


Рис. 4. Сравнение инкрементов неустойчивостей бароподобной, кольцевой и лопсайдной мод возмущений на фоне обобщенной модели при $\alpha=\beta=0$, для различных значений Ω

В случае лопсайдных неустойчивостей в рамках исходной изотропной модели, так же как у кольцеобразных мод, при определенных значениях параметра вращения наблюдается возникновение некоторого нелинейного эффекта по отношению к стационарной модели при наложении на нее возмущения с конечной амплитудой. В частном случае $\lambda=0$ результаты расчета совпадают с результатами неустойчивости равновесной модели в линейном приближении.

Исследование составных моделей относительно лопсайдных мод показывает, что при определенных значениях ν суперпозиция двух моделей приводит к тому, что область неустойчивости занимает практически весь диапазон возможных значений начального вириального отношения (см. рис. 5). Также выяснилось, что смещение ядра относительно геометрического центра системы имеет место в составной модели раньше, чем проявление кольцеобразных и бароподобной структур независимо от значения параметра вращения, но лишь при максимальном вращении ($\Omega=1$) и $\nu>0,4$ первой в системе может образоваться бароподобная структура. А для кольцеобразных мод такую картину можно увидеть только при $\nu=0$ в случаях $\Omega=0$ и $\Omega=0,5$. Отметим, что при максимальном значении $\Omega=1$ в интервале $0,7<\nu<1,0$ начинается перекрывание инкрементов (1;5) с (0;4) и (1;3) с (2;4), это означает, что в данном случае соответствующие структуры могут формироваться

одновременно. Когда $\Omega=0,5$ и $(2T/|U|)_0 < 0,2$, все рассматриваемые структуры образуются почти одновременно. Картина сравнения составных моделей относительно неустойчивостей лопсайдных мод возмущений точно такая же, как у кольцеобразных мод.

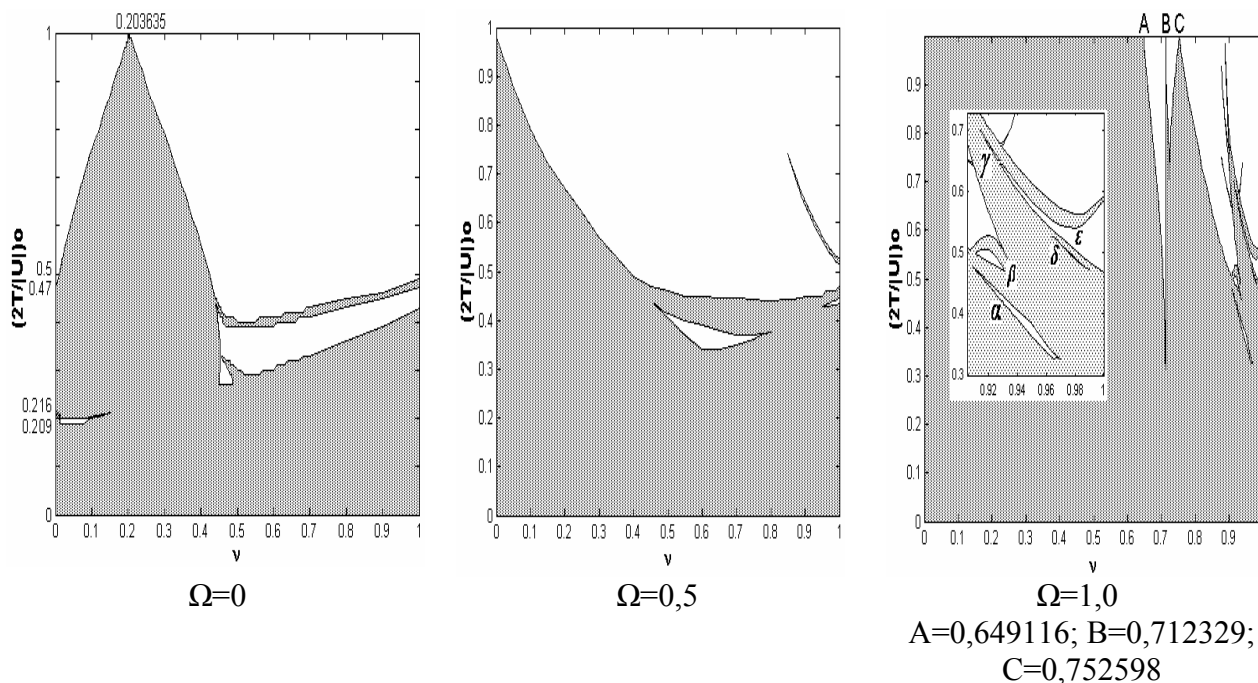


Рис. 5. Критические зависимости $(2T/|U|)_0$ от параметра суперпозиции ν при различных значениях Ω для моды (1;5)

В пятой главе диссертации «Теория формирования вертикальных изгибов в дисках галактик» изучены вопросы происхождения различных типов вертикальных изгибов дисковой подсистемы галактик, которые обнаружены в наблюдениях некоторых авторов. Основными типами изгибов они считали N-образные, интегралообразные, U-образные и L-образные виды изгибов. В данной работе составлена простая выборка наиболее часто встречающихся и сильно асимметричных изгибных галактик. Анализ данных показал, что изгибность в основном встречается в нормальных спиральных галактиках (\approx до 70%) по сравнению со спиральями с перемычкой (\approx 30%), а доля изгибных галактик в комбинации с лопсайдностью составляет приблизительно 20%. Кроме указанных выше типов изгибов рассмотрена также необходимость включения в перечень основных типов изгиба куполообразных и прецессионных случаев.

Результаты сопоставления наблюдаемых проявлений изгибов в диске галактик с различными вертикальными изгибными модами колебаний показали, что S- и N-образным асимметричным изгибам диска галактик соответствуют моды колебаний $(m=1;N=4)$ и $(m=5;N=6)$ соответственно, куполообразному

изгибу – мода ($m=0;N=3$), за U-образный изгиб ответственна мода ($m=4;N=5$) и, наконец, прецессионный изгиб описывается модой ($m=1;N=2$) (см. рис. 6).

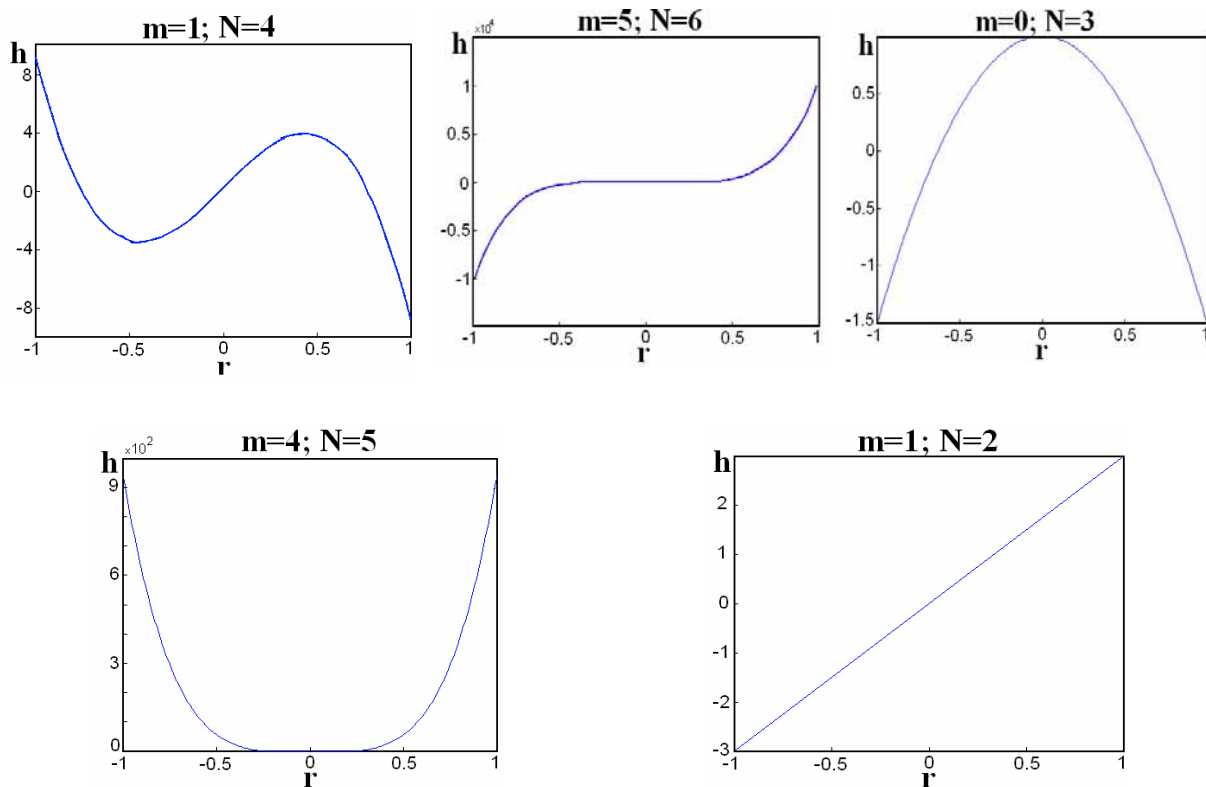


Рис. 6. Графики функции вертикального смещения элемента диска $h(r)$ для избранных мод колебаний

В рамках обобщенной модели получен следующий НАДУ вертикальных колебаний

$$\begin{aligned}
 & (1 + \lambda \cos \psi) \cdot \frac{d^2 Q(\psi)}{d\psi^2} + \lambda \sin \psi \cdot \frac{dQ(\psi)}{d\psi} + 2 \left[\frac{(N+m)!!(N-m)!!}{(N+m-1)!!(N-m-1)!!} - \right. \\
 & \left. - 1 - \frac{m^2 p(1-\lambda^2)}{2(1+\lambda \cos \psi)} - \frac{(1-p)(1-\lambda^2)(N^2 - m^2 + N - 2)}{6(1+\lambda \cos \psi)} \right] Q(\psi) = 0.
 \end{aligned} \tag{4}$$

С помощью результатов исследования НАДУ (4) показано, что с увеличением значения параметра β неустойчивости S-образной изгибной и куполообразной мод усиливаются, а с ростом значения параметра α , наоборот, эти моды становятся более устойчивыми. А для N-образной и U-образной изгибных мод роль параметров α и β меняется. НАДУ прецессионного типа возмущения не зависит от параметров α и β . Таким образом, последняя мода на фоне анизотропных моделей нестационарного диска является всегда устойчивой так же, как в рамках исходной изотропной модели.

На фоне вращающейся анизотропной и исходной изотропной нелинейных моделей с ростом Ω максимальные значения инкрементов неустойчивостей изгибных мод постепенно уменьшаются. При $\Omega=0$ имеем неустойчивость апериодического характера, а когда $\Omega>0$ – колебательного характера. Но в отличие от других изгибных мод, купольная неустойчивость имеет только апериодический характер независимо от значения параметра вращения. Кроме того, в частности, для моды (5;6) при значениях $\Omega_2=0,513260$ и $\Omega_3=0,522912$ появляется неустойчивость, характер которой связан с резонансом асимметричного колебания с движениями отдельных частиц в системе (см. рис. 7).

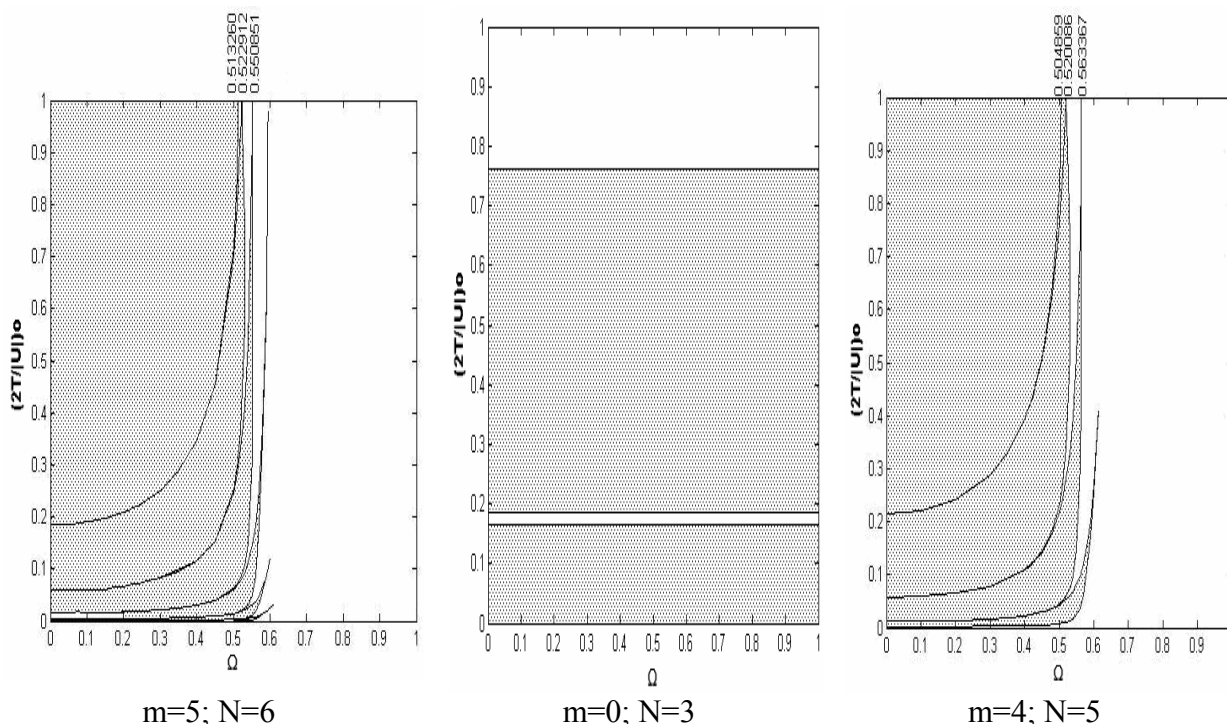


Рис. 7. Критические зависимости $(2T/|U|)_0$ от параметра вращения обобщенной модели при $\alpha=\beta=0$, для трех мод колебаний

Для изгибных мод возмущений анизотропная модель более неустойчива, чем исходная изотропная модель. Однако при $\Omega=0,5$ изотропная и анизотропная модели ведут себя одинаково относительно мод (4;5) и (5;6) вертикальных возмущений. Сравнение инкрементов неустойчивостей горизонтальных и вертикальных мод показывает, что при малых и умеренных значениях параметра вращения диска вертикальные изгибные моды всегда доминируют над горизонтальными, а при приближении к максимальному значению Ω наблюдается обратная картина (см. рис. 8 и 9).

