ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

НАМАНГАН МУХАНДИСЛИК – ПЕДАГОГИКА ИНСТИТУТИ

Қўлёзма хуқуқида

УДК 539.3

Норматов Азизбек Муҳамматризаевич

Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига келтирилган чегаравий масалаларни (фазовий стержен мисолида) сонли ечишни ташкил қилиш учун амалий дастурлар боғламини яратиш

5А140901 Касб-таълими – (Информатика ва ахборот технологияси)
магистр академик даражасини олиш учун ёзилган

ДИССЕРТАЦИЯ

Илмий рахбар: **ф.- м. ф.н., доц. М.Олимов**

Иш кўриб чиқилди ва химояга қўйилди.
“Информатика ва АТ” кафедраси мудири: **ф.- м. ф.н., доц. М.Олимов**

Наманган – 2011

МУНДАРИЖА

«Куч – билим ва тафаккурда»

И.А.Каримов

Кириш

Мустакиллик туфайли мамлакатимиз ўз олдига озод ва обод Ватан, эркин ва фаровон хаёт барпо этиш, ривожланган мамлакатлар каторидан урин олиш, демократик жамият куриш каби эзгу максадларни куйди. Бу эса келажагимизни яккол тасаввур этиш, жамиятимизнинг ижтимоий-маънавий пойдеворини мустахкамлаш эхтиёжини тугдиради. Демак, галдаги энг асосий вазифа: ёш авлодни Ватан равнаки, юрт тинчлиги, халк фаровонлиги каби олижаноб туйгулар рухида тарбиялаш, юксак фазилатларга эга, эзгу гоялар билан куролланган, комил инсонларни вояга етказиш, жахон андозаларига мос, кучли билимли, юқори малакали, ракобатбардош кадрлар тайёрлашдир.

Президентимиз И.А.Каримов таъкидлаганларидек: «Эртанги кун янгича фикрлай оладиган, замонавий билимга эга бўлган юксак малакали мутахассисларни талаб этади» [1,2,3]. Шу сабабли халқимизнинг бой интеллектуал мероси ва умумбашарий қадриятлари, замонавий маданият, иқтисодиёт, фан, техника ва технологиялар асосида етук мутахассислар тайёрлаш тизими ишлаб чиқилди ва жадал суръатлар билан хаётга тадбиқ этилмокда.

Ўзбекистоннинг иқтисодий ва ижтимоий соҳаларда юқори натижаларга эришиши – жаҳон хамжамияти иқтисодий тизими доирасида юкори натижаларга эришиш оркали, тўлақонли шериклик ўрнини эгаллай бориши, халк хужалигининг барча жабҳаларида замонавий ахборот технологияларидан юқори даражада фойдаланишнинг кўламлари қандай бўлишига ҳамда бу технолиялар ижтимоий меҳнат самарадорлигининг ошишида қандай рол ўйнашига боғлиқ. Демак, ижтимоий – иқтисодий хаётимизни барча сохалари ва бўғинларини замонавий техник, технологик воситалар асосида ташкил этиш ва шакллантириш кечиктириб бўлмайдиган вазифалардан биридир.

Ўзбекистон Республикаси ўз мустақиллигини қўлга киритганига 20 йил бўлган бўлса, ушбу давр мобайнида, халк хўжалигининг барча сохаларини тубдан ислоҳ этиш чора тадбирлари ва ривожланишининг қонуний асослари ишлаб чиқилди.

Президентимиз Ислом Каримов ташаббуси билан ишлаб чиқилган “Кадрлар тайёрлаш миллий дастури”нинг ҳаётга тадбиқ этилиши туфайли узлуксиз таълим тизими мунтазам янгиланаётгани ва такомиллашаётгани, таълим муассасаларининг замонавий моддий – техник ва ўқув базасини шакллантириш ва мустаҳкамлаш, таълим - тарбия жараёнига янги стандартлар, илғор педагогик ва ахборот технологияларини жорий этиш борасида кенг кўламли ишлар амалга оширилаётир.

Жумладан, биргина таълим тизимида чукур ва кенг куламли ислохотларнинг мазмуни ва уларни амалга ошириш холатлари юзасидан бажарилиши лозим бўлган вазифалар кўлами Узбекистон Республикасининг «Таълим туғрисида»ги конун ва «Кадрлар тайёрлаш миллий дастури»да уз ифодасини топган бўлиб, ушбу дастур ва қонунларнинг туб моҳияти «Кадрлар тайёрлаш тизими ва мазмунини мамлакатнинг ижтимоий ва иктисодий тараккиёти истикболларидан, жамият эхтиёжларидан, фан, маданият, техника ва технологиянинг замонавий ютукларидан келиб чиккан холда кайта куриш лозим» деган иборада ўз аксини топади [4,5,6].

Президентимизнинг “Юксак маънавият – енгилмас куч» асарида таъкидлаганидек “Ватанимизнинг келажаги, халқимизнинг эртанги куни, мамлакатимизнинг жахон ҳамжамиятидаги обрў – эътибори, авваламбор, фарзандларимизнинг униб – ўсиб, улғайиб, қандай инсон бўлиб ҳаётга кириб боришига боғликдир. Биз бундай ҳақиқатни ҳеч қачон унутмаслигимиз керак”.

2008 йилни Ёшлар йили, деб эълон қилинишининг ўзиёқ юқоридаги ёшлар ҳақида қилинаётган давлат ғамхўрлигидан яққол далолатдир. “Ёшлар йили” Давлат дастурида ёшлар ҳуқуқларини таъминлашнинг норматив – ҳуқуқий базасини такомиллаштириш, навқирон авлодни миллий ва умумбашарий қадриятларнинг уйғун мужассамлиги руҳида, мустақил фикрлай биладиган, замонавий билимларни эгаллаган, жамиятда ўзининг муносиб ўрнини топишга қодир этиб тарбиялаш энг муҳим устивор йўналишлар деб белгиланди.

Республиканинг барча соҳаларини техник жиҳатдан қуроллантириш, замонавий техника ва технология билан таъминлаш билан бир қаторда, компьютер ва унинг технологиялари ишини самарали ташкил этишга қаратилган амалий ва системали дастурий таъминотлар мажмуасини яратиш заруратидан келиб чиқиб, Ўзбекистон Республикаси Президентининг «Компьютерлаштиришни янада ривожлантириш ва ахборот коммуникация технологияларини жорий этиш тўғрисида»ги Фармони (2002 йил 30 май №ПФ-3080) ва ушбу фармонни бажариш учун Вазирлар маҳкамасининг 2002 йилда қабул қилинган «2002-2010 йилларда компьютерлаштириш ва ахборот коммуникация технологияларини ривожлантириш дастури тўғрисида»ги қарори қабул қилинди.

Ўзбекистон Республикаси Олий Мажлисининг 2003 йил 11 декабрида «Ахборотлаштириш тўғрисида»ги қонун қабул қилинди. Ушбу қонуннинг мақсади ахборотлаштириш, ахборот ресурслари ва ахборот тизимларидан фойдаланиш соҳасидаги муносабатларни тартибга солишдан иборат.

Ўзбекистон мустақилликка эришган кундан бошлаб ўтган қисқа вақт ичида ўзбек халқи сиёсий – ижтимоий, иқтисодий ва маданий соҳаларда катта ютуқларга эришди. Ўз тарихига янгича тафаккур асосида ёндошиш, улуғ аждодлар қолдирган бой маданий, маънавий меросни ўрганиш шарафига муяссар бўлди, миллий ғурури қайта тикланди. Республикада илм-фан ва техника тараққиёт босқичига кўтарилмоқда.

Янги техника ва технологияларнинг кескин ўсиб бориши, илм – фаннинг ривожи билан узвий боғлиқ бўлиб, таълим тизимида ўқитилаётган фанларнинг мазмун мохиятини чуқур ўрганиш, уларнинг хаётий жараёнларга нечоғли боғлиқлиги ва мослиги катта аҳамиятга эга. Бинобарин, давлатимизнинг хозирги кундаги талаби - “Назариядан - амалиётга” ғояси, уни узлуксиз бажарилиши юрт равнақи, давлат тараққиётига сезиларли таъсир кўрсатувчи асосий омиллардан биридир.

Юқорида таъкидланган, мезон ва талабларга риоя қилган ҳолда, замонавий илм – фан ва техниканинг сўнгги ютуқларидан унумли, самарали ва оқилона фойдаланиш орқали хаётий масалаларни ечишни ташкил этиш, амалий дастурий воситаларни ишлаб чиқиш, шу куннинг долзарб вазифаларидан ҳисобланади.

Амалий масалаларни хал қилиш жараёни турли хил воситалар ёрдамида ифодаланиши мумкин. Бу воситалар функционал анализ элементларини ишлатиб дифференциал ва интеграл тенгламалар тузишдан то ҳисоблаш алгоритми ва ЭҲМ дастурларини ёзишгача бўлган босқичларни ўз ичига олади.

Объектнинг математик моделини тузиш, уни ЭҲМ да бажариладиган ҳисоблашлар асосида таҳлил қилиш "ҳисоблаш тажрибаси" деб аталади.

“Ҳисоблаш тажрибаси”нинг умумий схемаси куйидаги шаклда курсатилган:

Биринчи босқичда масаланинг аниқ қўйилиши, берилган ва изланувчи миқдорлар, объектнинг математик модел тузиш учун ишлатиш лозим бўлган бошқа хусусиятлари тасвирланади.

Иккинчи босқичда физик, механик, химиявий ва бошқа қонуниятлар асосида математик модел тузилади. У асосан алгебраик, дифференциал, интеграл ва бошқа турдаги тенгламалардан иборат бўлади. Тизимда ўрганилаётган жараёнга таъсир кўрсатувчи омилларнинг барчасини бир вақтнинг ўзида ҳисобга олиб бўлмайди, чунки математик модел жуда мураккаблашиб кетади. Шунинг учун, модел тузишда энг кучли таъсир этувчи асосий омиллargина ҳисобга олинади. Бундай қонуниятлар кўпроқ тенгламалар системаси (алгебраик, дифференциал, интеграл ва ҳ.к.) кўринишида ёзилади. Биз математик моделни ўрганилаётган физик жараённинг турига қараб танлашимиз лозим. Жараённи физик хусусиятига қараб маълум типдаги математик моделлар математик-физика тенгламалари кўринишида ёзилади. Кўплаб реал жараёнлар чизиқсиз тенгламалар кўринишида ёзилади, лекин бу тенгламаларни чизиқли кўринишга келтириш мумкин.

Учинчи босқичда масаланинг математик модели тузилгач, мос тенгламалар ечилиши ва керакли кўрсаткичлар аниқланиши лозим. Ҳисоблаш усулларини ривожланиши натижасида худди мана шу этапда ЭҲМга муҳтожлик пайдо бўлади. Ҳисоблаш усули деганда шундай математик модел тушуниладики, ушбу моделни ЭҲМда ечиш имконияти мавжуд. Масалан, агарда математик модел дифференциал тенглама кўринишида бўлса, ечимни қидиришга имкон берувчи ҳисоблаш усули ёрдамидаги алгоритм билан чекли – айирмали тенгламалар аппроксимацияланиши мумкин. ЭҲМда сонли ҳисоблаш усулларини қўллаш (ечиш) натижасида сонлардан иборат сон ёки жадваллар ҳосил бўлади. Лекин, ҳозирги кунда ҳисоблаш усулларининнг хусусий ҳоли учун ЭҲМда ҳисоблаш имконини берувчи аналитик усуллар ҳам мавжуд. Фақат ЭҲМда ечиш учун кўрилган ушбу аналитик усуллар кенг тарқалиб улгурмаган.

Тўртинчи босқичда масалани ечишда фойдаланилган сонли усуллар ва уларнинг хисоблаш алгоритмлари асосида бирор - бир дастурлаш тилида ЭҲМ да ишлатиш учун амалий дастурлар боғлами тузилади.

Охирги босқичда дастур ЭҲМга қўйилади ва олинган сонли натижалар чуқур таҳлил қилиниб, баҳоланади.

Натижаларга қараб, мутахассис кўрилаётган масала тўғрисида хулосалар чиқаради, жараённи бошқариш воситаларини ишлаб чиқади ва тавсиялар беради. Кўплаб вариантлар асосида бажарилувчи ҳисоблаш тажрибалари ёрдамида лойиҳачи у ёки бу белгига кўра барча вариантлар ичидан энг маъқулини танлаши мумкин.

Ҳозирги куннинг узига хос муаммоларидан бири, ЭҲМлари учун мўлжалланган амалий дастурлар кутубхонасини етарлича ривожланмаганидир. Шунинг учун, ҳозирда ана шу камчиликни бартараф қилиш йўлида турли хил изланишлар олиб борилмоқда.

Мазкур магистрлик диссертатсиясида иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига келтирилган чегаравий масалаларни (фазовий стержен мисолида) сонли ечишни ташкил қилиш ва амалий дастурлар боғламини яратиш вазифаси қўйилган.

Тадқиқот мавзусининг долзарблиги. Одатда жуда кўп технологик жараёнларнинг математик моделлари математик-физиканинг турли типдаги тенгламалари орқали ифодаланади. Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системаси ва уларга келтириладиган чегеравий масалалар кўпроқ қаттиқ жисмлар механикасига таълуқли турли хил амалий масалаларни ўз ичига олади. Жумладан, бино - ишоотлар қурилиши ва уларни лойихалаштириш ишларини амалга оширишда конструкция элементлари (фазовий стержен, балка ва тўсинлар) нинг деформацион холатини ўрганиш ва тадқиқ этиш зарурати туғилади.

Турли хил кучлар таъсиридаги конструкция элементларининг деформацион холати аниқлаш эса, ўз навбатида, дифференциал тенгламалар системасига келтриладиган чегаравий масалаларни ечиш оркали амалга оширилади.

Шу маънода, иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига келтириладиган чегаравий масалаларни сонли ечиш алгоритмларини ишлаб чиқиш ва у асосида хаётий масалаларни ечишга қаратилган амалий дастурлар боғлами (АДБ) ни яратиш масаласи мухим масалалардан хисобланади.

Тадқиқотнинг мақсади.

Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига келтириладиган чегаравий масалаларни сонли ечишни ташкил қилиш учун АДБни яратиш.

Тадқиқотнинг вазифалари:

- иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар ва уларнинг системалари билан танишиш;
- иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасини сонли ечиш усулларини ўрганиш;
- эластиклик назариясининг масалалари ва уларни иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системалари оркали ифодаланадиган чегаравий масалаларини тадқиқ этиш;
- сонли ечиш усулларининг хисоблаш алгоритмлари буйича замонавий дастурлаш тиллари ёрдамида АДБни яратиш
- яратилган АДБ асосида амалий масалалар ечиш, натижаларни тахлил этиш, хулоса ва тавсиялар ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқот усули – масалани ечиш учун энг мақбул сонли усуллар ва уларнинг ҳисоблаш алгоритмларидан фойдаланиш.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги шундан иборатки, унда иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига келтириладиган турли чегаравий масалаларни ечиш учун сонли усуллардан бири, “Чекли айирмалар усули” ва унинг ишчи алгоритми асосида АДБ яратилган.

Тадқиқотнинг амалий аҳамияти. Яратилган амалий дастурлар боғлами стержен типидаги конструкция элементларининг турли чегаравий масалаларини ўз ичига олиб, фазовий эластик стерженни кучланганлик деформацион ҳолатини тадқиқ этишга қаратилган. Дастурий таъминотдан қурилиш – лойихалаш институтларида, ўқув жараёнида, жумладан муҳандис – қурувчи, муҳандис – дастурчиларни тайёрловчи таълим муассасаларининг маъруза, амалий ва тажриба дарсларида дастурий манбаа сифатида фойдаланишлари мумкин.

Тадқиқот предмети. Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системаси, хисоблаш алгоритмлари ва Delphi объектли дастурлаш тилига асосланган дастурий таъминот.

Тадқиқот объекти - Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига келадиган муҳандислик ва қурилиш конструкциялари (фазовий стержен, тўсин ва балкалар) нинг чегаравий масалаларидан иборат.

Диссертациянинг таркибий қисми. Диссертация қуйидаги ташкилий қисмлардан иборат:

- Кириш.
- I БОБ. Бунда масалани ўрганилганлик ҳолати ва таҳлили келтирилган.
- II БОБ. Ушбу бобда иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системаси ва улар орқали ифодаланадиган чегаравий масалалар, уларни ҳисоблаш усуллари ва алгоритмлари хакида маълумот берилган.
- III БОБ. Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системаси орқали ифодаланадиган чегаравий масалалар, натижалар ва уларнинг тахлиллари келтирилган.
- Хулоса ва тавсиялар
- Диссертация ишини тайрлашда фойдаланилган адабиёт ва материаллар
- Илова

1 – БОБ. МАВЗУНИНГ НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ ВА УНИНГ ЎРГАНИЛГАНЛИК ДАРАЖАСИ ТАХЛИЛИ

1.1. Масалани қўйилиши ва унинг амалий аҳамияти

Фан ва техниканинг халқ хўжалигининг хилма – хил сохаларидаги тадбиқларидан одатда, шундай типик математик масалаларга дуч келинадики, уларни классикметодлар билан ечиш мумкин эмас, ёки ечиш мумкин бўлган тақдирда ҳам ечим шундай мураккаб кўринишда бўладики, ундан самарали фойдаланишнинг иложи бўлмайди. Бундай типик математик маслаларга алгебра (одатда, тартиби жуда катта бўлган чизиқли алгебраик тенгламалар системасини ечиш, матрицалар алгебраси, алгебраик ва транцендент тенгламалар ҳамда бундай транцендент тенгламалар системасини ечиш), математик анализ (сонли интеграллаш ва дифференциаллаш, функцияни яқинлаштириш масалалари) ҳамда оддий ва хусусий хосилали дифференциал тенгламаларни ечиш масалалари ва бошқалар киради [14,20-23].

Фан, техника ва технологияларни жадал равишда ривожланиши атом ядросидан фойдаланиш, учувчи аппаратлар (самолёт, ракета ва х.к.) ни лойиҳалаш, бошқариладиган техник тизимлар ва космик учиш динамикаси каби масалалар билан бир қаторда, механика масалалари, ер ости ва ер усти иншоотлари масалалари, қурилиш конструкциялари ва уларни лойиҳалаш ишларига оид масалалар ва бошқа шунга ўхшаш кўплаб муаммоларни хал этишни тақозо этмоқда.