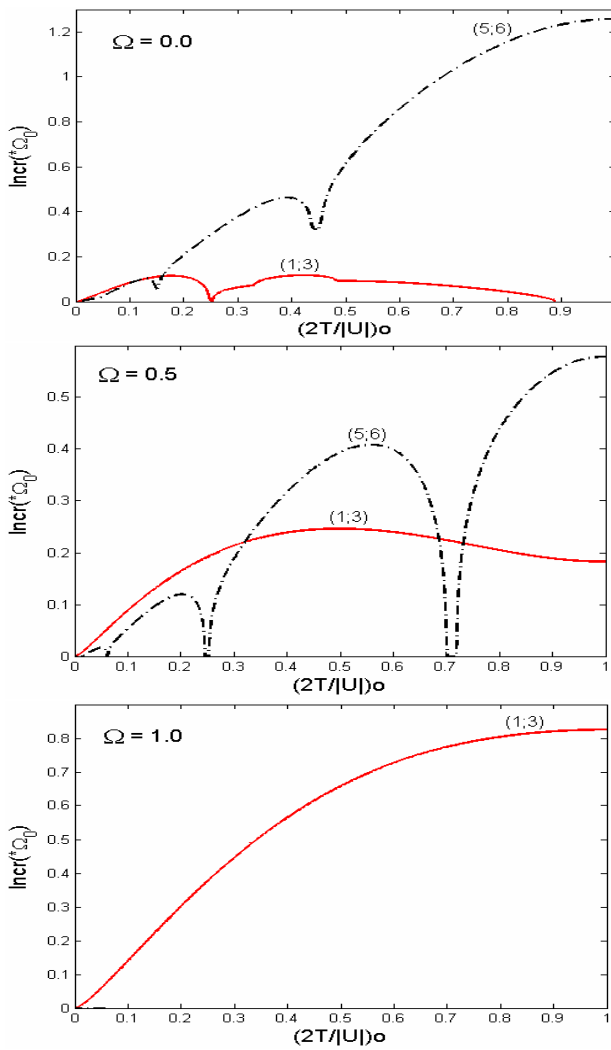


Рис. 8. Сравнение инкрементов неустойчивостей мод (5;6) вертикальных и (1;3) горизонтальных возмущений для изотропной модели

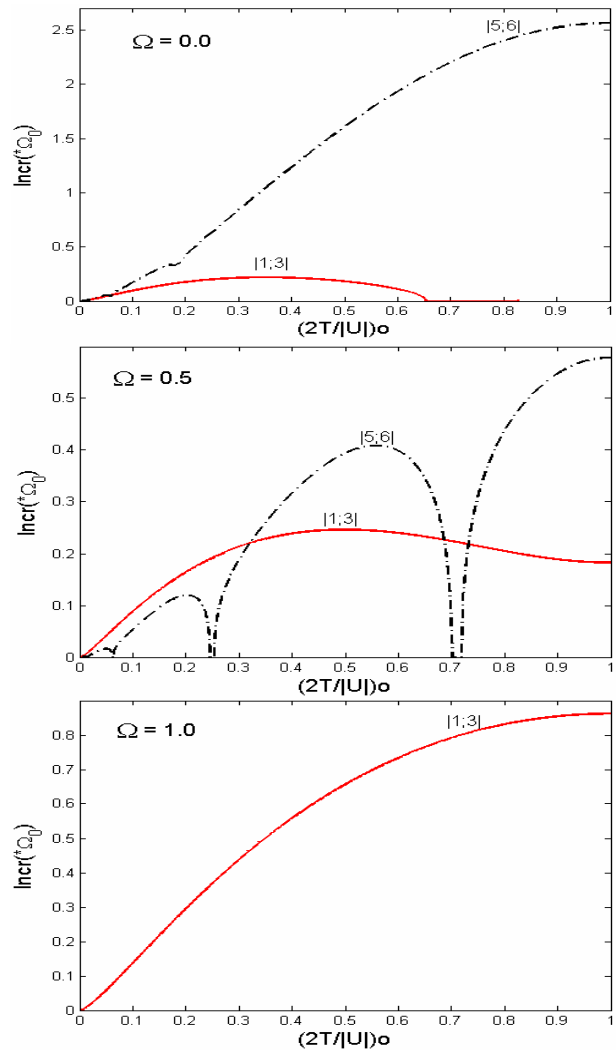


Рис. 9. Сравнение инкрементов неустойчивостей мод (5;6) вертикальных и (1;3) горизонтальных возмущений для обобщенной модели при $\alpha=\beta=0$

Анализ неустойчивостей изгибных мод на фоне составной модели показывает, что при отсутствии радиальных колебаний составная модель полностью неустойчива во всем диапазоне ν для малых и умеренных значений Ω , однако, когда Ω стремится к своему максимальному значению, данная ситуация меняется. С увеличением значения параметра вращения Ω у всех изгибных мод наблюдается возникновение некоего резонансного эффекта суперпозиции двух моделей, в результате чего область неустойчивости увеличивается и занимает практически весь диапазон возможных значений начального вириального отношения $(2T/|U)_0$. Кроме того, когда $\Omega \rightarrow 1$ количество каналов и площадь области устойчивости увеличиваются и, параллельно с этим, резонансные пики неустойчивости сдвигаются в правую сторону. Заметим, что при $\Omega=0,5$ критерий купольной неустойчивости диска не зависит от параметра суперпозиции ν . В изгибных колебаниях параметр вращения Ω играет стабилизирующую роль, а параметр суперпозиции ν наоборот, дает дестабилизирующий эффект. Соответственно можно сделать

вывод о том, что купольная изгибная мода на фоне составной модели всегда имеет неустойчивость аperiодического характера, а остальные моды имеют и аperiодический, и колебательный характер неустойчивости, в зависимости от значений параметров вращения Ω и суперпозиции ν .

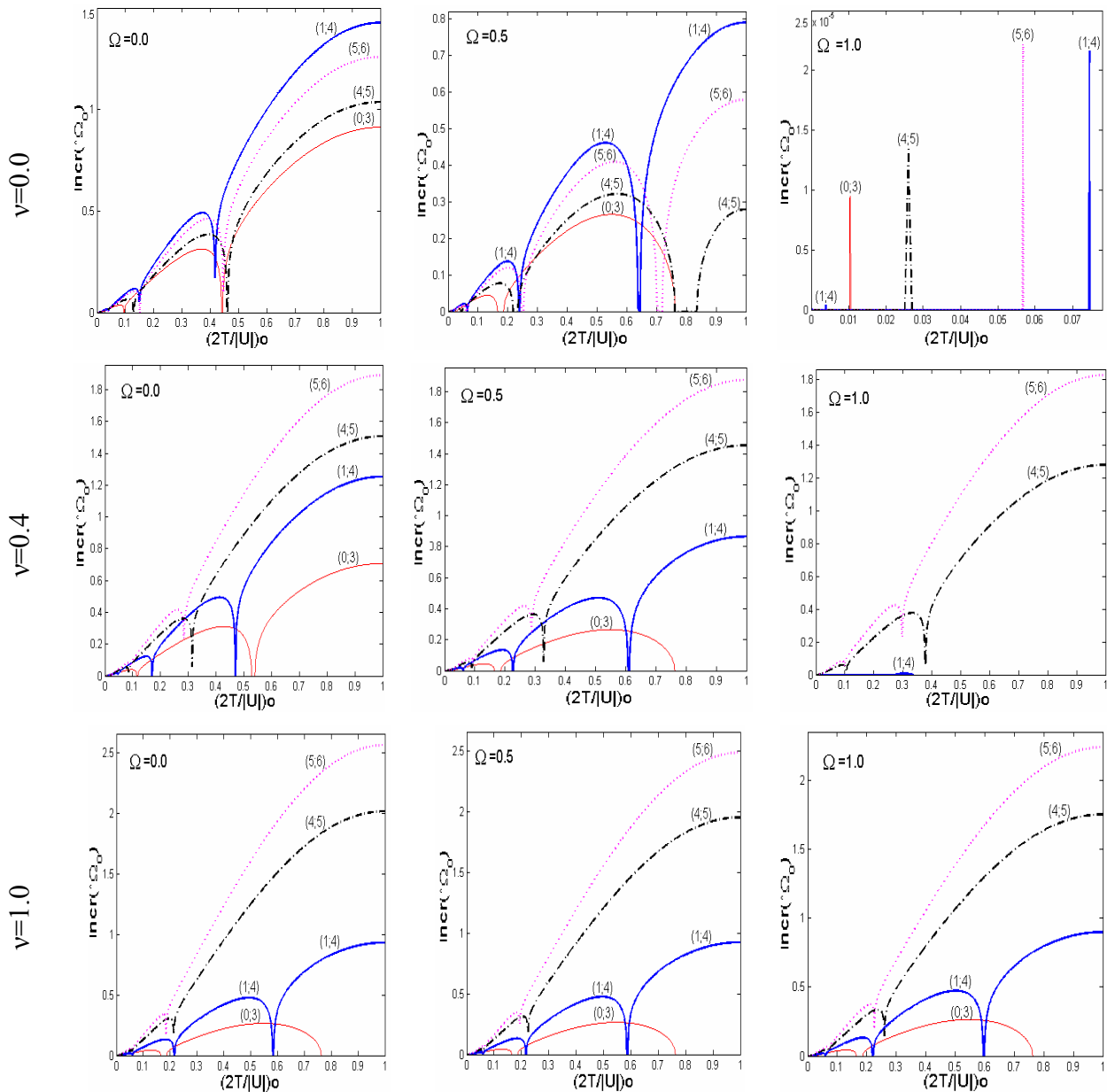


Рис. 10. Сравнение инкрементов различных мод составной модели для разных значений параметров вращения Ω и суперпозиции ν

Сравнение составных моделей относительно неустойчивостей изгибных мод колебаний дает почти такой же результат, как в случае горизонтальных мод. Отметим, что на фоне рассмотренных всех нестационарных моделей асимметричный изгиб диска галактик имеет наибольший инкремент, затем идет U-образный изгиб и только после него может происходить куполообразный изгиб в его центральной части (см. рис. 10).

В приложениях приведены явные выражения функции коэффициента возмущения для мод (0;6), (2;6) и (1;7); НАДУ кольцеобразных и лопсайдных мод возмущений на фоне изотропной модели, для лопсайдных мод на фоне вращающейся анизотропной модели; результаты исследования типов неустойчивостей мод (0;4) и (0;6) на фоне изотропной модели; критические зависимости начального вириального отношения от параметра суперпозиции при различных значениях параметра вращения для кольцеобразных и изгибных мод возмущений; критические зависимости начального вириального отношения от параметра вращения для изотропной модели в случае лопсайдных мод возмущений; графики сравнения инкрементов неустойчивостей кольцеобразных, лопсайдных и изгибных мод на фоне составных моделей для различных значений параметров вращения и суперпозиции; графики сравнения составных моделей между собой относительно неустойчивостей данных мод возмущений; приведены сводный каталог галактик с лопсайдностью и рабочий список ассиметричных изгибных галактик.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований, проведенных по теме докторской диссертации «Нелинейная теория формирования основных структурных образований в дискообразных галактиках» представлены нижеследующие выводы:

1. Разработана нелинейно нестационарная теория формирования кольцевых, лопсайдных и изгибных явлений в дискообразных галактиках с учетом современных данных наблюдений.

2. Впервые разработана классификация физически кольцеобразных галактик. Полученная классификация содержит 9 групп относительно видимых признаков кольцевых структур в галактиках, которые могут формироваться вследствие гравитационной неустойчивости кольцеобразных мод колебаний и никак не образуются из-за сильной закрученности спиральных рукавов или их проекции на картинную плоскость. Установлено, что наиболее распространенными группами являются кольцевые галактики с ядром и случай кольца с перемычкой и двумя рукавами. В пяти случаях из девяти присутствуют перемычки. Спиральные рукава наблюдаются только в трех случаях. Двухкольцевые галактики встречаются довольно часто (18%), чем ожидалось.

3. Впервые построены обобщенная и три составные нелинейно нестационарные фазовые модели дискообразных самогравитирующих систем с анизотропной диаграммой скоростей. Получены точные выражения для основных физических характеристик моделей, таких как компоненты кинетической энергии пульсирующего диска, дисперсии скоростей в радиальном и трансверсальном направлениях, глобальный параметр анизотропии и др.

4. Найдены НАДУ для основных наблюдаемых структурных проявлений горизонтальных и вертикальных мод возмущений, развивающихся на фоне

построенных нестационарных моделей самогравитирующего диска. В частности, установлено, что развитие неустойчивости однокольцевой моды (2;4) будет одинаковым для всех анизотропных моделей без вращения, так как НАДУ данной моды не зависит от параметров α и β , характеризующих различие и степень анизотропии моделей.

5. Показано, что параметры анизотропии α и β дают противоположные эффекты в ходе эволюции исследуемых структурных мод возмущений. Также выяснилось, что в случаях, когда параметр α играет дестабилизирующую роль, то с увеличением его значений возрастает интервал начального вириального отношения, где формируются данные структуры на фоне анизотропных моделей. Но, когда он играет стабилизирующую роль, тогда наоборот, области неустойчивости постепенно сужаются вдоль оси $(2T/|U|)_0$ в левую сторону.

6. Найдены механизмы и критерии формирования данных структур. В частности, показано, что кольцевая структура может формироваться в результате неустойчивости радиальных движений, если начальная полная кинетическая энергия анизотропной модели составляет не более, чем 22,4% от начальной потенциальной энергии, независимо от значения Ω , а для лопсайдной структуры эта величина составляет 30,6%. Также установлено, что данная лопсайдная неустойчивость, имеет как колебательный, так и апериодический характер в зависимости от значения начального вириального отношения на фоне невращающейся анизотропной модели, но когда модель вращается, мы имеем дело только с колебательной неустойчивостью.

7. Впервые найдены характерные времена проявления наблюдаемых крупномасштабных структур диска и критические значения начального вириального отношения в зависимости от основных физических параметров нелинейных моделей. В частности, установлено, что на фоне нестационарной анизотропной модели сначала образуется кинематически смещенное ядро, затем проявляется кольцевая структура при малых и умеренных значениях Ω и $(2T/|U|)_0$, а только потом в системе формируется бар, но когда $\Omega \geq 0,5$, то независимо от значения начального вириального отношения, последовательно проявляются эффекты (1;3), (0;4) и (2;2) мод. В рамках вертикальных мод возмущений выявлено, что вначале проявляется асимметричный или U-образный изгиб диска галактик, а затем может формироваться куполообразный изгиб.

8. Впервые выполнено сравнение неустойчивостей горизонтальных и вертикальных мод колебаний на фоне нелинейно нестационарных самогравитирующих дискообразных моделей. Установлено, что при малых и умеренных значениях параметра вращения диска вертикальные моды колебаний изотропной и анизотропной моделей доминируют над горизонтальными, а при приближении вращения к максимальному значению наблюдается обратная картина.

9. Показано, что в общем случае анизотропная модель более устойчива относительно изученных горизонтальных мод колебаний, чем изотропная, а для вертикальных – имеет место противоположный результат. Но только при $\Omega=0,5$ изотропная и анизотропная модели ведут себя одинаково относительно

определенных мод возмущений – (0;4), (1;3), (4;5) и (5;6). Среди составных моделей имеются наиболее устойчивые и сильно неустойчивые комбинации.