Бундай масалалар, ўз навбатида математиклар, муҳандис – дастурчилар, муҳандис – қурувчилар ва лойиҳачилар олдига янгидан – янги вазифаларни қўяди. Иккинчи томондан, фан ва техника ютуқлари мутахассислар ихтиёрига кучли ҳисоблаш воситалари (ҳисоблаш усуллари, дастурлаш тиллари ва воситалари, компьютер техникаси ва технологиялари) ни бермоқда. Бунинг натижасида эса, мавжуд воситалар ёрдамида хаётий масалаларни есиш, уларнинг математик моделлари, ҳисоблаш методлари ва алгоритмлари асосидаги амалий дастурлар боғлами (АДБ) ни яратиш эҳтиёжи туғилмоқда.

Шундай замонавий талаб ва зарурий эҳтиёжлардан келиб чиқиб, магистрлик диссертацияси сифатида “Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига келтирилган чегаравий масалаларни (фазовий стержен мисолида) сонли ечишни ташкил қилиш учун амалий дастурлар боғламини яратиш” масаласи қўйилган бўлиб, унинг амалий аҳамияти қуйидагиларда ўз аксини топади.

Қурилиш – лойиҳалаш ишларида фойдаланиладиган конструкцион материаллар (фазовий стержен, тўсин ва х.к.) нинг деформацион кучланганлик ҳолати, ташқи кучлар таъсиридаги материалларнинг специфик сифати, конструкцияни мустахкамлиги ва чидамлилигига оид муаммоларнинг аксарияти иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системаси орқали ифодаланган чегаравий масалаларни ечиш орқали тадқиқ этилади [17,24,25,27].

Одатда жуда кўп технологик жараёнларнинг математик моделлари математик-физиканинг турли типдаги тенгламалари орқали ифодаланади.

Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системаси ва унга қўйилган турли чегаравий шартлар, биз кўраётган объект – фазовий стерженнинг турли шароитлардаги ҳолатининг аналитик кўриниши бўлиб, уни ечишнинг математик моделини қуриш, сонли ечиш усуллари ва уларнинг ҳисоблаш алгоритмларини ишлаб чиқиш пировардида амалий дастурлар боғламини яратиш ҳамда олинган натижаларни тахлил этиш ишнинг долзарблигини асослайди.

Маълумки, қаттиқ жисмлар механикасининг кўпгина масалалари хусусан эластиклик назариясининг баъзи бир чегаравий масалалари куйидаги иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига келтирилади:

$$\begin{cases} a_{11}V_1''+a_{12}V_2''+\ldots+a_{1n}V_n''+b_{11}V_1'+b_{12}V_2'+\ldots+b_{1n}V_n'+c_{11}V_1+c_{12}V_2+\ldots+c_{1n}V_n=f_1 \\ a_{21}V_1''+a_{22}V_2''+\ldots+a_{2n}V_n''+b_{21}V_1'+b_{22}V_2'+\ldots+b_{2n}V_n'+c_{21}V_1+c_{22}V_2+\ldots+c_{2n}V_n=f_2 \\ a_{31}V_1''+a_{32}V_2''+\ldots+a_{3n}V_n''+b_{31}V_1'+b_{32}V_2'+\ldots+b_{3n}V_n'+c_{31}V_1+c_{32}V_2+\ldots+c_{3n}V_n=f_3 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{n1}V_1''+a_{n2}V_2''+\ldots+a_{nn}V_n''+b_{n1}V_1'+b_{n2}V_2'+\ldots+b_{nn}V_n'+c_{n1}V_1+c_{n2}V_2+\ldots+c_{nn}V_n=f_n \end{cases} \qquad (1.1.1)$$

(1.1.1) иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасини фазовий стержен учун қуйидаги чегаравий шартларда қараймиз:

а) икки томони қаттиқ маҳкамланган:

$$V_1, V_2, V_3, \ldots, V_n\big|_{\Gamma} = 0, \qquad (1.1.2)$$

б) бир томони қаттиқ маҳкамланган, икки томони эса, шарнирли. Бунда фазовий стерженнинг қаттиқ маҳкамланган томони учун чегаравий шарт:

$$V_1, V_2, V_3, \ldots, V_n\big|_{x=0} = 0, \qquad (1.1.3)$$

шарнирли асосдаги томони учун эса,

$$V_i\big|_{x=l} \neq 0, \qquad (1.1.4)$$

бу ерда V_i - фазовий стерженнинг бўйлама ҳамда горизонтал - XOY ва вертикал - XOZ текисликлардаги эгилишларидан ташқари, қолган барча параметрларини ўз ичига олади.

Биз юқоридаги (1.1.1) иккинчи тартибли дифференциал тенгламалар системасини а) ва б) чегаравий шартларда тақрибий ечувчи автоматлаштирилган дастурий воситасини яратамиз. Бунинг учун иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системаси (1.1.1) ни чекли айирмалар усули ёрдамида тақрибий ечиш ва натижаларни таҳлил қилиш алгоритмини қурамиз ҳамда унинг амалий дастурлар боғламини яратамиз. Ишнинг умумий кетма – кетлиги қуйидаги босқичларда амалга оширилади:

- математик моделни ишлаб чиқиш;
- ҳисоблаш алгоритмини қуриш;
- дастур таъминотини яратиш.

Дастурий таъминотни яратишда дастлаб, математик модел ва ишчи алгоритмда кўзда тутилган ҳисоблашлар учун матрицалар алгебрасини ишлаб чиқамиз ва уларни алоҳида процедура, функция, модул кўринишида яратиб оламиз. Амалий дастурлар боғламини, юқори даражали дастурлаш тилларидан бири Delphi да амалга оширамиз.

1.2. Мавзуга доир адабиётлар шархи ва олиб борилган илмий изланишлар тахлили

Одатда жуда кўп технологик жараёнларнинг математик моделлари математик – физиканинг турли типдаги тенгламалари орқали ифодаланади:

Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системаси ва уларга келтириладиган чегеравий масалалар кўпроқ қаттиқ жисмлар механикасига таълуқли турли хил амалий масалаларни ўз ичига олади.

Турли хил кучлар таъсиридаги конструкция элементлари (фазовий стержен, балка, тўсин) нинг деформацион кучланганлик ҳолатини аниқлаш, кўп ҳолларда мавжуд чегаравий шартлар асосидаги иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасини ечиш оркали амалга оширилади.

Стержен типидаги конструкция элементлари ва уларни тадқиқ этиш, “Деформацияланувчи қаттиқ жисмлар механикаси” нинг асосий йўналишларидан бири бўлиб, бу соҳада Республикамизда бир қатор олимлар, жумладан, В.Қ. Қобулов, Т. Бўриев, Ф.Б. Бадалов, К.Ш. Бабамуродов, Б. Курманбаев, А.Абдусаттаров, Ш.А. Назиров, Т. Юлдашев ва бошқа йирик мутахассислар етакчилик қилдилар [7-10].

Т. Бўриев олиб борган ишларда эластик – ноэластик деформацияни ҳисобга олган ҳолда, мураккаб компонентли фазовий конструкциялар мустахкамлигини ҳисоблашнинг комплекс алгоритмлари ишлаб чиқилган [8].

М.Олимов олиб борган илмий тадқиқот ишларида эса, эластик – ноэластик стерженни ўзгарувчан юкланишлардаги кучланганлик деформацион ҳолати кўрилган бўлиб, унда фазовий стерженнинг иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига келтирилган бир неча чегаравий масалалари тадқиқ этилган [27]

Ш.А. Назиров қўл остида яратилган алгоритмлаш тизимлари мураккаб формали деформацияланувчи қаттиқ жисмлар ва уларнинг кўп ўлчовли чегаравий масалаларини ечишни автоматлаштириш учун мўлжалланган.

Бажарилиши нуқтаи назаридан, ҳисоблаш математикаси воситалари асносида кўп ўлчовли чегаравий масалаларни ечиш учун қуйидаги маълумотларни қўллаш талаб этилади.

-масалани математик модели

-соха геометрияси

-ечимлар усули

-кординаталар тизими

-параметрлар, коэффициент ва ўзгармас қийматлари

-натижаларни талаб этилган чиқариш формати

Агар “математик модель” бўлимини статик (турғун) масаласи ечилаётган бўлса, масала дифференциал тенглама ва чегаравий шартлардан ташкил топади.

Агар динамик масала кўрилаётган бўлса унда бошланғич шарт қўшилади.

“Ечиш усули” бўлими мураккаб тузилишга эга бўлиб, хар бир усулни қўллаш аниқ бир маълумотни талаб этади. Масалан, вариацион усуллар қўлланганда, аниқ бўлмаган компонентларни апрокцимациясини чегараловчи шартларни қаноатлантирувчи функциялари тизими масалалари талаб этилади.

Энди, қўйилган масалани, яъни диссертация ишини тайёрлашда фойдаланилган адабиётларга мурожаат қилиб ўтайлик.

Республикамизда олиб борилаётган ислоҳотлар, таълим тизими ва уни ислоҳ этишга қаратилган Қонунлар ва қарорлар, уларнинг моҳияти ва самаралари хусусидаги фикр мулоҳазалар диссертациянинг кириш қисмида ўз ифодасини топган [1-6].

Шунингдек, турли хил тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига келтириладиган чегаравий масалалар [14,16,17] адабиётларда келтирилган бўлиб, ушбу адабиётларда оддий дифференциал тенгламаларга келтирилувчи айрим муҳандислик масалалари уларни ечишда қўлланиладиган асосий тенгламалар келтирилган.

[11-13] адабиётларда дифференциал тенгламалар орқали ифодаланган айрим масалаларни ечишнинг турли сонли усуллари ва алгоритмлари, уларга қўйиладиган чегаравий шартлар келтирилган.

[18-21] адабиётларда чекли-айирмали усуллар асосида алгоритм тузилган. Масаланинг ечими мавжудлиги исботланган ва масаланинг аниқ ва тақрибий ечимлари келтирилган. Ушбу адабиёт амалий математика-физика масалалари билан шуғулланувчи мутахасислар учун мўлжалланган.

[20,22,23] манбаларда турли синфдаги ЭҲМларда математик масалаларни сонли ечишни қўллаш ва қуришнинг асосий услублари баён этилган бўлиб, амалий математика ва физика ихтисослигида ўқиётган талабаларга ва илмий ҳисоб-китоб ишларини ЭҲМларда амалга ошираётган мутахасислар учун мўлжалланган. Ушбу адабиётларда математик моделлаштиришда ҳисоблаш усулларининг ўрни келтирилган. Шунингдек, мисоллар ёрдамида бир нечта ҳисоблаш алгаритмлари ҳам кўриб ўтилган. Бундан ташқари, ҳисоблаш усулларининг анъанавий қисмлари баён этилган, яъни чизиқли алгебраик тенгламалар системасини ечишнинг оддий ва ҳайдаш усуллари, интегралларни сонли ҳисоблаш, чизиқсиз тенгламаларни ечиш, оддий дифференциал тенгламалар учун Коши масаласини ечиш усуллари тўғрисида маълумотлар келтирилган. Шунингдек, математик-физика типик масалаларини қўйилиши ҳақида маълумотлар келтирилган.

Умуман олганда, мазкур ишни тайёрлашда бир қатор илмий – техник адабиётлар ва журналлар, оммабоп илмий мақолалар ва бошқа манбаалар, жумладан, Интернет материаллари, ZiyoNET ахборот ресурс базаси, ЎзРФА нинг “Математика ва информацион технологиялар”, “Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги”, “Алгоритм - инжиниринг” каби илмий – текшириш институтлари профессор – ҳодимларининг илмий ишлари ва улар томонидан тайёрланган монографиялардан кенг фойдаланилди.

1.3. Замонавий дастурлаш тиллари ва улардан фойдаланиш имкониятлари тахлили

Дастурлаш тиллари ва воситалари исон мехнатини енгиллаштиради, улар бирор амалий масалани ечиш давомида такрорланишлар сони жуда кўп бўлса хам такрорланишдаги қадамлар сони кўп бўлса хам дарров ечим олишга мувофвқ бўламиз. Дастурлаш тиллари шундай имкониятлари орқали амалий ва бошқа масалаларни ечишда кенг қўлланилади.

Ҳозирги кунда замонавий дастурлаш тиллари ва воситалари кун сайин кўпайиб уларнинг имкониятлари кенгайиб бормоқда.

Бундай дастурлаш тиллари ва воситаларига мисол қилиб Borland C++, Java, Visual Basic, Mathcad, Borland Delphi кабиларни келтириш мумкин [29-33].

Ушбу дастурий воситалардан Mathcad дастури ва унда дифференциал тенгламаларни ечиш имкониятлари билан танишамиз.

Mathcad таркибида оддий дифференциал тенгламалар системаси учун Коши масаласини ҳамда чегаравий масалаларни сонли ечишга мўлжалланган стандарт функциялар мавжуд бўлиб, уларнинг асосийлари қуйида келтирилган.

-rkfixed (y, x1, x2, m, D)

-Rkadapt (y, x1, x2, m, D)

-Bulstoer (y, x1, x2, m, D)

-Odesolve $\left([y], x, b, [m]\right)$

Қуйида Odesolve функцияси ёрдамида иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламани ечишни ташкил этамиз.

Odesolve $\left([y], x, b, [m]\right)$

Бу ерда y – берилиши шарт бўлмаган ва номи қидирилаётган функция номидан, координаталари берилган бошланғич шартлардан иборат вектор (оддий дифференциал тенгламалар системасини ечишда унинг берилиши шарт); x– эркли ўзгарувчи; b - интеграллаш оралиғининг охирги қиймати

Odesolve функцияси Given калит сўз билан биргаликда ишлатилади (Given –берилган, берилган маълумотлар маъноларини билдиради). Амалиётда Given ва Odesolve жуфтлик оралиғига берилган дифференциал тенглама ёки уларни системаси ва берилган бошланғич шартлар ёзилади (тенглик белгисини ёзишда мантиқий амал белгилари панелидаги тенглик белгисидан ёки [Ctrl ++] буйруқдан фойдаланилади). Тенглама ва бошланғич шартлар таркибига кирувчи катталикларнинг қийматлари Given калит сўздан аввал сонли тенглик белгиси (: =) ёрдамида киритилади.

n – тартибли дифференциал тенглама учун Коши масаласининг Given – Odesolve жуфтлиги ёрдамида ечиш алгоритми умумий ҳолда қуйидаги кўринишда ёзилиши мумкин:

$$x_0 := a$$

$$\textit{Given} \quad F(x, y, y', y'', \ldots, y^{(n)}) = 0$$

$$y(x_0) = y_0 \qquad y''(x_0) = y_0' \quad \ldots \quad y_{(x_0)}^{(n-1)} = y_0^{(n-1)}$$

$$y := \textit{Odesolve}\ (x, b)$$

п та биринчи тартибли дифференциал тенгламалар системаси учун Коши масаласини ечиш алгоритми қуйидаги амаллар кетма-кетлигидан иборат бўлади:

$$x_0 := a$$

$$\textit{Given}\ Y'(x) = F(x, y)$$

$$Y(x_0) = Y_0$$

$$Y := \textit{Odesolve}\ (Y_0, x, b)$$

Ҳосила белгисини кўрсатиш учун клавиатуранинг чап томонидаги иккинчи қаторнинг биринчи тугмасидан (' белгисидан) ёки ҳисоблаш панелидаги $\frac{d}{dx}$ ва $\frac{d^n}{dx^n}$ операторларнинг биридан фойдаланиш ёки бу операторларга мос **[Shift+/]** ва $[Ctrl + Shift + /]$ буйруқлардан бирини клавиатура ёрдамида киритиш кифоя.

Odesolve функцияси ёрдамида берилган иккинчи тартибли ўзгармас коэффициентли бир жинсли бўлмаган дифференциал тенглама учун Коши масаласини берилган оралиқда ечиш:

$$y'' + 4\cdot y = (6x+5)\cdot e^{-2x},\ \ y(0)=0,\quad y'(0)=0.75,\quad x\in[0;\,6]$$

$$y_{aniq}(x) = -\cos 2x + \sin 2x + \left(\frac{3x}{4}+1\right)\cdot e^{-2x},$$

Ечиш:* *Given – Odesolve жуфтлиги ёрдамида ечиш алгоритми:

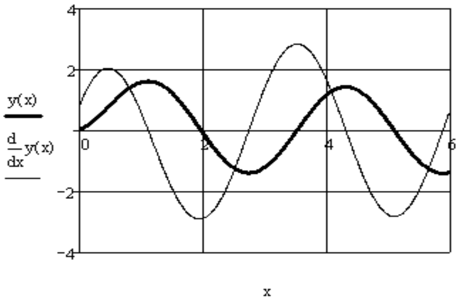
$$\boldsymbol{a:=0 \quad b:=6}$$

$$\boldsymbol{Given \quad \frac{d^2}{dx^2}y(x)+4\cdot y(x)=(6\cdot x+5)\cdot e^{-2\cdot x}}$$

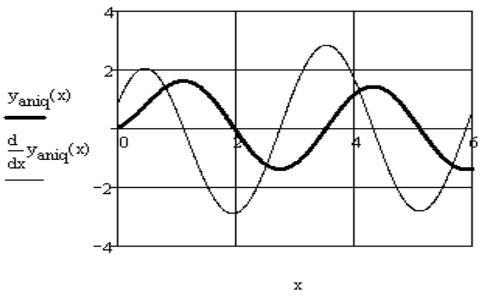
$$\boldsymbol{y(a)=0 \quad y'(a)=0.75}$$

$$\boldsymbol{y:=Odesolve\,(x,b)}$$

Олинган сонли (тақрибий) ечим ва берилган аналитик (аниқ) ечимларнинг графиклари берилган (1.3.1, 1.3.2 – расмлар).



1.3.1 – расм.



1.3.2 – расм.

Энди, юқорида санаб ўтилган, замонавий дастурлаш тилларидан бири, Delphi ва унинг имкониятларига оид айрим назарий маълумотлар билан танишиб чиқамиз.

Delphiни ишга туширгандан кейин уни экран кўриниши ҳосил бўлиб, у унчалик оддий эмас. (1.3.3-расм). Экранда тўртта ойна мавжуд ва улар қуйидагилардир: Delphi 7 – бош ойнаси, Form1 – форма ойнаси, Object Inspector – объект инспектори ойнаси ва Unit1.pas–кодларини таҳрирлаш ойнаси экранни деярли тўлдириб туради[27,28].