10. Доказано, что в горизонтальных колебаниях параметр вращения Ω играет дестабилизирующую роль, а параметр суперпозиции, наоборот, дает стабилизирующий эффект. Но в вертикальных колебаниях роль этих параметров меняется.

11. Найдены критические значения для параметров вращения и суперпозиции, при которых наблюдается сложный резонансный эффект и в результате чего неустойчивость структурных мод доминируют во всем диапазоне значений начального вириального отношения.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREE OF
DOCTOR OF SCIENCES 16.07.2013.FM.11.01 AT THE INSTITUTE OF
NUCLEAR PHYSICS AND NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

**ASTRONOMICAL INSTITUTE
NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

MIRTADJIEVA KARAMAT TAKHIROVNA

**NON-LINEAR ORIGIN THEORY OF BASIC STRUCTURAL
FORMATIONS IN DISC-LIKE GALAXIES**

**01.03.01 - Astronomy
(physical and mathematical sciences)**

ABSTRACT OF DOCTORAL DISSERTATION

Tashkent – 2016

The subject of the doctoral dissertation is registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number 31.03.2016/B2014.5.FM143.

The doctoral dissertation has been carried out at the Astronomical Institute and National University of Uzbekistan.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian and English) is posted on the web page at the address of www.inp.uz and Information-educational portal "Ziyonet" (www.ziyonet.uz).

Scientific consultant: **Nuritdinov Salakhutdin Nasretdinovich,**
Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Professor

Official opponents

Chernin Artur Davidovich,
Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Professor

Korshunova Natalia Alexandrovna,
Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Professor

Rasulova Mukhayo Yunusovna,
Doctor of Sciences in Physics and Mathematics

Leading organization: **Fesekov Astrophysical Institute**
Almaty, Kazakhstan

The defence will take place on « ____ » _____ 2016 at _____ at the meeting of the Scientific Council 16.07.2013.FM.11.01 at the Institute of Nuclear Physics and National University of Uzbekistan at the address: INP, Ulugbek str., Tashkent, tel.: (+99871)150-30-70; fax: (+99871)150-30-80; e-mail: info@inp.uz).

The doctoral dissertation is registered at the Information-resource centre of the Institute of Nuclear Physics with the number 04-16. It is possible to review it in the IRC (100214, INP, Ulugbek str., Tashkent, tel.: (+99871) 289-31-19).

The abstract of the dissertation is distributed on « ____ » _____ 2016
(mailing report No _____ dated _____ 2016)

U.S. Salikhbaev,
Chairman of the Scientific Council on Award of Scientific
Degree of Doctor of Sciences, D.Ph.M.S., Professor

R. Yarmukhamedov,
Scientific Secretary of the Scientific Council on Award of
Scientific Degree of Doctor of Sciences, D.Ph.M.S., Professor

I. Khidirov,
Chairman of the Scientific Seminar of the Scientific
Council on Award of Scientific Degree
of Doctor of Sciences, D.Ph. M.S., Professor

INTRODUCTION (Annotation of doctoral dissertation)

Topicality and relevance of the subject of dissertation. The spiral and lenticular galaxies appear to be disk-like, and therefore, it can be argued that the majority of the observed elements – bricks of the Universe are precisely disk-like galaxies. “Pancakes” of Zeldovich, which are super clusters of galaxies, also reveal themselves as disk-like structures. Therefore, the study of disc-like models of self-gravitating systems is of great interest not only for extragalactic astronomy and astrophysics, but also for cosmology.

The structure of disk-like galaxies is quite diverse. According to the current earth and space-based observation data, in the disks of spiral galaxies, besides a good and long-known spiral structure, there is often observed phenomenon of lopsidedness in the form of an explicit bias nucleus of the galaxy from its geometric centre, some variety of ring formations, and vertical deflections of the disc, particularly, asymmetrical in comparison with its axis of rotation and plane of symmetry. The processes of shaping of these structural formations can be explained by instability of specific perturbation modes, as one of the basic physical mechanisms for the origin of large-scale structures in galaxies and a number of other self-gravitating systems is precisely the gravitational instability. However, until now these instabilities were investigated analytically in the framework of strict equilibrium models of gravitating disk, whereas in reality, these processes occur on the background of clearly non-linear non-stationary states of the disk subsystem.

In this the requirement of constructing analytically solvable non-stationary self-gravitating models and studying the phenomenon of gravitational instabilities on the background of these non-linear non-equilibrium states, currently is a necessary element in the study of early evolution and physics of the disk-like galaxies, and proves the relevance of this research at a global level.

Study of non-linear non-stationary properties of the abovementioned structural formations in the form of rings, bends and lopsidedness at an early stage of evolution of disc-like self-gravitating systems (DSS), search the exact criteria for their formation, construction of critical diagrams of dependencies between the physical parameters of non-stationary models of disk subsystems of spiral galaxies and development of non-equilibrium theory of formation of these basic structural formations create favourable conditions for the production and effective implementation of relevant numerical computer experiments, as well as solve the problem of early evolution of disc-like galaxies.

Conformity of the research to the main priorities of science and technology development of the republic. The dissertation research has been carried out in accordance with the priority areas of science and technology in the Republic of Uzbekistan: II. “Power, energy and resource saving”.

Review of international scientific researches on the dissertation subject.

The research of the problems of the structural formations of disk-like galaxies has been carried out by the world’s leading research centres and institutions of higher education, in particular, Alabama University, the Carnegie Institution in Washington, D. Hopkins University, the Space Telescope Science Institute (USA), Oulu

University (Finland), Paris Observatory (France), Observatory of Turin (Italy), Institute of Astronomy of Cape Town (the Netherlands), Indian Institute of Science in Bangalore (India), University of Karachi (Pakistan), Leipzig University and Max Planck Institute for Astrophysics (Germany), University of Granada (Spain), State Astronomical Institute named after Sternberg of Moscow State University, Astronomical Institute named after V.V. Sobolev of St.-Petersburg University (Russia), Cambridge University (UK), University of British Columbia (Canada), National University of Uzbekistan and Astronomical Institute (Uzbekistan).

The study of basic structural formations in disk-like galaxies, at the global level, has produced a number of research results, including: the catalogue of ring-like galaxies was compiled, their kinematic characteristics were defined, numerical and experimental models of the origin of ring structures in the galaxies in the framework of the theory of their merging were developed (Alabama University, USA; Oulu University, Finland; Paris Observatory, France; Observatory of Turin, Italy and Carnegie Institution in Washington, USA); compiled catalogues of lopsided galaxies, the degree of lopsidedness of galaxies were determined, results of modal analysis on the background of equilibrium models were obtained (Institute of Astronomy of Cape Town, Netherlands; Space Telescope Science Institute, USA; D. Hopkins University, USA; Indian Institute of Science in Bangalore, India; Paris observatory, France and University of Karachi, Pakistan); compiled and catalogues of galaxies with the bending of the disk subsystem were composed and the types of warps there were defined, the values of the degree of bending were found, as well as the effect of bending on the basis of numerical and experimental models, mainly in the framework of the tidal theory were determined (Leipzig University, Germany; University of Granada, Spain; Astronomical Institute named after V.V. Sobolev of St.-Petersburg University, Russia; Max Planck Institute for Astrophysics, Germany; Cambridge University, Great Britain and University of British Columbia, Canada).

Currently, in order to study the problem of formation of the main structural formations in disk-like galaxies there were carried out investigations in the world in a number of priority areas, including: observation of rings, lopsidedness and bends in disk-like galaxies and their analysis; theoretical modelling of early stage of the evolution of the DSS; finding the areas of gravitational instability of structural perturbation modes on the background of non-linear non-stationary models for their parameters; determination of initial physical conditions, criteria and mechanisms of their formation in disk-shaped galaxies, as well as construction of non-linear theory of the formation of these structural formations.

Degree of study of the problem. The problems of instability of collapse and non-linear pulsations of flat self-gravitating systems that require the analysis of the role of early unsteadiness depending on the initial physical condition, expressed in terms of potential and kinetic component of energy systems, have always been studied by means of numerical experiments by many scientists, for example, from the USA (R. Miller and D. Merritt, L. Hernquist), Korean (K. Min, Ch. Choi) and others. However, the number of numerical simulations of non-linear effects and phenomena of resonance instability remained unnoticed as they did not lend themselves to the identification in numerical calculations. These issues require the formulation of a new

theoretical plan and study of these issues under the backdrop of unsteadiness, as it is considered in this thesis.

Some authors, for example, Indian scientists (R. Nityananda, S. Sridhar and etc.) studied the evolution of individual oscillation modes using the Poincare section method, but in the formulation of the problem and analysis of the results they followed the opinion that the bar-mode has the largest increment of instability. It was necessary to investigate the differential equation for coefficient of pulsation of disk.

American scientists (J. Buta and others) created a remarkable catalogue of ring-like galaxies. But here each galaxy was described in a complicated way by complex characters. On the other hand tightly wound spiral arms or *Sa* galaxies with an unusual projection on the line of sight had also been considered as ring galaxies. However, these authors were not interested in the problems of classification of ring galaxies.

The researches of non-linear oscillations in various subsystems of galaxies and specific types of self-gravitating systems, the dynamic effect of the presence of halos and crowns of galaxies and analysis of the problem of constructing exactly solvable phase models of non-linear non-equilibrium stages of galaxy evolution for the first time have been started in the National University of Uzbekistan (S.N. Nuritdinov) in the early 80s. Here the individual spherical non-stationary models of self-gravitating systems have been built for the first time by generalizing the well-known equilibrium models of Einstein and Camm for the case of pulsation. Also, non-linear analogues of dispersion equations of these non-stationary models were obtained and their gravitational instability was considered. Together with Russian scientists (V.A. Antonov, et.al.), the problems of non-linear oscillations of non-rotating Einstein model were examined and the evolution of bar-like perturbations on the background of the non-stationary model was studied. Theoretical results obtained in the National University of Uzbekistan were confirmed by numerous experiments of scientists from the USA, Korea and India. In addition, non-stationary isotropic model for disk-like self-gravitating systems was developed, and on its background the problems of instability of bar mode were investigated. However, the isotropy of this model is somewhat simplified. In addition, other important modes, such as ring-like and lopsided structural modes have been left without consideration.

Connection of the topic of dissertation with the scientific works of scientific research organizations, where the dissertation was carried out. The dissertation work was carried out in the framework of the scientific projects of the Astronomical Institute and National University of Uzbekistan: F-2.2.1 “Gravitational lenses and collapsing galaxies: observational-experimental and theoretical problems” (2003-2007); OT-F2-049 “The nature of large-scale structural formations in galaxies with different redshifts” (2007-2011); FA-F2-F058 “Research of gravitational lenses, forming galaxies and generalized models of astrophysical objects” (2007-2011); F2-FA-F029 “Physics of gravitational lenses, compact astrophysical objects and non-stationary disk systems” (2012-2016); 43-04 “Search of fundamental stochastic properties of phase mixing in gravitating systems in the non-linear collapse stage” (2004-2005); 51-06 “Search and analysis of gravitational instabilities of non-linear anisotropic models of disk-shaped systems” (2006-2007); F.7-12 “Analysis of observations of ring-shaped galaxies and development of the theory of their origin” (2012-2013).

The aim of the research The aim of the study is construction of non-linear non-stationary models of disc-like self-gravitating systems and development of the theory of formation of individual structural formations in spiral galaxies.

The tasks of the research:

accumulation of observational data in order to develop a classification of disk-like galaxies, which have, in particular, ring-like structural formations in combination with other large-scale structures;

statistical analysis of the lists and catalogues of galaxies containing lopsided structure and observational data on the phenomena of bending;

construction of a generalized phase model of non-stationary disk-like galaxies with radial pulsations and anisotropic diagram of velocity;

receiving non-stationary analogues of dispersive equations (NADE) for perturbation modes that are responsible for the formation of ring-like, lopsided and bending structural formations in spiral galaxies;

study of the received NADE for various combinations of the physical parameters of the original non-equilibrium rotating model;

investigation of the physical nature of the found instabilities of the investigated structural oscillation modes on the background of non-stationary models which were built here;

identification of marginal dependencies between the physical parameters of non-stationary models of the early stages of the evolution of disk galaxies for the main horizontal oscillation modes;

receiving the increments of gravitational instability for ring-like, bar-like lopsided oscillation modes and holding a comparative analysis on the background of a generalized non-stationary models;

solution of the NADE for vertical bending oscillation modes both in the generalized model, as well as in the composite non-stationary models of self-gravitating disk;

identification of the basic characteristics and sequences of formation of S- and N-like asymmetrical, U-like, dome and precession types of the bending in time on the background of various non-linear models;

performing the analysis of the nature of bending instabilities of oscillation modes in non-stationary models and comparison of the instability increments for determining the dependence of characteristic times of the appearance of basic physical parameters of the models;

comparative analysis of horizontal and vertical modes of perturbations and non-stationary models in terms of the early stages of evolution of disk-like galaxies.

The objects of the research are DSS, their theoretical models and observed but non-investigated theoretically large-scale structural formations in disk galaxies.

The subject of the research is processes of formation of ring-like, lopsided and bending structural formations in self-gravitating disk subsystems of spiral galaxies, the mechanisms of gravitational instabilities on the background of non-stationary models.

The methods of the research. Phase modelling, non-linear oscillations of self-gravitating disk systems, the integration of systems of differential equations containing free parameters by the method of stability of periodic solutions, standard

software for integration (for example, using Everhart's method), numerical calculations of instability increments of model problems, as well as statistical analysis of observational data.

The scientific novelty of the research is as follows:

The theory of non-linear non-stationary formation of ring, lopsided and bending phenomena in disk-like galaxies is created.

For the first time a generalized and three composite non-linear non-stationary phase models of the DSS with anisotropic diagram of velocity have been built, and their main physical characteristics were found.

Classification of ring-like galaxies was developed on the basis of analysis of their observational data which contains 9 groups with respect to the visible signs of ring structures in them. For the first time there were found marginal dependencies between the initial values of the physical parameters of non-linear non-stationary models on the background of which the double ring-like structure has been forming in the disk-like system.

For the first time the mechanisms and criteria for the formation of the investigated main structure were revealed on the background of generalized non-stationary anisotropic disk. For example, if the initial total kinetic energy of the anisotropic model is no greater than 30,6% of the initial potential energy there is instability of radial movements, leading to the phenomenon of lopsidedness.

For the first time the characteristic times of manifestations of bending, lopsidedness and ring-like formations on the disks and the critical values of non-stationary degree of the models have been found. In the case of bends it was found that on the background of the non-stationary anisotropic model first appears asymmetrical bending, then the dome-like one can be formed, but with the increase of the value of the rotation parameter the dome instability becomes more significant.

For the first time it was found that at small and moderate values of rotation of the disk vertical oscillation modes of isotropic and anisotropic non-stationary disk-like models dominate above the horizontal ones and at achieving the maximal values of the rotation the opposite effect is observed.