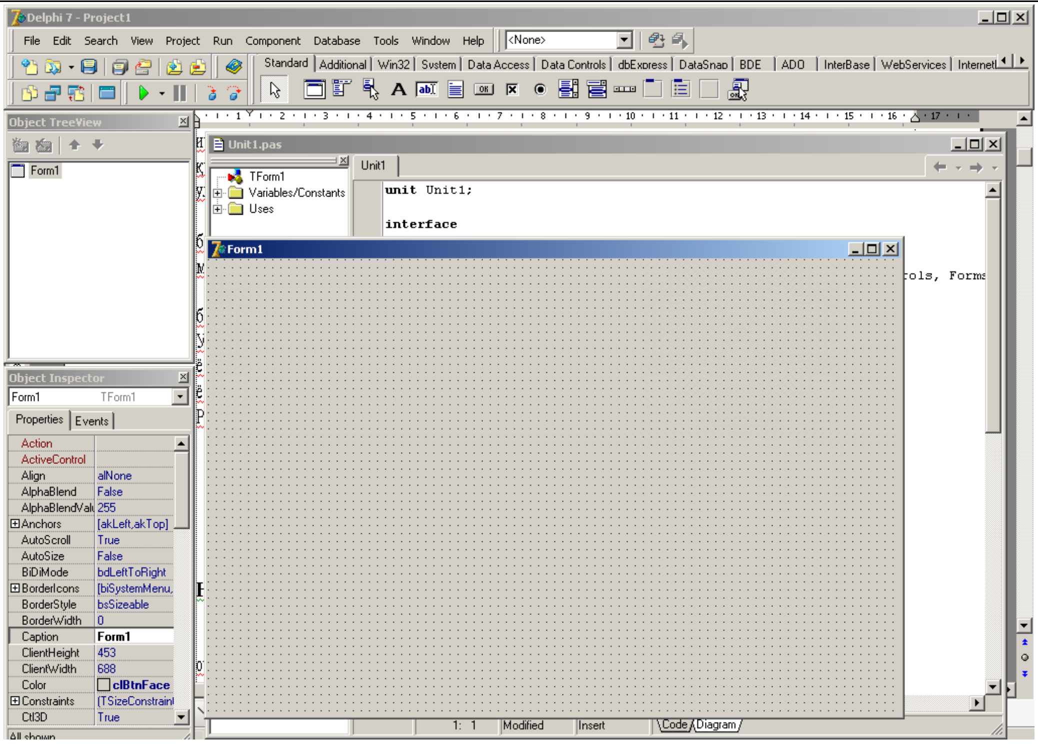
Дастур коди

Дастур коди форма орқасига яширинган бўлиб, у уерга дастур матнлари киритилади. У ойнага F12 ёки Ctrl+F12 тугмалари ёрдамида ўтиш мумкин. Delphi кодлар муҳитида дастур буйруқларини киритиш ва уларни қайта ишлаш мумкин. Шуни ҳам таъкидлаш лозимки, Delphi кодлар муҳити автоматик тарзда Object Pascal дастурлаш тилидаги калит сўзларни (begin, and, procedure, const, var ва бош.) қалин ҳарфлар билан белгилайди.

Маьлумот ёзилган сатр(дастур изоҳи)ни белгилаш учун фигурали қавслардан фойдаланилади. Қавс очилса ундан кейин турган кодлар кўриниши ўзгаради. Керакли жойда қавс беркитилса, кўриниши ўзгарган кодлар фақат қавс оралиғидагина қолади ва дастур ишлаш жараёнида шу оралиқ ишлатилмайди.

Delphi кодлар муҳитининг имкониятларидан яна бири шуки, у уерга бирор функцияни масалан: «StrToFloat»ни ёзиб, қавс очсак, сатр остида кичик ойна ҳосил бўлади. Бу ойнада қавс ичидаги ўзгарувчи типи кўрсатилган бўлади, ёки бирор операторни масалан: Label1 ни ёзиб нуқта қўйилса сатр остида нуқтадан кейинги ёзиш мумкин бўлган операторлар рўйҳати чиқади ва улардан кераклигини танлаб қўйишимиз мумкин.

Кодлар ойнасида бирор оператор устига курсорни олиб бориб Ctrl+F1 тугмалари тенг босилса, шу оператор ҳақидаги ёрдам ойнаси ҳосил бўлади. У ердан керакли ахборотни олиш мумкин. Агар курсорни бўш жойга олиб келиб F1 босилса, умумий ёрдам маълумотлари чиқади.



```
unit Unit1;

interface
```

Form1	TForm1
Action	
ActiveControl	
Align	alNone
AlphaBlend	False
AlphaBlendValu	255
⊞Anchors	[akLeft,akTop]
AutoScroll	True
AutoSize	False
BiDiMode	bdLeftToRight
⊞BorderIcons	[biSystemMenu,
BorderStyle	bsSizeable
BorderWidth	0
Caption	Form1
ClientHeight	453
ClientWidth	688
Color	☐ clBtnFace
⊞Constraints	(TSizeConstraint
Ctl3D	True

1.3.3-расм. Delphi ишчи ойнасининг кўриниши.

Буйруқлар менюси

Delphi нинг меню сатридан қуйидагилар жой олган:

File, Edit, Search, View, Project, Run, Component, Database, Tools, Help. Буларнинг барчасида ост менюлар мавжуддир.

File нинг ост менюсида бир неча буйруқлар бўлиб улар ёрдамида янги проект, формаларни очиш ва уларни сақлаш мумкин. Шу билан биргаликда очилган проектни ёпиш, Delphi дан чиқиш ва шуларга ўхшаш файллар билан ишлаш имкониятлари бор.

Edit менюси ост менюдан фойдаланиб кодларни таҳрирлаш, умуман кодлар устида турли хил амалларни бажариш мумкин.

View ёрдамида эса Delphi ишчи муҳити кўринишини ўзгартириш мумкин.

Run менюси ёрдамида дастурни ишга туширишни турли йўллари амалга оширилади.

Database менюсида маълумотлар базасини ташкил қилиш мумкин.

Help менюси эса Delphi ва унда дастурлаш ҳақидаги барча маълумотларни олиш имкониятини яратади.

Буйруқлар тугмачаси

Буйруқлар тугмачаси ёрдамида янги формалар яратиш, мавжуд файлни очиш, дастурни сақлаш, янги форма яратиш ва шунга ўхшаш амаллар тез бажарилади.

Компонентлар палитраси

Бу ерда стандарт ёки дастурчилар томонидан яратилган компонентлар мавжуд бўлиб, улардан тез ва сифатли дастурлар яратишда фойдаланилади.

Object Inspector ойнаси

Object Inspector ойнаси қуйидаги объектларнинг ҳолатини ўзгартиради: формалар, буйруқлар тугмачаси, кодлар майдони ва бошқалар.

Дастур формаси

Дастур тузишда ишлатиладиган барча компонентлар дастур формасига жойланади ва ана шу ердан уларга ўзгартириш киритилиши мумкин. Дастур ишга туширилгандан сўнг, барча амаллар дастур формаси ёрдамида бажарилади.

Дастурлаш тилининг буйруқлари кўринишида келтирилган алгоритм дастур коди деб юритилади. У инсонлар учун тушунарли, аммо компютер процессорига тушунарсиз бўлган буйруқлардан ташкил топган. Процессор дастур кодида кўрсатилган буйруқларга мос равишда иш бажариши учун дастур кодини машина тилига айлантириш керак бўлади. Бу ишни махсус дастур - КОМПИЛЯТОР амалга оширади. Компиляторнинг ишлаш схемаси 1.3.4-расмда келтирилган. У иккита вазифани кетма-кет бажаради.

1. Дастур матнидан синтактик хатоларни қидиради
2. Машина кодидаги дастурнинг бажарилувчи файли (.exe) ни яратади.

1.3.4 -расм

Математик функциялар

Математик функциялар турли хилдаги ҳисоблашлар (1.3.1-жадвал) бажаришни таъминлайди

1.3.1-жадвал

Функция	Маъноси
Abs (n)	n нинг абсолют қияти
Sqrt (n)	N нинг квадрат илдизи
Sqr (n)	N нинг квадрати
Sin (n)	N нинг синуси
Cos (n)	N нинг косинуси
Arctan (n)	N нинг арктангенси

Exr(n)	N нинг экспоненсиал қиймати
Ln(n)	N нинг натурал логарифми
Rardom(n)	0 дан n - 1 гача бўлган тасодифий қиймат

Процедура ва функциялар

Delphiда дастурлашда дастурчининг иши асосан ҳодисаларни қайта ишлаш процедураларини (қисм дастур) яратиш билан белгиланади. Ҳодиса содир бўганда шу ҳодисани қайта ишлаш процедураси автоматик тарзда ишлайди. қайта ишлаш процедурасини чақиришни Delphi ўз зиммасига олади. Шундай қилиб Delphi тилидаги программа қисм дастурлар йиғиндисидан ташкил топади. қисм дастурлар процедура ва функцияларга бўлинади. Процедура каби функция ҳам бир қатор ишларни бажариш учун мўлжалланган буйруқлар кетма-кетлигидан ташкил топади. қисм дастурдаги буйруқлар бажарилиши учун ушбу қисм дастур чақирилиши керак.

Процедуранинг тузилиши

Процедура сарлавхадан бошланади ва ундан кейин қуйидаги бўлимлар бўлиши мумкин:

- константаларни эълон қилиш бўлими;
- типларни эълон қилиш бўлими;
- ўзгарувчиларни эълон қилиш бўлими;
- буйруқлар бўлими.

Процедуранинг умумий кўриниши қуйидагича:

```
procedure Nomi (параметрлар рўйҳати);
const
// константаларни эълон қилиш бўлими
type
// типларни эълон қилиш бўлими
var
// ўзгарувчиларни эълон қилиш бўлими
begin
```

```
// буйруқлар бўлими
end;
```

Константаларни эълон қилиш бўлимидан кейин type сўзи билан бошланувчи типларни эълон қилиш бўлими келади.

Функция структураси

Функция сарлавҳа билан бошланади, ўз навбатида кейинги ўринларда константаларни, типларни ва ўзгарувчиларни эълон қилиш келади. Охирида эса функциянинг тана қисми жойлашади.

Функцияни эълон қилишнинг умумий кўриниши қуйидагича кўринишга эга:

```
function Исм(параметрлар рўйхати): тип;
    const // константаларни эълон қилиш бўлими
    type // типларни эълон қилиш бўлими
    var // ўзгарувчиларни эълон қилиш бўлими
    begin // функциянинг тана қисмини бошланиши
    result:= қиймат; // функция номи билан боғланиш
end;
```

2 – БОБ. ДИФФЕРЕНЦИАЛ ТЕНГЛАМАЛАР ВА УЛАРНИ ЕЧИШ УСУЛЛАРИ

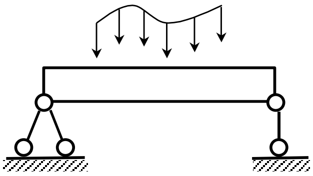
2.1. Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системаси ва улар орқали ифодаланадиган чегаравий масалалар

Маълумки, қаттиқ жисмлар механикасининг кўпгина масалалари хусусан эластиклик назариясининг баъзи бир масалалари иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига боғлиқ чегаравий масалаларга келтирилади[7,8,9,15,23].

Бугунги кунда иншоотлар қуриш лойиҳаларининг муттасил мураккаблашиб бориши, янги конструктив ечимларнинг лойиҳалардан ўрин олиши, сейсмик актив жойларда бинолар мустаҳкамлигига қўйиладиган талабларнинг ортиши лойиҳа кўрсаткичларини чуқур асослаш заруриятини келтириб чиқаради. Бундай қурилиш масалалари билан бир қаторда сув таъминоти ва канализация, иссиқлик таъминоти, коммунал хўжалиги ва бошқа бир қатор муаммоларни ҳал қилиш учун тегишли амалий масалаларни ечиш керак бўлади.

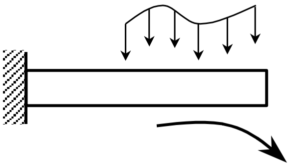
Юқоридаги турли соҳаларга тегишли масалаларни ечишда конструкция элементлари (фазовий стержен) нинг қуйидаги бир неча чегаравий масалаларини кўриш мумкин.

1) Икки четидан шарнирли маҳкамланган, эластик тўсиннинг юқоридан берилувчи куч таъсирида эгилиши

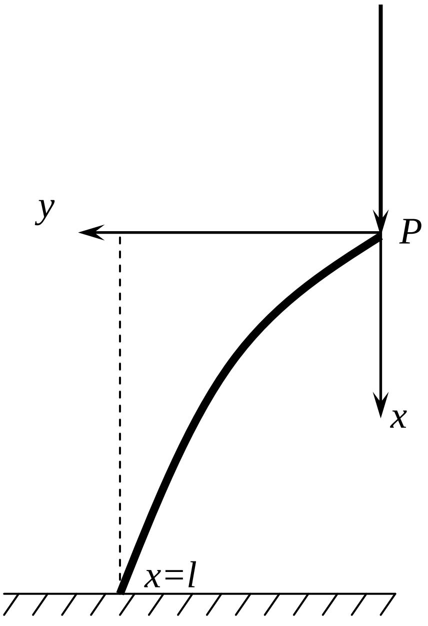


(бунда четки a,b нуқталар учун фазовий стерженнинг XOY текислик бўйича W - эгилиши нолга тенг бўлади.)

2) Бир учидан маҳкамланган эластик тўсиннинг ташқаридан берилувчи куч таъсирида эгилиши.



(бунда эса четки a,b нуқталар учун u(a)=0, u’(b)=0 шартлар қўйилади.) Бу куч таъсирида таёқча бўйламасиги эгилади. Куч миқдори маълум даражагача етгунча Таёқчанинг тикка ҳолати сақланади, кейин эса у эгилади. Таёқчанинг тикка ҳолати унинг мувозанати ҳолати бўлиб, P куч ортиши билан у ўз турғунлигини йўқотади. Таёқчанинг тикка ўқдан четлашини y(x) деб белгилаймиз (2.1.1 – расм). Координаталар боши таёқчанинг юқори нуқтасида – унга юк қуйилган нуқтада жойлашган. Таёқчанинг тик ўқдан четланиши y(x) ни кичик миқдор деб қараб, эластиклик чизиғи тенгламасини ёзамиз:



2.1.1-Расм

$$M = Py = -EJy'' = -\alpha y'' \;, \qquad (2.1.1)$$

Бу ерда M - эгувчи момент, $\alpha = EJ$ – қаттиқлик коэффециенти.

(2.1.1) тенгликдан қуйидаги дифференциал тенгламани ҳосил қиламиз.

$$y'' = -\frac{p}{\alpha(x)} y \qquad (2.1.2)$$

(2.1.2) дифференциал тенгламани келтириб чиқаришда таёқчанинг P юк таъсирида бўйламасига қисқариши ҳисобга олинмаган.

Дифференциал тенгламанинг ягона ечими топиш учун қўшимча шартлар берилиши керак. Қўшимча шартлар масаланинг физик моҳиятидан келтириб чиқарилади: x=0 да таёқча тик ўқнинг устида бўлади, яъни

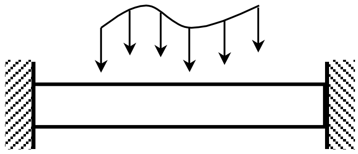
$$y(0)=0 \qquad (2.1.3)$$

бундан ташқари таёқчанинг қистириб (маҳкамлаб) қуйилаган учи эгилмайди:

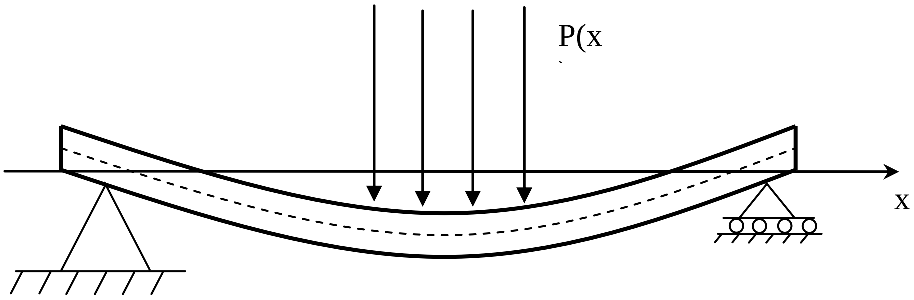
$$y^{'}(b)=0 \qquad (2.1.4)$$

(2.1.2) тенгламадаги y функция битта x ўзгарувчига боғлиқ бўлгани учун оддий дифференциал тенгламадир. Иккита (2.1.3), (2.1.4) қўшимча шартлар билан унинг ечими аниқланади.

3) Икки учи маҳкамланган тўсиннинг юқоридан берилувчи куч таъсирида эгилиши (бунда $u(a)=0$, $u(b)=0$ шартлар қўйилади.



4) Бир учи қўзғалмас шарнирли, иккинчи учи эса, қўзғалувчан шарнирли:



2.1.2 - расм

Бир жинсли тўсиннинг эластиклик чизиғи қуйидаги тенгламани қаноатлантиради:

$$EJ\frac{y^{''}}{[1+(y^{'})^{2}]^{\frac{3}{2}}}=M(x), \qquad (2.1.5)$$

$M(x)$-эгилувчи момент, $y(x)$-эластик чизиқнинг горизонтал ўқдан четланиши.

Тўсинга таъсир қилувчи кучларнинг жадаллиги

$$p(x) = \frac{d^2M}{dx^2} \qquad (2.1.6)$$

миқдор билан аниқланади.

Одатда юклар таъсирида тўсинларнинг эгилиши уларнинг узунлигига нисбатан анча кам бўлади. Шунинг учун y' ҳосила кичик миқдор деб қаралиб (y'' эса ундан ҳам кичик бўлади), (2.1.5) тенгламадан ташлаб юборилса,

$$EJy'' = M(x) \qquad (2.1.7)$$

тенгламаларга эга бўламиз.

Бу конструкция элементларининг эгилиш, сиқилиш ва буралиш ҳолатларига чидамлилигини текшириш ва улардан амалий иншоотларни қуришда фойдаланиш учун уларнинг математик моделларини қуриш лозим бўлади. Мазкур чегаравий масалаларнинг математик модели кўпроқ қуйидаги кўринишдаги иккинчи тартибли, ўзгарувчан коэффициентли оддий дифференциал тенгламалар орқали ифодаланади, яъни:

$$y''(x) + p(x)y'(x) + q(x)y(x) = f(x) \qquad (2.1.8)$$

дифференциал тенгламанинг ечимларига [a, b] оралиқнинг четки a ва b нуқталарида

$$\begin{matrix} m_0 y(a) + m_1 y'(a) = m_2 \\ g_0 y(b) + g_1 y'(b) = g_2 \end{matrix} \qquad (2.1.9)$$

чегаравий шартлар берилган бўлсин, мазкур тенглама ва чегаравий шартларни қаноатлантирувчи $y = y(x)$ функция дифференциал тенгламанинг хусусий ечими дейилади.

Қўйилган чегаравий масаланинг турғун ечимини олиш учун бу ўзгармаслар қуйидаги шартларни қаноатлантириши лозим:

$$|m_0| + |m_1| \neq 0; \qquad |g_0| + |g_1| \neq 0 \tag{2.1.10}$$

Айрим пайтларда ечилиши лозим бўлган масалаларнинг математик моделлари тўртинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар орқали ҳам ифодаланиши мумкин.