For the first time it was found that, in general, with respect to studied horizontal modes the anisotropic model is more stable than the isotropic one, and as for vertical modes, on the contrary, isotropic model is more stable. But if rotational parameter $\Omega = 0,5$, the isotropic and anisotropic models behave the same way with respect to modes (0;4), (1;3), (4;5) and (5;6).

The practical results of the research are as follows:

The non-linear, radially non-stationary disk models are constructed, which may be used as the initial states in the computer simulations.

Critical diagrams of dependencies between the basic physical parameters of non-linear non-stationary self-gravitating disks which are necessary for carrying out some numerical experiments and deciphering complex effects, and details of the numerical evolution modelling of these objects are obtained.

The classification of ring-like galaxies will be useful in processing new observational data, and analysis of the problems of the evolution of ring-like formations is developed.

Reliability of the research results is proved by the fact that in the given work well-known classical methods of the theory of oscillations of dynamic systems were applied and high precision numerical methods were used. The critical values found here for the rotation of non-stationary model at zero amplitude of the pulsation ($\lambda = 0$) are exactly the same with the results obtained earlier under the stationary model. Non-stationary analogues of dispersion equations, obtained by different methods coincide with each other.

Scientific and practical values of the research results. The scientific significance of the research results is determined by the ability to use developed in the dissertation the methods of construction and the analysis of stability of non-linear time-dependent models of galaxies and study instability mechanisms in the theory of stellar oscillations, detection of instabilities in laboratory plasma and other dynamic applications where non-linearity and unsteadiness are the main factors, as well as the possibility of formulating and comparing of the fundamental conclusions of the formation of the structure and evolution of disk-shaped gravitating and Coulomb systems. Furthermore, critical values of virial ratio DSS relationship can be used as initial conditions in numerical simulations in modelling the initial state.

The practical significance of the results of the research lies in the fact that they can be successfully applied in the fields of extragalactic astronomy and astrophysics to decipher the details of numerical experiments and compare the theoretical models with numerical and experimental ones. They can also be included in the special courses for university students, such as “Galactic astronomy”, “Physics of galaxies”, “The cosmogony and cosmology bases”, etc. The results will find a direct application in the study of other similar astrophysical objects, such as dark matter in the Universe. The classification of ring galaxy will certainly be used in the process of new observations and analysis of the problems of the evolution of ring structures.

Application of the research results. The results after determination of narrow regions of stability and instability, critical values of rotation parameter for resonance points and methods of finding instability increments of instability modes were applied to the problems of the research of oscillation modes for other models of self-gravitating systems in the shapes of non-linear non-stationary spherical configurations while carrying out the grant in the framework of the State Scientific and Technical Program of Fundamental Research FM-2-336 “Some problems of early stages of evolution of spherical systems” (NUUz, 2004-2005). Through the application of the scientific results of the dissertation there were defined a similar narrow zones of instability and the role of geometry of the system, as well as real mechanisms of the observed individual structures in spherical self-gravitating systems (Letter from the Committee for Coordination Science and Technology Development FTK-02-13/103 of 16.02.2016).

Approbation of the research results. The research results were reported in the form of reports and tested at 16 international and local scientific conferences, in particular: “Dynamics and Evolution of Dense Stellar Systems” JD11 of IAU (Sydney, 2003), “Order and Chaos in Stellar and Planetary Systems” (Saint Petersburg, 2003), “Astronomy - 2005: State and Prospects for Development” (Moscow, 2015), “Astronomy from Near Space to Cosmological Distances” (Moscow, 2015), “Modern

Problems of Astronomy in Uzbekistan” (Tashkent, 2004), “Ulugbek’s Lectures” (Tashkent, 2004), “Physics in Uzbekistan” (Tashkent, 2005), “The Role of Women Scientists in the Development of Scientific and Technical Progress” (Tashkent, 2006), “The Gravitational Lens and Forming Galaxies” (Tashkent, 2008), “Fundamental and Applied Problems of Modern Physics” (Tashkent, 2006, 2007, 2008), “Modern Physics and Its Prospects” (Tashkent, 2009), “Actual Problems of Nuclear and Theoretical Physics” (Tashkent, 2013), “Heritage of Ulugbek and Modernity” (Tashkent, 2014), the Republican conference with international participation “Modern Problems of Mathematical Physics and Its Applications” (Tashkent, 2015).

The main results of the study were tested at the scientific seminars of the department of Astronomy (2003-2012) and the Department of Astronomy and Atmospheric Physics of the National University of Uzbekistan (2013-2015), Astronomical Institute of the Academy of Sciences of Uzbekistan (2002-2015), Potsdam Institute of Astrophysics (Germany, 2005) and Heidelberg Astronomical Institute (Germany, 2006).

Publication of the research results. On the dissertation theme there were published 60 scientific works, including 22 scientific papers, of which 8 in international scientific journals and 14 in the national journals recommended by the Supreme Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for publishing basic scientific results of doctoral theses.

Volume and structure of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, five chapters, conclusion, four appendixes and a bibliography. The size of the dissertation is 198 pages.

THE MAIN CONTENT OF THE DISSERTATION

In the introduction the topicality and relevance of the dissertation theme were justified, the aims and objectives were formulated, the scientific novelty and the practical results of the study were set out, the reliability of the obtained results was proved and their theoretical and practical significance were disclosed, a summary of the application of the research results and the structure of the dissertation were given.

The first chapter of the thesis entitled **“About the problems of formation of large-scale structures in the disk subsystem of spiral galaxies”** gives a review of the literature sources on the theme of the dissertation as well as analysis of observational data and theoretical directions of the research, which were devoted to the large-scale structure of disk-like galaxies. Much attention is given to a relatively new manifestation of structural formations in the forms of ring-like shapes, lopsidedness, vertical bends of disk and etc. Possible ways of formation of these structures were also briefly discussed. Analysis of the observational data has shown that these large-scale structures are a common feature of spiral galaxies, as they or even their combination are observed in the majority of disk-like galaxies. Furthermore, the main content of two cosmological scenarios of galaxy formation was set out in general. Significant difference of the results of gravitational instabilities of non-stationary and stationary models of disc was shown as well.

In the second chapter, **“Building a model of the initial state of the non-linear non-stationary disc with anisotropic velocity diagram”**, new phase models of radially non-stationary disc with anisotropic velocity diagram have been built. For example, considering the generalized weight function

$$\rho(\Omega) = C_{\alpha\beta} \Omega^{2\alpha} (1 - \Omega^2)^{\frac{2\beta+1}{2}}, \quad C_{\alpha\beta} = \frac{[2(\alpha + \beta + 1)]!!}{\pi(2\alpha - 1)!!(2\beta + 1)!!} \quad (1)$$

on the basis of a non-equilibrium isotropic model, a new class of generalized anisotropic model of the self-gravitating non-stationary non-rotating disk has been built. Here α and β are some integers, Ω is the dimensionless parameter of the disk rotation. It should be noted that by multiplying the generalized model to the formula

$$1 + \Omega L_z = 1 + \Omega(xv_y - yv_x), \quad (2)$$

it gets a rotating model of DSS, where L_z is z-component of the angular moment, \vec{v} is the vector of a “particle” of disk. Substituting the specific values of the parameters α and β in the generalized model, it is possible to obtain the corresponding specific non-linear non-stationary disk models with an anisotropic velocity diagram.

Three non-linear anisotropic models with a composite nature were also built, which give the opportunity to explore the intermediate states between two discrete non-stationary configurations, covering very wide possible initial conditions at an early stage at the beginning moment of the collapse of the system.

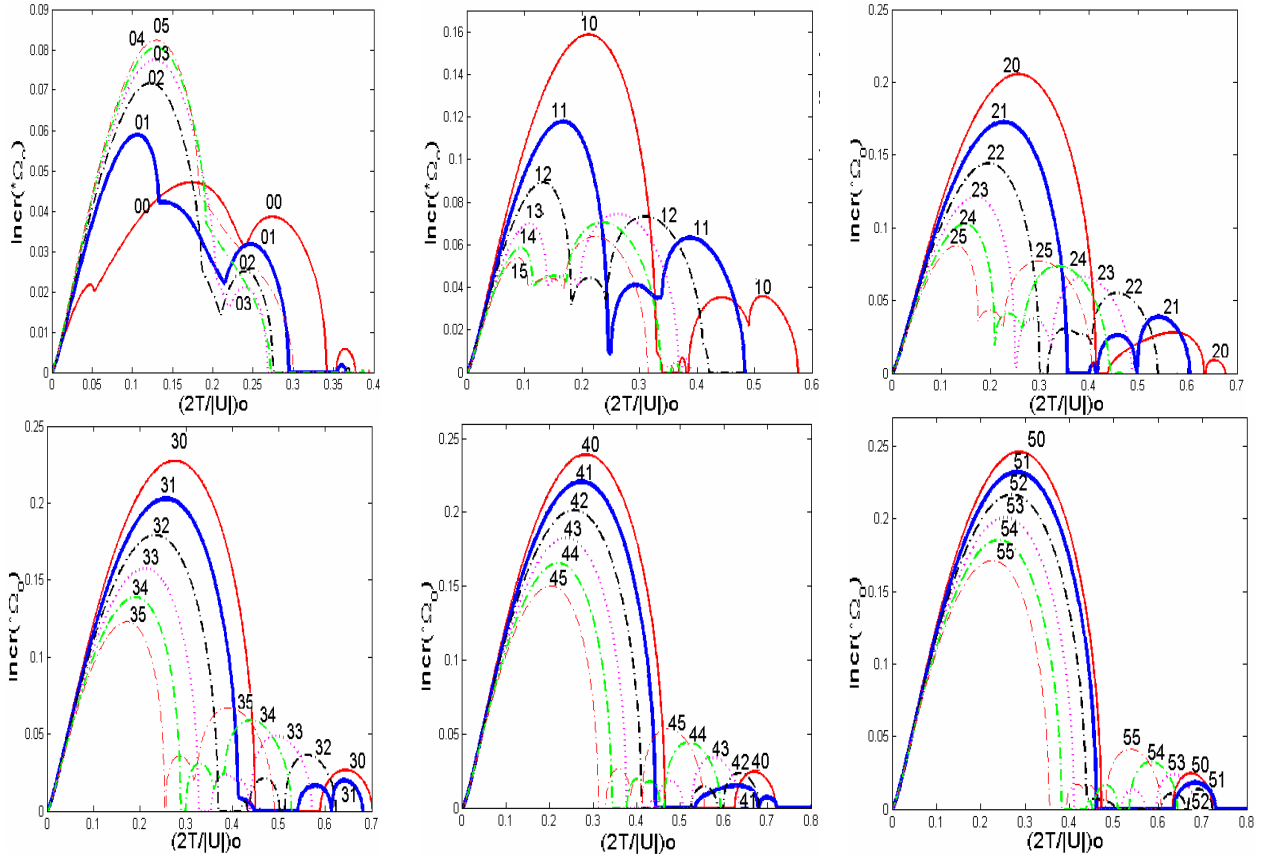
Exact expressions for basic physical characteristics of the constructed models of the non-linear non-stationary self-gravitating disk were obtained. Since the majority of features of the physical state of matter in the early stages of the evolution of disk galaxies is still unknown, it is necessary to build different models with the anisotropic velocity diagram. Thus, the constructed models are, firstly, anisotropic in the velocity space, and secondly, within the framework of these models, the possible series of different physical states of non-linear non-stationary stages of formation of large-scale structures of disk-like galaxies can be explored.

In the third chapter, “**The ring-like structure in disk-like galaxies and a new theory of their formation**”, the problems of classification and origin of ring-like structures in disk-like galaxies were considered. According to it, on the basis of published observational data by different authors, the selection of the possible physically ring-like galaxies was made, where a ring phenomenon is not the result of tight twist or projection of spiral arms. These ring-like structures, in principle, can be observed as equal to other subsystems of galaxies, for example, barred or spiral arms. Only after this, for the first time there appeared the possibility to classify the observational data. The developed classification includes 9 groups, where ring-like galaxies that have almost similar features in their structure are collected in one class. It turned out that the most common groups are physically ring galaxies with a nucleus and rings with a bar and two arms. In five cases out of 9 there are bars. The spiral arms are only observed in three cases. Interestingly, double-ring galaxies appear quite often, more than expected.

The problems of the origin of ring-like structures in galaxies were explored by analyzing the gravitational instabilities of corresponding perturbation modes on the background of non-linear non-stationary models. There were considered a single ring ($m=0$; $N=4$, $m=2$; $N=4$) and a double ring ($m=0$; $N=6$, $m=2$; $N=6$) perturbation modes. The NADE of ring-like perturbation modes for non-linear models of the disk were derived. For example, for modes (0;4) basing on the generalized model the following NADE in the form of four differential equations of the second order was derived:

$$(1 + \lambda \cos \psi) \frac{d^2 \ell_\tau(\psi)}{d\psi^2} + \lambda \sin \psi \frac{d\ell_\tau(\psi)}{d\psi} + \ell_\tau(\psi) = \frac{45}{8} D_{04}^*(\ell_\tau, \psi, \lambda, p) (\lambda + \cos \psi)^{3-\tau} \sin^\tau \psi, \quad (3)$$

where $\tau = \overline{0-3}$, $p = 0,5(2\alpha + 1)/(\alpha + \beta + 2)$, $D_{04}^*(\ell_\tau, \psi, \lambda, p)$ is the concrete composite trigonometric function which also contain all unknowns $\ell_\tau(\psi)$. Amplitude of pulsation $\lambda = 1 - (2T/|U|)_0$ can be expressed in terms of the virial ratio at the moment the time $t=0$, ψ is intermediate variable $t = (\psi + \lambda \sin \psi) / \left(1 - \lambda^2\right)^{3/2}$.



The first number on the figures is α , second is β

Fig.1 Dependence of instability increment vice versa $(2T/U)_0$ for mode (2;6) and for different values of $(\alpha; \beta)$

The results of the analysis of NADE of ring-like modes are presented as plots of dependencies of increments of instability on the $(2T/|U|)_0$ (see. Fig. 1). It has been found that the parameters α and β , characterizing the difference and degree of anisotropy of a model provide, in general, the opposite effects during the development of ring perturbation modes, as well as with the value α increases the interval of virial initial ratio, where the structure is formed. But in the case of mode (2;4) it is shown that NADE of this mode does not depend on the parameters α and β , and the development of the instability would be the same for all models of anisotropy without rotation. On the background of the rotating anisotropic model at $\alpha=\beta=0$ with taking into account of (2), obtained NADEs for a single ring (0;4) and for a double ring (0; 6) oscillation modes do not depend on the disc rotation (see, Fig. 2). In addition, the instabilities of these modes also have both an oscillatory and aperiodic character depending on the initial virial ratio. The instability area is shaded. Modes (2;4) and (2;6) have two types of instabilities within the frame of a nonrotating anisotropic model depending on the values of initial virial ratio, but when the model has rotation, there can be observed only oscillatory instability. And also it shows that on the background of the anisotropic models the possibilities of the formation of single ring structures are always more than double ring structures, regardless of the values of parameters Ω and $(2T/|U|)_0$.