Амалда кўпинча тўртинчи тартибли дифференциал тенгламаларнинг қуйидаги кўриниши учрайди:

$$y^{IV}(x) = k \cdot f(x) \tag{2.1.11}$$

бу ерда k қиймати аниқ берилувчи коэффициент ҳисобланади. Бу дифференциал тенглама учун қуйидаги белгилашларни киритиб, уни иккинчи тартибли дифференциал тенгламалар системасига келтириш мумкин.

$y(x)$ номаълум функцияни $y_1(x)$ функция орқали белгилаб олиб, қуйидаги алмаштиришлар қиламиз, яъни:

$$\begin{cases} y_1''(x) = y_2(x) \\ y_2''(x) = f(x) \end{cases} \tag{2.1.12}$$

Шундай қилиб, (2.1.11) дифференциал тенламанинг ўрнига иккита иккинчи тартибли дифференциал тенгламалар системасини ҳосил қиламиз. Шунинг учун биз асосан иккинчи тартибли дифференциал тенгламалар системасининг мавжуд чегаравий шартларни қаноатлантирувчи ечимларини топишни яъни фазовий стержен мисолида турли чегаравий масалаларни ечишни ўрганамиз.

2.2. Чекли айирмалар усули. Аппроксимация, турғунлик ва яқинлашиш

Аввал таъкидлаб ўтганимиздек, иккинчи тартибли дифференциал тенгламаларда хусусий ечимни ажратиб олиш учун иккита қўшимча шарт, яъни чегаравий шартлар берилган бўлиши лозим. Бундан буён қулайлик учун иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига келтириладиган масалани чегаравий масала деб юритамиз.

Чегаравий масалаларни ечиш усулларини қуйидаги гуруҳларга бўлиш мумкин:

1. аналитик усуллар
2. сонли-тақрибий усуллар
3. тақрибий-аналитик усуллар.

1. Аналитик усуллар билан олий математика курсида танишганмиз. Унда чизиқли, бир жинсли бўлмаган дифференциал тенгламанинг умумий ечими бу тенгламанинг хусусий ечими ва мос бир жинсли тенгламанинг умумий ечими йиғиндисидан иборатдир. Чизиқли бир жинсли тенгламаларнинг умумий ечимини топиш учун эса унинг хусусий ечимлари фундаментал системасини топиш керак бўлади. Хусусий ечимларни дифференциал тенгламаларга мос характеристик тенгламалар ёрдамида топилади. Юқоридаги барча бажариладиган амаллар дифференциал тенгламанинг кўриниши жуда содда бўлгандагина бирор бир натижа бериши мумкин.

Демак, аналитик усуллар билан барча иккинчи тартибли дифференциал тенгламаларни ечиш имкони деярли йўқ.

2. Сонли-тақрибий усуллар.

Сонли-тақрибий усулларда ечим сонлар ёки сонлар жадвали кўринишида олинади.

Албатта, бунда дифференциал тенгламалар олдин дискрет тенгламалар билан алмаштириб олинади. Сонли усулларнинг имкониятлари бошқа тақрибий усулларга қараганда анча кенгдир.

3. Тақрибий-аналитик усуллар.

Бу усулда дифференциал тенглама ва қўшимча шартлар у ёки бу даражада соддалаштирилиб, масала осонроқ масалага келтирилади. Тақрибий-аналитик усулларга Галёркин усули, энг кичик квадратлар усули, коллокация усули, Ритц ва бошқалар киради [14,19].

Сонли усуллар ичида энг кўп ишлатиладигани чекли айирмалар, чекли элементлар каби усуллардир. Ушбу усуллардан, чекли айирмалар усули ва унинг умумий схемасини кўриб ўтайлик.

Тенгламада қатнашувчи функция икки ёки учта аргументга боғлиқ бўлса, унинг аниқланиш соҳаси текисликда ёки фазода бўлади. Бу соҳани G деб белгилайлик, унинг чегараси эса Г бўлсин.

Чекли айирмалар усулида авваламбор G соҳа нуқталар (G-бир ўлчамли бўлганда), чизиқлар (G-икки ўлчамли) ва сиртлар (G-уч ўлчамли) ёрдамида бўлакларга бўлинади. Бўлиниш нуқталари тугун ва улардан ташкил топган тўпламга эса тўр деб аталади. G соҳанинг ичида ётган тугун нуқталарга *ички тугун нуқталар* ва Г чегаранинг чизиқлар ёки сиртлар билан кесишган нуқталарига эса чегаравий нуқталар деймиз. Барча ички тугун нуқталардан иборат тўпламга *тўр соҳа* дейилади [13,18].

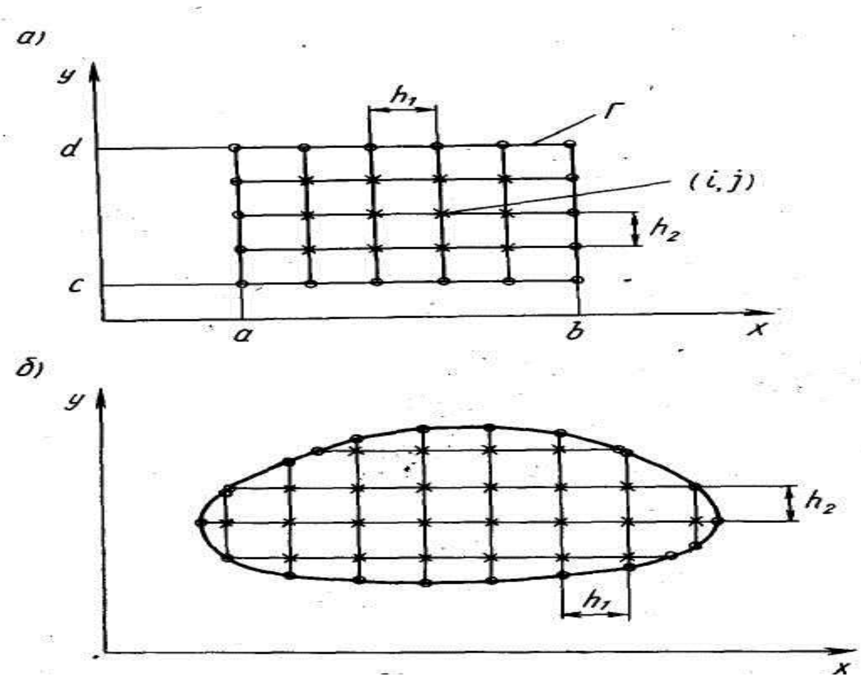
Тўр соҳада тўр функцияси деб аталувчи функцияларни қараймиз. Улар G-соҳада аниқланган функциялар узлуксиз қийматларининг ўрнида қаралувчи дискрет функциялардан иборат бўлади. Масалан, текисликда тўғри тўртбурчак ёки ихтиёрий шаклдаги текис соҳа G берилган бўлсин (2.2.1-а,б-расм). Вертикал ва горизонтал тўғри чизиқлар ёрдамида G соҳани бўлакларга бўламиз. Бўлиниш қадамлари иккала, яъни x ва y йўналишлар бўйича умумий ҳолда ҳар хил қилиб олиниши мумкин. Расмда x йўналиши бўйича h_1, y йўналиш бўйича эса h_2 қадам кўрсатилган. Ички тугун нуқталар

«×» белги билан кўрсатилган бўлиб, уларнинг тўплами G_h дискрет соҳани, чегаравий нуқталар эса Γ_h дискрет чегарани ташкил қилади. Ички тугун нуқталарининг координаталари

$$x_i = a + ih_1 \quad i = 0,1,2,...,I, \quad x_0 = a, \quad x_1 = b,$$

$$y_i = c + jh_2, \quad j = 0,1,2,...,J, \quad y_0 = c, \quad y_1 = d$$

бўлади (1-а,б-расм). Ихтиёрий тугун нуқтасининг, масалан (i, j) нинг координаталари(x_i, y_i) бўлади. G соҳада аниқланган $u(x, y)$ узлуксиз функциянинг ўрнига дискрет $u_i^j = u(x_i, y_i)$ функция қаралади.



2.2.1-расм.

Бошқа ўлчамли соҳаларда ҳам тўр худди юқоридаги каби тузилади. Энг содда ҳолда, яъни бир ўлчамли фазо тўғри чизиқдаги кесмада тўр кесмани бўлакларга бўлиш орқали тузилади. Масалан, [a, b] кесмада $x_i = a + ih,$ $i = 1,2,...,n$ $x_0 = q$ ${}_n x=$ тугун нуқталари ёрдамида текис тўр тузилиши мумкин. Қадам узунлиги h ҳар хил бўлса, нотекис тўр ҳосил бўлади. Бу ҳолда бўлиниш нуқталари x_i бир-биридан ҳар хил узоқликда жойлашиб,

$h_i = x_i - x_{i-1}$ қадам узунлиги бўлиниш нуқтасининг i номерига боғлиқ бўлади. Барча қадам узунликлари йигиндиси кесма узунлигига тенг бўлиши керак, яъни

$$\sum_{i=1}^{n} h_i = b - a$$

Уч ўлчовли фазода берилган соҳада тўр тўгри бурчакли паралеллипипедлар ёрдамида тузилади.

Юқорида кўрилган тўрлар тўгри бурчакли тўрлар бўлиб сонли усулларда улар кенг ишлатилади. Лекин айрим схемаларда тўгри тўртбурчаклар ва тўгри бурчакли параллелепипедлар ўрнига учбурчакли ёки бошқа геометрик шаклларга мос келувчи тўрлар ишлатилади [12].