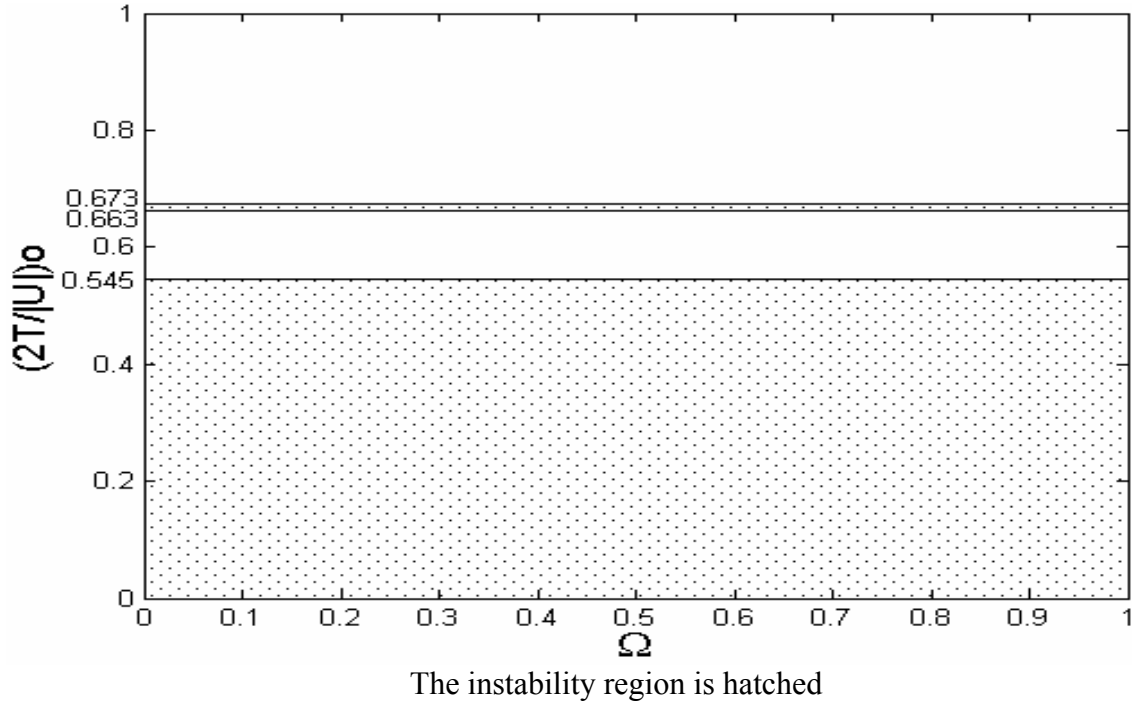
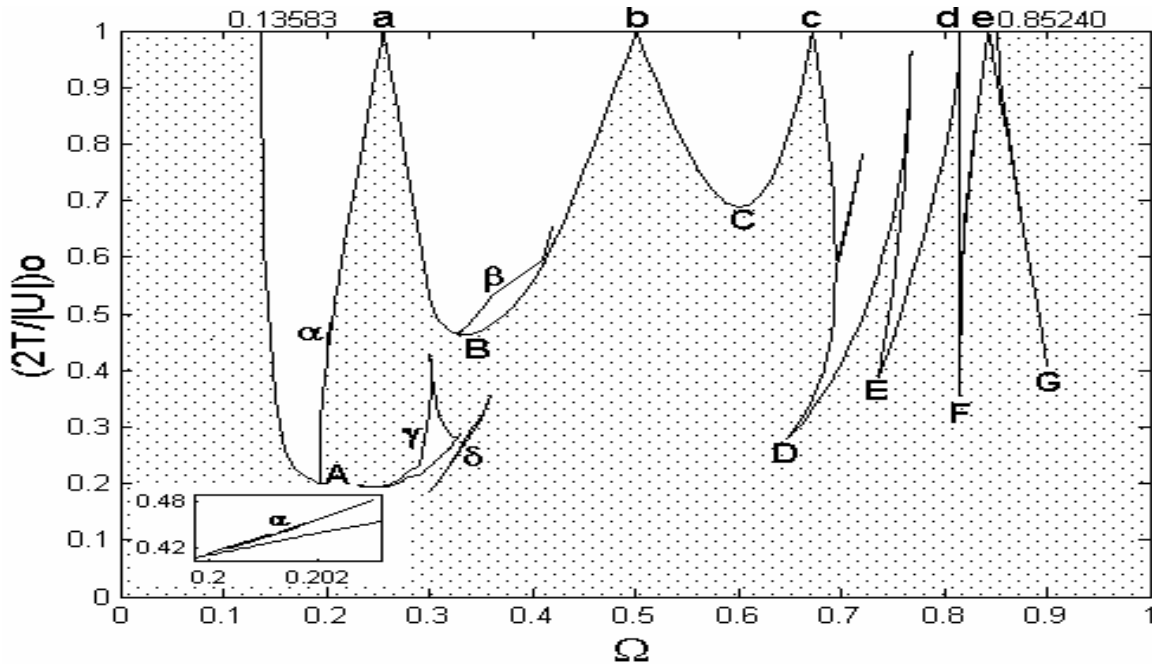


Fig. 2. The critical dependence of $(2T/|U|)_0$ on the rotation parameter of the generalized model at $\alpha = \beta = 0$ for the mode $(0; 4)$

The instability of ring-like perturbation modes in the framework of the initial isotropic models gives the peculiar picture (see. Fig. 3). Fig. 3. shows that there are two instability islands: very small at $\alpha(0,2 \leq \Omega \leq 0,203; 0,415 \leq (2T/|U|)_0 \leq 0,483)$ and narrow at $\beta(0,327 \leq \Omega \leq 0,420; 0,464 \leq (2T/|U|)_0 \leq 0,653)$ and also two similar areas – stability islands at $\gamma(0,23 \leq \Omega \leq 0,33; 0,196790 \leq (2T/|U|)_0 \leq 0,427)$ and $\delta(0,3008 \leq \Omega \leq 0,36; 0,185 \leq (2T/|U|)_0 \leq 0,355)$. Under the certain values of the rotation parameter there occurs non-linear effect associated with the complex resonance between the frequencies of the collective motions of the linear theory and non-linear oscillation model, and as a result, the ring-like perturbation modes are unstable over the entire range of values of the initial virial ratio. At $0 \leq \Omega \leq 0,7$ for the modes $(0;4)$ and $(0;6)$ there are typical oscillation as well as a periodic instability, and if $\Omega > 0,7$ there is only aperiodic instability. The character of the instability modes $(2;4)$ and $(2;6)$ is exactly the same as in the case of the anisotropic model.

On the background of the composite model the instability of the mode $(0;4)$ with $\Omega=0,5$ does not depend on the superposition parameter v . And for the mode $(2; 4)$ such a situation appears if $\Omega=0$. Also it should be noted that under the certain values of Ω and v the superposition of two models leads to the fact that the instability area has a peak and as the result, the ring-like modes are completely unstable in the whole range of initial virial ratio. The modes $(0;4)$ and $(0;6)$ have both a periodic and oscillation instabilities for all values of rotation. However, the modes $(2;4)$ and $(2;6)$ on the background of the non-rotating component models also have a periodic and oscillatory instabilities, and when the model is rotating, there is only oscillatory instability. The comparison of the composite models between each relatively unstable

to ring-like modes shows that the third component of the model is the most unstable in comparison with other models when $\Omega \neq 1$, and when the rotating parameter takes its maximum value, the first component model becomes the most important.



A(0,196; 0,20), B(0,331; 0,462), C(0,6; 0,688), D(0,647; 0,278), E(0,737; 0,388), F(0,815; 0,354), G(0,9; 0,407), S(0,14; 0,355), a=0,255389; b=0,501198; c=0,672189; d=0,815658; e=0,843302

Fig.3. The critical dependence of $(2T/|U|)_0$ on the parameter of rotation of original isotropic models for mode (0;6)

In the fourth chapter, “**The theory of formation of lopsided structures in spiral galaxies**”, the lopsided galaxies are carefully selected based on observations of several authors with reliable parameter values of lopsidedness and a working union catalogue with radial velocity redshifts, absolute magnitudes, values of type code, distance, and etc has also been drafted. So information about 561 sites was collected and statistical analysis was conducted. The results of the statistical analysis show that lopsidedness is observed in almost all types of spiral galaxies in varying degrees depending on the twist of spiral arms. The histogram of distribution of lopsidedness on morphological types of galaxies showed that the phenomenon of lopsidedness is observed mainly in spiral galaxies, then according to the frequency of lopsidedness there are irregular galaxies, and then lenticular and only then elliptical. It is interesting that lopsidedness was found even in some elliptical galaxies, as until recent time it was thought that due to the nature of mass distribution in them lopsidedness should not exist. It is also shown that the values of the degree of lopsidedness A_1 is less than 0,2 in about 90% of cases and less than 0,4 in 97% of cases.

The results of the investigation of gravitational instability of the lopsided perturbation modes ($m=1$; $N=1, 3, 5, 7$) on the background of the generalized anisotropic model by analyzing their respective NADE showed that the perturbation mode $m = 1; N = 1$ is stable and is related to trivial shift of the entire system as a

whole, which does not cause any instability. It was found that the increase in the value of the parameter α gives a destabilizing effect during the evolution of other lopsided perturbation modes on the anisotropic background models (2), and the parameter β , controversially, plays “stabilizing” role. The role of the rotation parameter relevant to the nature of instability of lopsided perturbation modes is the same as that of ring-like modes (2;4) and (2;6), and on the background of a non-rotating anisotropic model oscillatory and aperiodic instabilities can be observed, and when $\Omega \neq 0$, it gets only oscillatory instability. This picture is also observed on the backdrop of composite models.

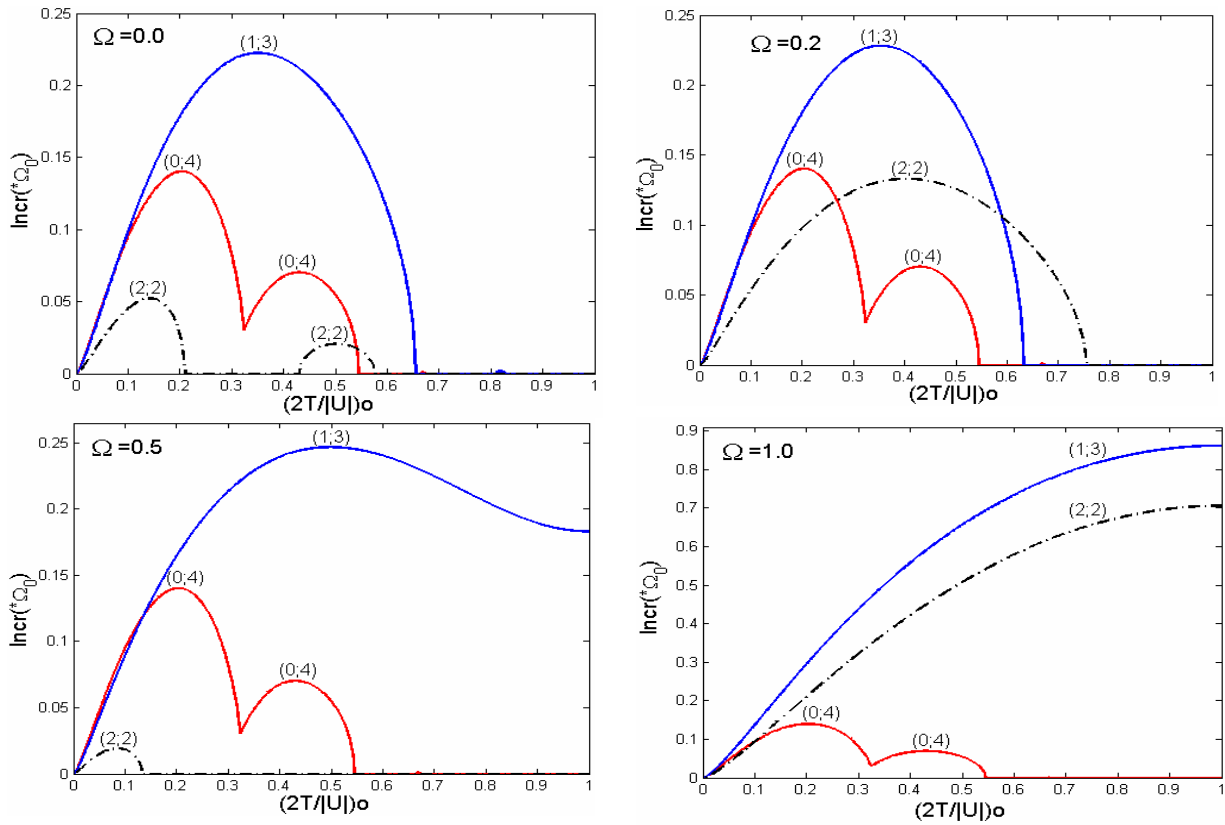


Fig. 4. The comparison of the increments of instability of a bar-like, ring-like and lopsided perturbation modes on the background of a generalized model where $\alpha = \beta = 0$ for different values of Ω .

On the background of a rotating anisotropic models, the mode (1;3) is on average more volatile in comparison with the mode (1;5). The comparison of instability increments of bar-like, ring and lopsided oscillation modes (Fig. 4) shows that when $\Omega < 0,5$, firstly cinematically offset core is formed, then appears ring structure under the small values $(2T/|U|)_0$, and only then a bar is shaped in the system, but for large values $(2T/|U|)_0$ the sequence of formation of bar-like and ring structures is changing. However, if $\Omega \geq 0,5$, the mode (1;3) remains at the leading position and following it, regardless of the initial virial ratios, sequentially occur

effects of (0;4) and (2;2) modes. At $\Omega=0,5$, isotropic and anisotropic models behave the same way with respect to all of these structural modes.

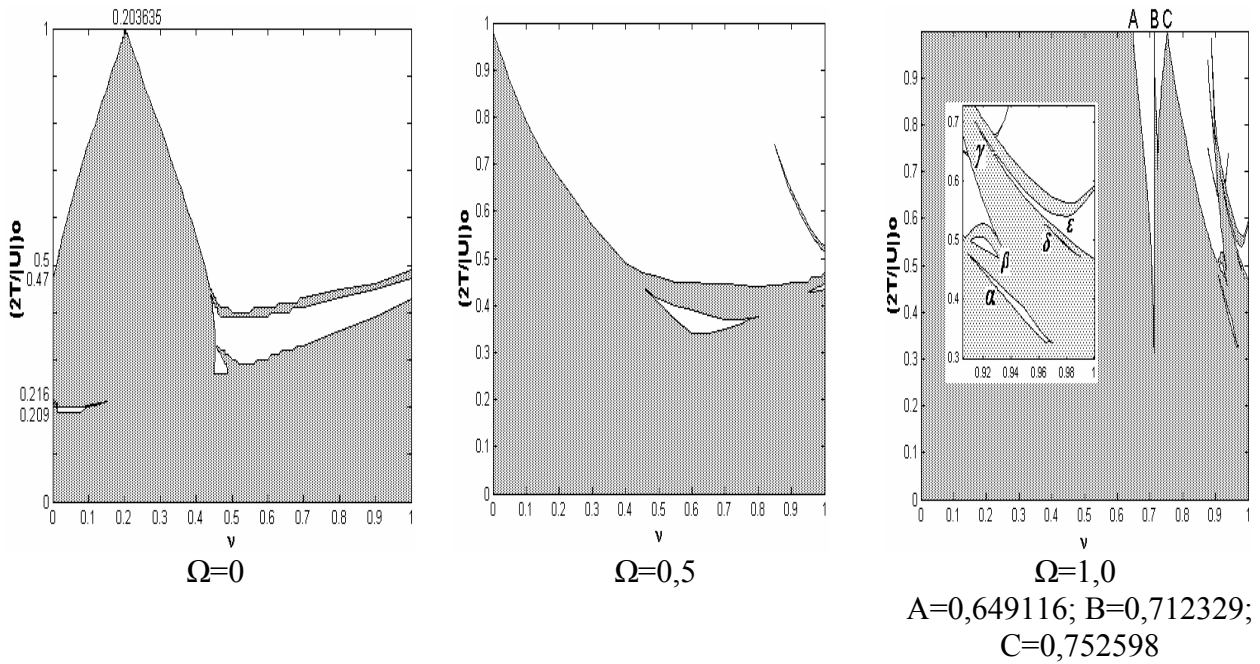


Fig. 5. The critical dependence $(2T/|U|)_0$ on the superposition of v parameter under the different values of Ω for the mode (1;5)

In the case of lopsided instabilities within the original isotropic model, as well as in the case of ring-like modes under the defined values of the spinning parameters it can be seen the occurrence of a certain non-linear effect in relation to a stationary model with perturbations imposed on it with finite amplitude. In the special case $\lambda=0$, our calculations coincide with the unstable equilibrium model in the linear approximation.

The investigation of composite models relating to lopsided modes shows that under the certain values of v the superposition of two models leads to the fact that the instability region covers almost the entire range of possible values of the initial virial ratio (see. Fig. 5). It was also found that the displacement of the core relating to the geometric centre of the system occurs in the composite model before the manifestation of the circular and bar-like structures regardless of the rotation, but only at a maximum rotation ($\Omega=1$), and $v>0,4$, first of all, in the system can form the bar-like structure. And for the ring-like mode such a picture can be seen only at $v=0$ in case if $\Omega=0$ and $\Omega=0,5$. Also it should be noted that at the maximum value of $\Omega=1$ in the interval $0,7<v<1,0$, the start of overlapping of increments (1;5) with (0;4) and (1;3) with (2;4) can be observed. This means that in this case, the corresponding structures may be formed simultaneously. When $\Omega=0,5$ and $(2T/|U|)_0<0,2$, all the considered relevant structures are formed almost simultaneously. The picture of comparison of the composite models that are relatively unstable to lopsided perturbation modes is the same as that of the ring-like modes.

In the fifth chapter of the thesis, “**The theory of the formation of vertical bends in the disks of galaxies**”, the issues of the origin of different types of vertical

bends of disk subsystems of galaxies were examined, which are found in observations of several authors. The main types of bends should be attributed to N-like, integral-like, U-like and L-like types of bends. A simple selection of the most common and strongly asymmetric bending galaxies has been compiled in this work. The analysis of the data showed that the flexibility, mainly, has been found in normal spiral galaxies (up to $\approx 70\%$) in comparison with the spirals with a bar ($\approx 30\%$) and the proportion of flexible galaxies in combination with lopsidedness at approximately 20%. In addition to abovementioned types of bends, the need for inclusion domed and precession cases in the list of main types of bending was considered.

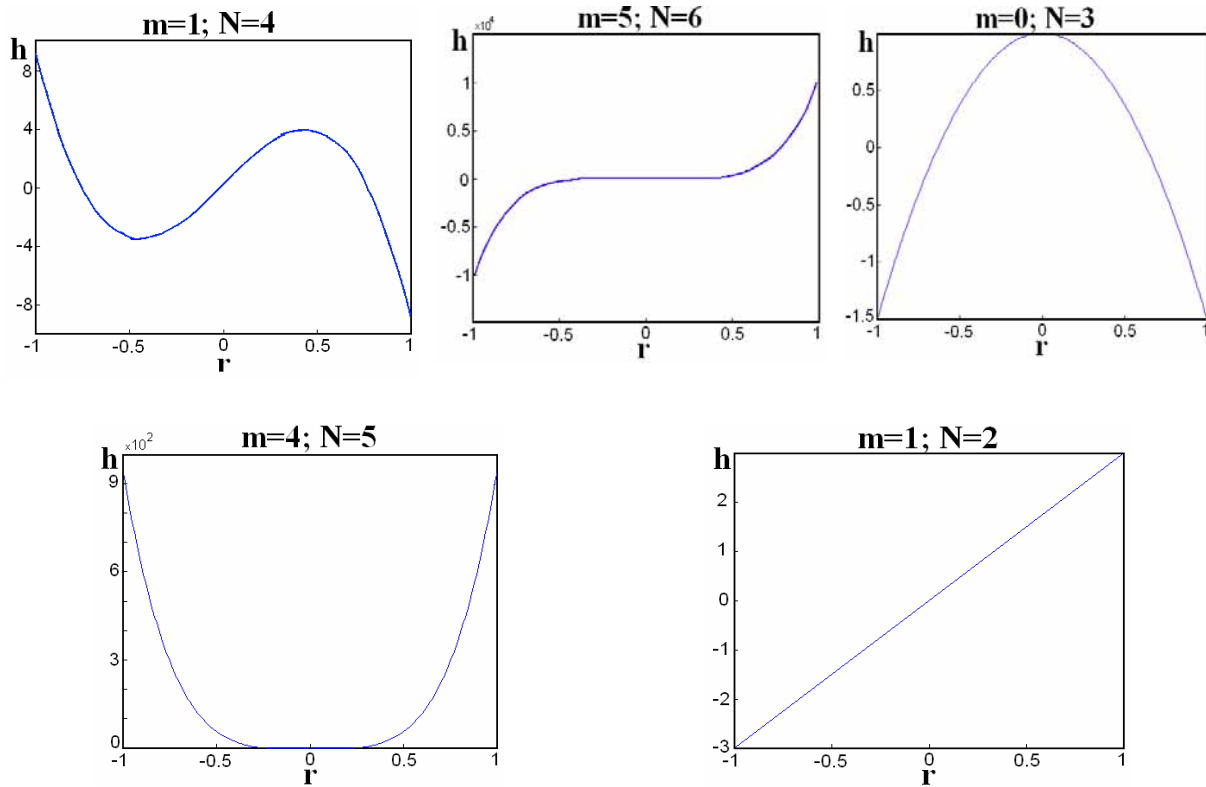


Fig. 6. Charts of the function of the vertical displacement of the disc element $h(r)$ for the selected modes of oscillation.

The results of the composition of the observed manifestations of bends in disk galaxies with different vertical bending oscillation modes have shown that S- and N-like asymmetric bending disk galaxies correspond to oscillation modes $(m=1; N=4)$ and $(m=5; N=6)$, respectively, for dome-like bending – there is the mode $(m=0; N=3)$, for the U-like bending the mode $(m=4; N=5)$ is responsible, and finally the precession bending is described by the mode $(m=1; N=2)$ (see. Fig. 6).

Within the framework of the generalized model (2) the following NADE of vertical oscillations was received:

$$\begin{aligned}
 & (1 + \lambda \cos \psi) \cdot \frac{d^2 Q(\psi)}{d\psi^2} + \lambda \sin \psi \cdot \frac{dQ(\psi)}{d\psi} + 2 \left[\frac{(N+m)!! (N-m)!!}{(N+m-1)!! (N-m-1)!!} - \right. \\
 & \left. - 1 - \frac{m^2 p (1-\lambda^2)}{2(1+\lambda \cos \psi)} - \frac{(1-p)(1-\lambda^2)(N^2 - m^2 + N - 2)}{6(1+\lambda \cos \psi)} \right] Q(\psi) = 0
 \end{aligned} \tag{4}$$

With the support of the results of the study of NADE (4) it is shown that with an increase in the value of the parameter β , the instabilities of S-like domed and bending modes are amplified, and the increasing importance of the parameter α , conversely, these modes become more stable. For N-like and U-like bending modes the roles of the parameters α and β are changing. NADE precession type of disturbance does not depend on the parameters α and β . Thus the latest mode on the background of anisotropic models of non-stationary disc is always stable as well as in the framework of the initial isotropic model.

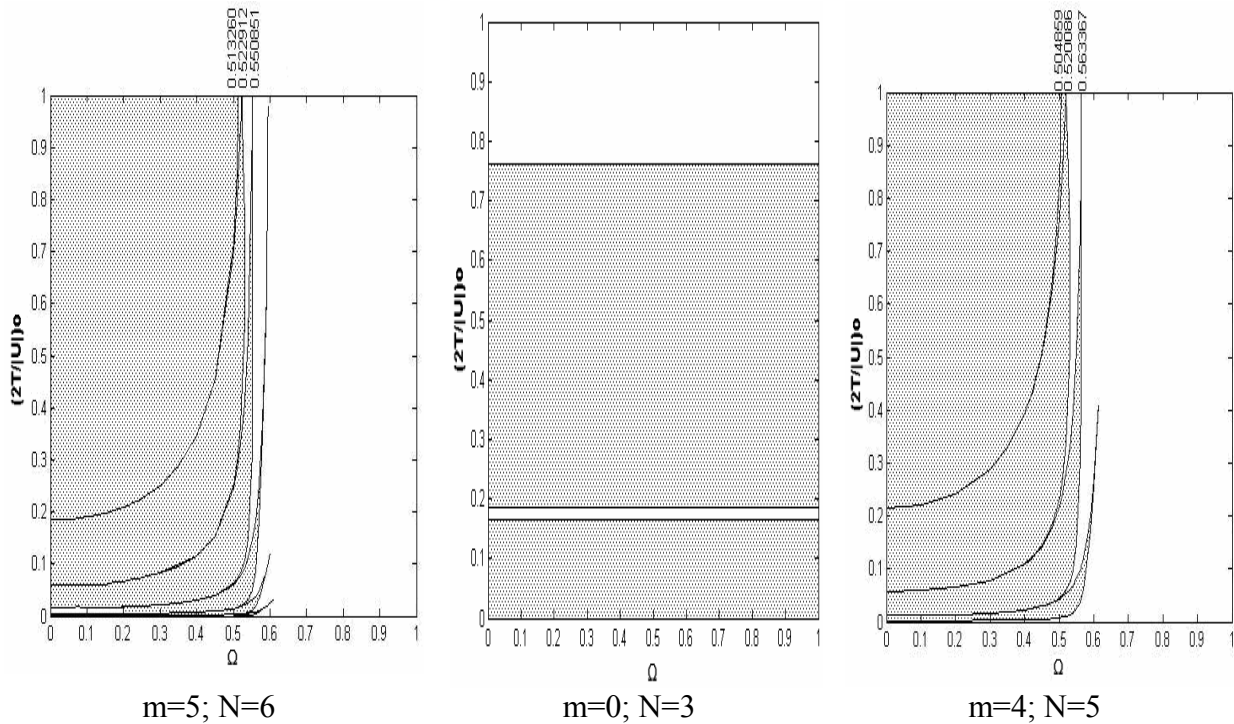


Fig. 7. Critical dependencies $(2T/|U|)_0$ on the parameter of rotation of the generalized model with $\alpha=\beta=0$ for three modes of oscillation

On the background of rotating anisotropic and isotropic sources of non-linear models, with increasing of Ω the maximum value of the increments of instabilities of bending modes is gradually reduced. The case of $\Omega=0$ corresponds to aperiodic instability, and when $\Omega>0$, it is oscillation one. But unlike other bending modes, dome instability has only aperiodic character regardless of the rotation parameters. Furthermore, in particular, for the mode (5;6) when the value $\Omega_2=0,513260$ and $\Omega_3=0,522912$, the instability occurs, the nature of which is associated with a resonance oscillation with asymmetrical movements of individual particles in the system (see. Fig. 7).

For bending perturbation modes anisotropic model is more volatile than the initial isotropic model. However, when $\Omega = 0,5$, isotropic and anisotropic models behave the same way with respect to (4;5) and (5;6) modes of vertical perturbations. The comparison of instability increments of horizontal and vertical modes proves that at small and moderate values of rotation of the disk the vertical

bending modes always dominate the horizontal ones, and when Ω is approaching to its maximum value, there occurs reverse pattern (see. Fig. 8 and 9).

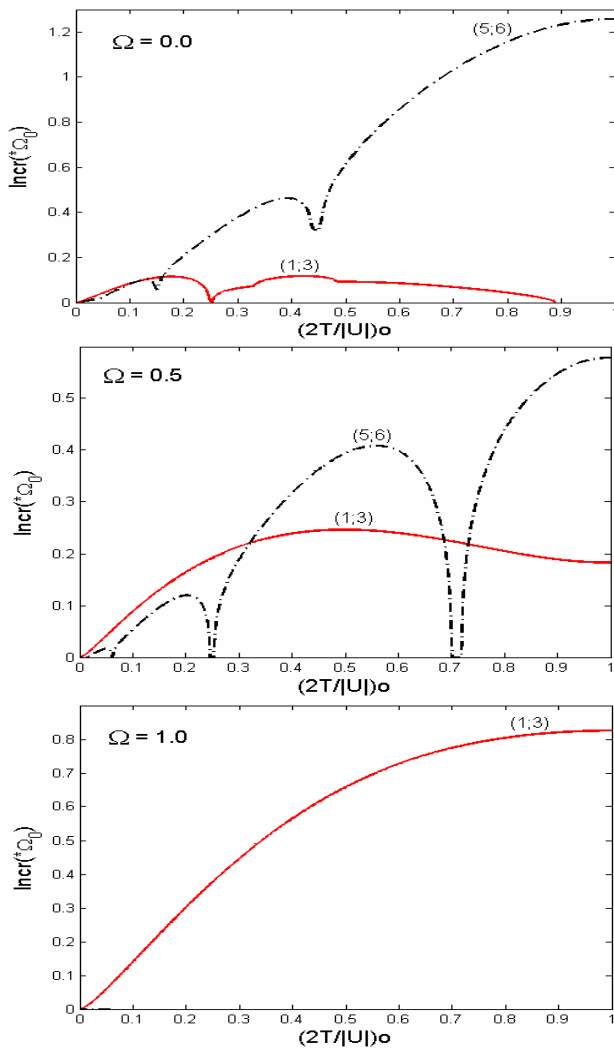


Fig. 8. Comparison of instability increments of the vertical (5, 6) and horizontal (1;3) perturbation modes for the isotropic model

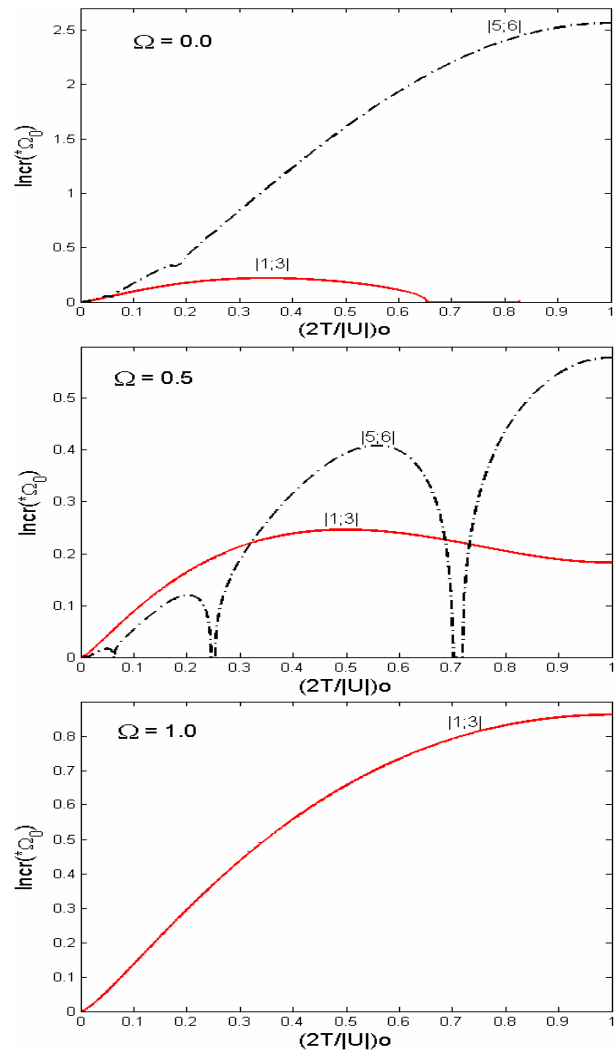


Fig. 9. Comparison of instability increments of the vertical (5;6) and horizontal (1;3) perturbation modes for the generalized model at $\alpha=\beta=0$

The analysis of bending modes of instabilities on the background of the composite model indicates that in the absence of radial oscillations the composite model is completely unstable throughout the range of v for small and moderate values of Ω , but when Ω tends to rise up to its maximum value, this situation is changing. By increasing the value of the rotation parameter Ω at all the bending modes there has been observed the emergence of a certain resonance effect of superposition of the two models, as a result, a region of instability increases and occupies almost the entire range of possible values of the initial viral ratio $(2T/|U)_0$. Moreover, where $\Omega \rightarrow 1$, the number of channels and the area of the field are steadily increasing, and at the same time, the resonance peaks of instability shift to the right side. It should be also noted that at $\Omega = 0,5$, the criterion of dome

instability of disk is independent of superposition v . In the bending oscillations the parameter of rotation Ω plays stabilizing role, and setting of superposition of v , on the contrary, gives a destabilizing effect. Also, it can be concluded that the dome bending with background composite model is always aperiodic instability of character, and the other modes have also aperiodic and oscillatory nature of instability, depending on the parameters of rotation Ω and superposition of v .

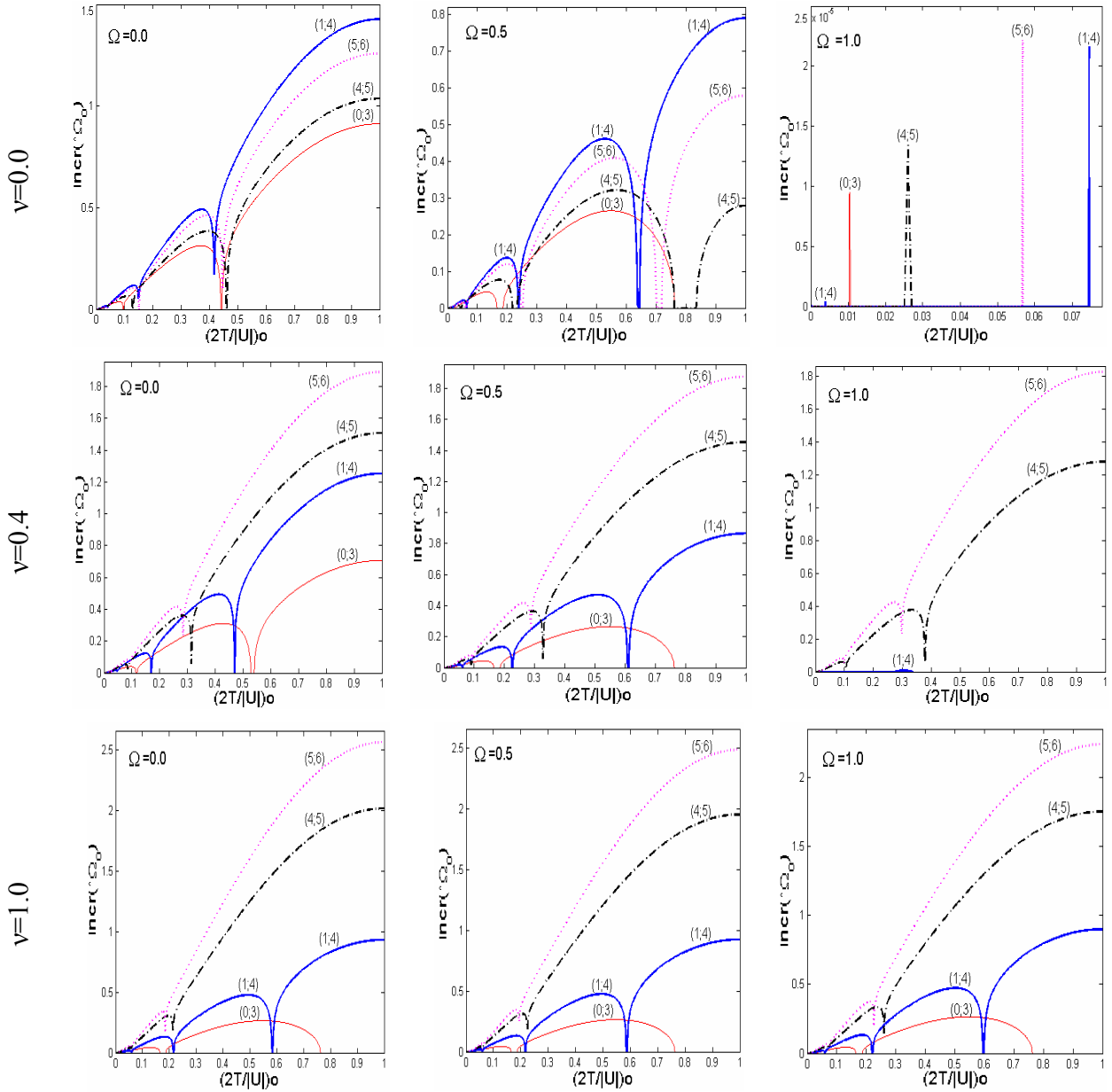


Fig. 10. Comparison of the growth rates of different modes of composite models for different values of parameters of Ω rotation and superposition of v

Comparisons of composite models are relatively unstable. Bending mode oscillation gives almost the same result as in the case of horizontal modes. It can be concluded that on the background of all considered non-stationary models the asymmetric bending disks of galaxies have the highest increment, prior to U-like bend, and only after that can occur dome-like bend in its central part (see. Fig. 10).

In the applications there are presented explicit expressions for the function of perturbation coefficient for (0;6), (2;6) and (1;7) modes, the NADE of ring-like and lopsided perturbation modes on the background of isotropic model, as well as for lopsided modes on the background of rotating anisotropic model, the results of investigation of instability types (0;4) and (0;6) modes on the background of isotropic model, critical dependences of initial virial ratio on the superposition parameter at different values of the rotation for ring-like and bending perturbation modes, critical dependences of initial virial ratio on the rotation parameter for isotropic model in the case of lopsided modes of perturbations, comparative graphs of instability increments for ring-like, lopsided and bending modes on the background of composite models for different values of rotation and superposition, comparative graphs of composite models among themselves relating to the instabilities of given perturbation modes. The catalogue of lopsided galaxies and work list of asymmetric bending galaxies are also presented.

CONCLUSION

According to the results of the research carried out on the theme of the doctoral dissertation “Non-linear origin theory of basic structural formations in disc-like galaxies”, the following conclusions are presented:

1. Taking into account modern observational data, the non-linear non-stationary theory of formation of ring-like, lopsided and warped effects in disk-like galaxies are developed.

2. For the first time a classification of ring-like galaxies based on the analysis of observational data was developed. The resulting classification includes 9 groups with respect to the visible signs of ring structures in the galaxies, which can be formed as a result of gravitational instability of ring-like oscillation modes and is not formed due to strong twist of spiral arms or unusual projections on the picture plane. It was found that the most frequent groups are ring galaxies with the nucleus and the case of rings with a bar and two arms. In five cases out of nine there are bars. The spiral arms are only observed in three cases. Double-ring galaxies are quite more often (18%) than expected.

3. For the first time a generalized and three composite non-linear transient phase model of disc-like self-gravitating systems with anisotropic velocity diagram was constructed. Exact expressions for the fundamental physical characteristics of new models such as components of kinetic energy of the pulsating disk were obtained. Velocity dispersions both in radial and transversal directions, global anisotropy parameter and others were found.

4. NADE for the basic structure of the observed manifestations of horizontal and vertical modes, disturbances developing on the background of built non-stationary models of self-gravitating disk were also found. In particular, it was found that the development of the instability mode of a single ring (2;4) will be the same for all anisotropic models without rotation, since NADE of this mode does not depend on the parameters of α and β , characterizing the difference and the degree of anisotropy of the models.

5. It is shown that the parameters of anisotropy of α and β produce opposite effects in the study of the evolution of structural perturbation modes. It has also been found that in cases where the parameter α plays a destabilizing role, with increasing values the interval initial virial ratio rises up, where data of structures on the background of anisotropic models are formed. But, when it plays a stabilizing role, then on contrary, the area of instability is gradually narrowed along the axis $(2T/|U|)_0$ to the left side.

6. The mechanisms and criteria for the formation of these structures have been discovered. In particular, it is shown that the ring structure can be formed as a result of the instability of the radial movement if the initial total kinetic energy of the anisotropic model is not more than 22,4% of the initial potential of energy, regardless of the value of Ω . As for lopsided structure, this value is 30,6%. It is also established that this lopsided instability has both an oscillatory and aperiodic character, depending on the initial virial ratios on the background of a non-rotating anisotropic model, but when the model is rotated, it gets only with the oscillatory instability.

7. For the first time the characteristic time manifestations of the observed large-scale structures of disk and the critical values of the initial virial ratios depending on the basic physical parameters of non-linear models have been found. In particular, it was found that in the context of non-stationary anisotropic model at first cinematically offset core is formed, then appears ring structure at small and moderate values of Ω and $(2T/|U|)_0$, and only then there is a formation of a bar in the system, but when $\Omega \geq 0,5$, then regardless of the initial virial ratios occur sequentially effects of (1;3), (0;4) and (2;2) modes. Within the framework of vertical perturbation modes, it can be concluded that at first asymmetrical or U-like bend of disk of galaxies appear, and then domed bend can be formed.

8. For the first time the comparison of instabilities of horizontal and vertical modes of oscillation on the background of non-linear non-stationary self-gravitating disk-like models have been made. It was found that at limited and moderate values of rotation of the disk vertical oscillation mode of isotropic and anisotropic models dominate over the horizontal ones, and at the approach of rotation to the maximum value the reverse picture can be observed.

9. It is shown that, in general, the anisotropic model is more stable with respect to the studied horizontal oscillation modes than the isotropic one, but for vertical modes it is opposite effect. Only if $\Omega=0,5$, isotropic and anisotropic models behave the same way with respect to certain perturbation modes – (0;4), (1;3), (4;5) and (5;6). And among composite models the third one behaves most unstable. Among the composite models there are the most stable and very instable combinations.

10. It is shown that the parameter of rotation Ω plays a destabilizing role in horizontal oscillations, and the parameter of superposition, on the contrary, gives a stabilizing effect. However, in vertical oscillations the roles of the parameters change.

11. Critical values were found for the rotation parameters and superposition, at which a complex resonance effect is observed, and, as a result, the structural instability modes dominate over the whole range of initial virial ratio.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Миртаджиева К.Т. Ранняя эволюция дискообразных самогравитирующих систем: новые анизотропные модели // Узбекский физический журнал. – Ташкент, 2003. – № 4 (5). – С. 223-228 (01.00.00; № 5).
2. Миртаджиева К.Т. Изучение неустойчивостей новой нелинейной модели дискообразных самогравитирующих систем // Вестник НУУз. – Ташкент, 2005. – №3. – С. 13-15 (01.00.00; № 8).
3. Нуритдинов С.Н., Миртаджиева К.Т., Таджибаев И.У. Поиск физических свойств систем шаровых скоплений звезд // Узбекский физический журнал. – Ташкент, 2006. – № 1-2 (8). – С.9-15 (01.00.00; № 5).
4. Миртаджиева К.Т., Таджибаев И. Поиск статистических зависимостей для систем шаровых скоплений звезд // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. – Ташкент, 2006. – № 4-5. – С. 35-38 (01.00.00; № 7).
5. Nuritdinov S.N., Mirtadjieva K.T., Mariam Sultana. Instabilities in a non-stationary model of self-gravitating disks. I. Bar and ring perturbation modes // Astrophysics. – Berlin-Heidelberg: Springer, 2008. – vol. 51, №3. – pp. 410-423 (№ 11. Springer; IF = 0,707)
6. Mirtadjieva K.T. Gravitational instability of perturbations in a background nonlinear nonstationary model of a disk-like system. I. Sectorial modes // Gravitation and Cosmology. – Berlin-Heidelberg: Springer, 2009. – vol. 15, №3. - pp. 278-285 (№ 11. Springer; IF = 0,716)
7. Mirtadjieva K.T., Nuritdinov S.N., Iqbal Ahmad, Ruzibaev J.K. Instabilities in a non-stationary model of self-gravitating disks. II. Warp modes of vertical oscillations // Astrophysics. – Berlin-Heidelberg: Springer, 2009. – vol. 52, №4. – pp. 584-597 (№ 11. Springer; IF = 0,707)
8. Миртаджиева К.Т. Кольцеобразная неустойчивость неравновесных моделей спиральных галактик // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. – Ташкент, 2009. – № 5. – С. 45-48 (01.00.00; № 7).
9. Миртаджиева К.Т. Гравитационная неустойчивость в составных нелинейных моделях дискообразных самогравитирующих систем // Вестник НУУз. – Ташкент, 2009. – № 2. – С. 99-103 (01.00.00; № 8).
10. Mirtadjieva K.T., Nuritdinov S.N., Ruzibaev J.K., Muhammad Khalid Instabilities in a nonstationary model of self-gravitating disks. III. The phenomenon of lopsidedness and a comparison of perturbation modes // Astrophysics. – Berlin-Heidelberg: Springer, 2011. – vol. 54, №2. – pp.184-202 (№ 11. Springer; IF = 0,707).
11. Миртаджиева К.Т., Нуритдинов С.Н., Мирзаев А.Т. Зависит ли эффект кривобокости от геометрии моделей самогравитирующих систем // Доклады

- Академии наук Республики Узбекистан. – Ташкент, 2011. – №6. – С.38-41 (01.00.00; № 7).
12. Mirtadjieva K.T. Gravitational instability of perturbations in a background nonlinear nonstationary model of a disk-like system. II. Large-scale tesseral oscillation modes // *Gravitation and Cosmology*. – Berlin-Heidelberg: Springer, 2012. – vol. 18, №1. – pp. 6-16 (№ 11. Springer; IF = 0,716).
 13. Миртаджиева К.Т., Нуритдинов С.Н. Анизотропные модели нелинейно нестационарных дискообразных самогравитирующих систем и их неустойчивости // *Узбекский физический журнал*. Ташкент, 2012. – №2 (14). – С.67-74 (01.00.00; № 5).
 14. Mirtadjieva K.T. Gravitational instability of perturbations in a background nonlinear nonstationary model of a disk-like system. III. Large-scale bending oscillations modes // *Gravitation and Cosmology*. – Berlin-Heidelberg: Springer, 2012. – vol. 18, №4. – pp. 249-258 (№ 11. Springer; IF = 0,716).
 15. Mirtadjieva K.T., Nuritdinov S.N. Instabilities in a nonstationary model of self-gravitating disks. IV. Generalization of the models and comparison of results // *Astrophysics*. – Berlin-Heidelberg: Springer, 2012. – vol. 55, №4. – pp. 551-564 (№ 11. Springer; IF = 0,707)
 16. Миртаджиева К.Т., Нуритдинов С.Н., Маматова Х.М. Классификация кольцеобразных галактик // *Доклады Академии наук Республики Узбекистан*. – Ташкент, 2013. – №2. – С.33-35 (01.00.00; № 7).
 17. Зокирова Ф.А., Миртаджиева К.Т., Нуритдинов С.Н., Махмудов А.А. Анализ данных наблюдений лопсаидальных галактик // *Вестник НУУз*. – Ташкент, 2013. – № 2/1. – С.114-116 (01.00.00; № 8).
 18. Миртаджиева К.Т., Нуритдинов С.Н., Маматова Х.М. Методика разработки классификации кольцеобразных галактик // *Вестник НУУз*. – Ташкент, 2013. – №2/1. – С. 32-36 (01.00.00; № 8).
 19. Миртаджиева К.Т., Нуритдинов С.Н. К вопросу происхождения кольцеобразных галактик // *Вестник НУУз*. – Ташкент, 2014. – №2/1. – С.145-148 (01.00.00; № 8).
 20. Миртаджиева К.Т., Нуритдинов С.Н. К теории формирования основных структурных образований в дискообразных галактиках // *Узбекский физический журнал*. – Ташкент, 2015. – №1-2 (17). – С. 41-45 (01.00.00; № 5).
 21. Миртаджиева К.Т., Нуритдинов С.Н. Двухкольцевые моды возмущений на фоне неравновесного самогравитирующего диска // *Доклады Академии наук Республики Узбекистан*. – Ташкент, 2015. – №1. – С. 30-33 (01.00.00; № 7).
 22. Mirtadjieva K.T., Nuritdinov S.N. Towards the classification problem of ring-like galaxies // *Astronomical & Astrophysical Transactions*. – Cambridge (England), 2015. – vol. 29, N3. – pp. 198-205 (01.00.00; № 2)

II бўлим (II часть; part II)

23. Mirtadjieva K.T., Kirbijekova I.I., Nuritdinov S.N. Towards Theory of Compulsive Phase Mixing for Non-stationary Stellar Systems // Astronomical Society of Pacific. Conference Series. – San Francisco (USA), 2004. – vol. 316. – pp. 363-365.
24. Nuritdinov S.N., Tadjibaev I.U., Mirtadjieva K.T. Modes of High Degrees for Collapsing Galaxies: Formation of Globular Cluster Systems // Astronomical Society of Pacific. Conference Series. – San Francisco (USA), 2004. – vol. 316. – pp. 377-380.
25. Nuritdinov S.N., Mirtadjieva K.T. Towards the formation theory of dense stellar systems // Highlights of Astronomy: Proceedings of the XXVth General Assembly of the International Astronomical Union: JD11 - Dynamics and evolution of dense stellar systems, 13 - 26 July, 2003, Sydney. – San Francisco (USA), 2005. – vol. 13. – P. 379.
26. Nuritdinov S.N., Mirtadjieva K.T., Tadjibaev I.U. Search for formation criteria of globular cluster systems // Highlights of Astronomy: Proceedings of the XXVth General Assembly of the International Astronomical Union, 13 - 26 July, 2003, Sydney. – San Francisco (USA), 2005. – vol. 13. – P. 207.
27. Farzana Begim Ismail, Mirtadjieva K.T. Compulsive phase mixing in gravitating systems // Astrophysics and Applied Mathematics. – Karachi (Pakistan), 2009. – vol. 1. – pp.118-137.
28. Mirtadjieva K.T. Nonlinear evolution of disk-like subsystems of galaxies at presence of halo // Astrophysics and Applied Mathematics. – Karachi (Pakistan), 2009. – vol. 1. – pp. 47-52.
29. Миртаджиева К.Т. Коллапс и фазовое перемешивание в галактиках // Современные проблемы астрономии в Узбекистане: Сб. науч. трудов. – Ташкент, 2004. – С. 56-58.
30. Миртаджиева К.Т., Таджибаев И.У., Нуритдинов С.Н. Анализ данных наблюдений систем шаровых скоплений галактик // Современные проблемы астрономии в Узбекистане: Сб. науч. трудов. – Ташкент, 2004. – С. 61-63.
31. Миртаджиева К.Т. О физике ранней эволюции галактик // Улугбековские чтения: Сб. науч. статей. – Ташкент, 2004. – т.1. – С. 64-68.
32. Миртаджиева К.Т. Нелинейная модель нестационарных дискообразных систем и её неустойчивости // Труды Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга МГУ: Тезисы докладов на Восьмом съезде Астрономического Общества и Международного симпозиума «Астрономия-2005: Состояние и перспективы развития». – Москва, 2005. – т. LXXVIII. – С.49.
33. Миртаджиева К.Т., Нуритдинов С.Н., Таджибаев И.У. Об исследованиях систем шаровых скоплений звезд // Труды Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга МГУ: Тезисы докладов на Восьмом съезде Астрономического Общества и

- Международного симпозиума «Астрономия-2005: Состояние и перспективы развития». – Москва, 2005. – т. LXXVIII. – С.49.
34. Нуритдинов С.Н., Миртаджиева К.Т., Таджибаев И.У. О физике систем шаровых скоплений звезд вокруг галактик // Физика в Узбекистане: Материалы конференции «Год Физики - 2005», 27-28 сентября 2005. – Ташкент, 2005. – С. 23-24.
 35. Нуритдинов С.Н., Миртаджиева К.Т., Таджибаев И.У., Гайнуллина Э.Р. О неустойчивостях ранних стадий эволюции галактик и их систем // Физика в Узбекистане: Материалы конференции «Год Физики - 2005», 27-28 сентября 2005. – Ташкент, 2005. – С. 24-26.
 36. Миртаджиева К.Т. О фазовом перемешивании на ранних стадиях эволюции галактик // Физика в Узбекистане: Материалы конференции «Год Физики - 2005», 27-28 сентября 2005. – Ташкент, 2005. – С. 20-21.
 37. Нуритдинов С.Н., Артеменко С.А., Миртаджиева К.Т. Типы кольцеобразных галактик и вопросы их происхождения // Экспериментальная и теоретическая физика: Сб. науч. трудов. – Ташкент, 2006. – С. 29-36.
 38. Миртаджиева К.Т. К вопросу о последовательности формирования подсистем галактик // Экспериментальная и теоретическая физика: Сб. науч. трудов. – Ташкент, 2006. – С. 42-51.
 39. Миртаджиева К.Т. Физика неустойчивости ранней стадии эволюции галактик // Роль женщин-ученых в развитии научно-технического прогресса: Сб. докладов республиканской научно-практической конференции. – Ташкент, 2006. – С. 254-257.
 40. Mirtadjieva K.T. New composite non-linear models of disk-like galaxies and their instability // Fundamental and Applied problems of modern physics: Proceedings of the republican scientific and practical conference. – Tashkent, 2007. – vol. 2. – pp. 37-39.
 41. Nuritdinov S.N., Mirtadjieva K.T., Mariam Sultana, Muhammad Khalid. Towards the formation theory of large scale structure of galaxies // Fundamental and Applied problems of modern physics: Proceedings of the republican scientific and practical conference. – Tashkent, 2008. – vol. 3. – pp. 201-209.
 42. Mirtadjieva K.T., Farzana Begum Ismail. On early evolution of galaxies: compulsory mixing // Fundamental and Applied problems of modern physics: Proceedings of the republican scientific and practical conference. – Tashkent, 2008. – vol. 3. – pp. 209-212.
 43. Nuritdinov S.N., Mirtadjieva K.T., Iqbal Ahmed M. On growth rate of bending instability for non-stationary disk model // Fundamental and Applied problems of modern physics: Proceedings of the republican scientific and practical conference. – Tashkent, 2008. – vol. 3. – pp. 243-246.
 44. Mirtadjieva K.T., Makhmudov A.A., Iqbal Akhmad. Large-scale warp-instabilities of new anisotropic disk model // Gravitational lenses and forming galaxies, observations and theory: Proceedings of the conference. – Tashkent, 2008. – pp. 45-46.

45. Nuritdinov S.N., Mirtadjieva K.T., Sultana Mariam, Muhammad Khalid S. On the nonlinear origin theory of galaxies // Gravitational lenses and forming galaxies, observations and theory: Proceedings of the conference. – Tashkent, 2008. – pp. 30-32.
46. Миртаджиева К.Т. Соотношение теорий иерархического скучивания и каскадной фрагментации // Гравитационные линзы и формирующиеся галактики: наблюдения и теория: Сб. трудов конф. – Ташкент, 2008. – С.36-38.
47. Миртаджиева К.Т. К теории формирования галактик и их крупномасштабных структур // Современная физика и ее перспективы: Материалы Респ. конф. 12-13 ноября 2009. – Ташкент, 2009. – С. 303-306.
48. Миртаджиева К.Т., Нуритдинов С.Н. К теории формирования основных структурных образований в дискообразных галактиках // Актуальные проблемы ядерной и теоретической физики: Материалы Респ. науч. конф. 25-26 октября 2013. – Ташкент, 2013. – С. 31-34.
49. Миртаджиева К.Т. Нелинейная теория формирования основных структурных образований в дискообразных галактиках // Улугбековские чтения – 3: Материалы Респ. науч. конф. «Наследие Мирзо Улугбека и современность», Ташкент, 2014. – Ташкент, 2014. – т. 3, – С. 39-42.
50. Muminov A.A., Mirtadjieva K.T., Nuritdinov S.N. Lopsided galaxies: compiled catalogue // Ulugh-Beg lectures – 3: Proceedings of republican conference «Heritage of Mirzo Ulugh-Beg and modernity», Tashkent, 2014.– Tashkent, 2014. – vol. 3, – pp. 51-79.
51. Ruzibaev J.K., Mirtadjieva K.T., Nuritdinov S.N. Compiled catalogue of spiral galaxies with optical warps // Ulegh-Beg lectures – 3: Proceedings of republican scientific conference «Heritage of Mirzo Ulugh-Beg and modernity», Tashkent, 2014. – Tashkent, 2014. – vol. 3, – pp. 105-119.
52. Nuritdinov S.N., Mirtadjieva K.T. Towards a Theory of Construction and Stability of Phase Early Evolution Models of Gravitating Systems// Order and chaos in stellar and planetary systems: Book of abstracts the Intern. conf. 17-24 August 2003, – Saint Petersburg, 2003. – pp. 41-42.
53. Mirtadjieva K.T. On a possible formation mechanism of galactic nuclei // Our non-stable Universe: Book of abstracts the Joint European and National Astronomy Meeting, 20-25 August 2007, – Yerevan, 2007. – P. 68.
54. Makukov M.A., Malkov E.A., Mirtadjieva K.T., Nuritdinov S.N. Numerical studies of the collisionless model stability with respect to any-scale perturbations as a test for the simulation code reliability // Our non-stable Universe: Book of abstracts the Joint European and National Astronomy Meeting, 20-25 August 2007, – Yerevan, 2007. – P. 96.
55. Nuritdinov S.N., Sultana M., Mirtadjieva K.T. Ring mode instability on the background of non-stationary galaxy model // Our non-stable Universe: Book of abstracts the Joint European and National Astronomy Meeting, 20-25 August 2007, – Yerevan, 2007. – P. 63.

56. Mirtadjieva K.T. Modeling earliest Galaxy: non-linearly non-stationary stages // JD5-Modelling the Milky Way in the Era of Gaia: Book of abstracts the XXVIIth General Assembly of the International Astronomical Union, 03 - 14 August 2009, – Rio de Janeiro, 2009. – P. 263.
57. Mirtadjieva K.T. Towards a theory of the origin of globular clusters systems // Symp. 266 – Star Clusters – Basic Galactic Building Blocks throughout Time and Space: Book of abstracts the XXVIIth General Assembly of the International Astronomical Union, 03 - 14 August 2009, – Rio de Janeiro, 2009. – P. 151.
58. Mirtadjieva K.T., Nuritdinov S.N. Merging of galaxies: formation of state for the radial motion instabilities // European Week of Astronomy and Space Science, S9-Galaxy Evolution: the key for Galaxy Formation: Book of abstracts the Joint European and National Astronomy Meeting, 4-8 July 2011. – Saint Petersburg, 2011. – P. 143.
59. Миртаджиева К.Т., Нуритдинов С.Н., Маматова Х. К проблеме классификации кольцеобразных галактик // Астрономия от ближнего космоса до космологических далей: Сб. докладов международной конференции Евразийского астрономического общества, 25-30 мая 2015.- Москва, 2015. – С. 35-36
60. Миртаджиева К.Т., Нуритдинов С.Н. Проблемы устойчивости нелинейно нестационарной динамической модели самогравитирующего диска Маклорена // Современные методы математической физики и их приложения: Тез. докл. Респ. науч. конф. 15-17 апреля 2015. - Ташкент, 2015. – С. 151-154.

Автореферат «Тил ва адабиёт таълими» журнали таҳририятида
таҳрирдан ўтказилди (12 апрель 2016 йил)

Босишга рухсат этилди: _____ 2016 йил
Бичими 60x84 ¹/₁₆, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи 5. Адади: 100. Буюртма: № .

Ўзбекистон Республикаси ИИВ Академияси,
100197, Тошкент, Интизор кўчаси, 68

«АКАДЕМИЯ НОШИРЛИК МАРКАЗИ» ДУК