Чекли айирмали схемалар тузиш учун оддий дифференциал тенгламалардаги каби хусусий ҳосилалар чекли айирмалар билан алмаштирилади. Бунда хусусий ҳосилалар учун ҳар хил чекли айирмаларни қараш мумкин. Ҳосилаларни алмаштиришда чекли айирмаларда ишлатилувчи тугун нуқталар мажмуасига *шаблон* дейилади. Бир хил ҳосилалар учун бир неча хил шаблон асосида чекли айирмалар тузиш мумкин. Шундай қилиб, дифференциал тенглама берилган бошлангич ва чегаравий шартларда (дифференциал масала) чекли айирмали масалага келтирилади. Дифференциал масала ўрнига чекли айирмалар усули билан ҳосил қилинадиган чизиқли алгебраик тенгламалар системасини ечиш анча осондир. Лекин, чекли айирмалар усули берилган дифференциал масалани ҳамма вақт ҳам етарли сифатларга эга бўлган ечимини топиш имкониятини беравермайди. Улар маълум шартларни қаноатлантиргандагина дискрет ечим яроқли бўлиши мумкин. Акс ҳолда эса бутунлай яроқсиз ечим олинади. Шу шартларга тўхталиб ўтамиз.

Авваламбор, дифференциал тенгламалар учун қўйилган масалани оператор кўринишида ёзиб оламиз. Масалан,

$$L\upsilon(x,t) = f(x,t), (x,t) \ni G + \varGamma \qquad (2.2.1)$$

Бу тенгламада L оператор ҳам тенгламани, ҳам қўшимча шартларни ўз ичига олади.

Чекли айирмалар усулини (2.2.1) тенгламага қўллаганда $G+\Gamma$ соҳадан $G_h+\Gamma_h$ соҳага ўтилиб, $\upsilon(x,t)$ функция ўрнига тўр функциясига нисбатан дискрет масала олинади. $G_h+\Gamma_h$ соҳа x ва t ўзгарувчилар бўйича h ва τ қадам билан $G+\Gamma$ соҳани бўлиш натижасида топилади. Агар τ қадам h қадамга пропорционал қилиб олинса, масалан $\tau=rh$, $r=const$ тўр функцияси битта h қадамга боғлиқ функция деб қаралиши мумкин. Энди дискрет масалани

$$L_h u_h = f_h, \quad (x_i,t_j) \ni (G_h+\Gamma_h) \qquad (2.2.2)$$

кўринишда ёзишимиз мумкин. Бунда u_h оператори L операторга мос келувчи дискрет оператордир.

(2.2.2) масаладаги u_h (ёки u_i^j) тўр функцияси (2.2.1) масаладаги $\upsilon(x,t)$ функциянинг (x_i,t_j) нуқтадаги

$$\upsilon_i^j=\upsilon(x_i,t_j)$$

қийматидан фарқ қилади. Бу фарқ (2.2.1) тенгламани (2.2.2) чекли айирмали тенглама билан алмаштиргандаги ечим хатолигидан иборатдир. Уни биз

$$\delta u_i^j = u_i^j-\upsilon_i^j$$

деб қарашимиз мумкин ёки бошқача белгилашларда:

$$\delta u_h = u_h-\upsilon_h.$$

Демак, чекли айирмали ечим $u_h=\upsilon_h+\delta u_h$ бўлади. Буни (2.2.1) тенгламага қўйсак,

$$L_h\delta u_h = f_h - L_h\upsilon_h \qquad (2.2.3)$$

ни ҳосил қиламиз.

$$R_h = f - L_h\upsilon_h$$

қийматга чекли айирмали схеманинг *тафовути* (аппроксимация хатолиги) дейилади. Кўриниб турибдики, ҳар ҳил тугун нуқталарда тафовут бир-биридан фарқ қилади.

Тўр соҳада тафовутлар учун

$$R = max\,|R_h| \qquad (x_i, t_j) \ni (G_h + \Gamma_h) \tag{2.2.4}$$

қийматни аниқлаймиз.

Агар $\lim\limits_{h\to\infty} R = 0$ бўлса, (2.2.2) чекли айирмали схема (2.2.1) дифференциал масалани аппроксимациялайди дейилади.

Агар $R = 0(h^k)$ бўлса, аппроксимация h га нисбатан k тартибли дейилади. Умумий ҳолда, h ва τ қадамларни бир бирига пропорционал деб қаралмаганда, $R = 0(h^k + \tau^m)$ бўлса, аппроксимация h га нисбатан k тартибли ва τ га нисбатан m тартибли бўлади.

Агар h ва τ қадамларнинг нолга интилиш қонуниятига боғлиқсиз равишда максимал тафовут R нолга интилса, аппроксимация шартсиз ёки мутлақ аппроксимация дейилади. Акс ҳолда у шартли аппроксимация дейилади.

Дифференциал масалада дифференциал тенгламадаги $f(x,t)$ функция, бошланғич ва чегаравий шартлардаги берилган функциялар чекли айирмали масалага ўтилганда тақрибий, тугун нуқталарда аниқланган функциялар билан алмаштирилади. Буларнинг ҳаммасини битта атама билан бошлангич қийматлар дейлик. Агар чекли айирмали схемаларда ечим бошлангич қийматлар-га узлуксиз боғлиқ бўлса, бундай схемаларга турғун схемалар дейилади. Бошқача қилиб айтганда, бош-ланғич қийматларнинг озгина ўзгаришига ечимнинг ҳам шу даражада оз ўзгариши мос келса, чекли айирмали схема турғун дейилади. Акс ҳолда схемалар турғун эмас (нотурғун) дейилади. Турғун схемаларда бошланғич қийматларда йўл қўйилган хато-ликлар ҳисоблаш жараёнида камайиб (ёки ҳеч бўлмаганда ошмасдан) боради. Амалда масалаларни ечишда тургун схемалар ишлатилади. Чунки нотурғун схемаларда бошланғич қийматларнинг хатоликлари яроқсиз ечим олишга сабаб бўлади. Бундан ташқари, ЭҲМларда сонларнинг тақрибий тасвирланиши натижасида ҳосил бўладиган хатоликлар, яхлитлаш хатоликлари нотурғун схемаларда жамланиб бориб ечимни кескин ўзгартириб юбориши мумкин.

Агар чекли айирмали схеманинг ечими мавжуд, барча бошлангич қийматларда ягона ва унинг ўзи турғун бўлса, бундай схемаларга коррект (тўгри тузилган) схемалар дейилади.

Тўр ечим хатолиги ҳар бир тугун нуқтада турлича бўлади. Бу хатоликларнинг максимал қиймати

$$\delta u = \max_{i,j}\left|\delta u_i^j\right| = \max_{i,j}\left|u_i^j - \upsilon_i^j\right|$$

уларнинг барчасини баҳоловчи микдор сифатида қаралади.

Агар тўр қадам узунлиги нолга интилганда ечим хатолиги нолга интилса, яъни

$$\lim_{h\to 0}\delta u = 0 \qquad (2.2.5)$$

бўлса, чекли айирмали схема яқинлашуви дейилади.

Бунда, агар $\delta u \le Mh^k, \quad M = const > 0$ бўлса, чекли айирмали схема k тартибли аниқликка эга дейилади ёки у $0(h^k)$ аниқлик билан яқинлашади дейилади. h ва τ қадамларнинг бир-бирига пропорционаллик шартини назарга олмасак ва $\delta u \le M(h^k + \tau^m)$ бўлса, чекли айирмали схема $0(h^k + \tau^m)$ тезлик билан яқинлашади ёки h бўйича k-тартибли, τ бўйича m-тартибли аниқликка эга дейилади [12].

Аппроксимация турғунлик ва яқинлашиш шартларини нормалар воситасида ҳам ёзишимиз мумкин.

Агар $h \to 0$ бўлганда

$$\|R_h\| \to 0 \qquad (2.2.6)$$

бўлса, (2.2.2) чекли айирмали схема (2.2.1) масалани аппроксимациялайди ва агар $h \to 0$ бўлганда

$$\|R_h\| \to 0(h^p) \qquad (2.2.7)$$

бўлса, аппроксимация p тартибга эга дейилади.

(2.2.6) ва (2.2.7) шартларда тўр нормаси ишлатилган.

Тўр нормалари ҳам ҳар хил усулда киритилиши мумкин. Масалан, u_h тўр функцияси учун норма

$$\|u\|_c = \max\left|u_i^j,\right|$$

$$\|u\|_{L_2} = \left[\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}((u_i^j)^2 h\tau)\right]^{1/2}$$

кўринишларда киритилиши мумкин. Биринчи норма Чебишев нормасининг, иккинчи норма эса Ҳилберт фазосида киритилган нормаларнинг дискрет шаклидир.

(2.2.1) масаланинг бошланғич қийматларини, $f(x,t)$ ва ечимини Ҳилберт фазосида қарайлик. (2.2.2) масала эса L_2 дискрет Ҳилберт фазосида қаралади.

Агар u_h ечим h га нисбатан текис f_h тўр функцияга узлуксиз боғлиқ бўлса, яъни етарлича кичик $h \le h_0$ учун шундай М>0 сон мавжуд бўлиб,

$$\|u_h' - u_h''\|_{L_9} \le M \, \| f_h' - f_h''\|_{L_9} \qquad (2.1.8)$$

шарт бажарилса, (2.2.2) чекли айирмали схема турғун дейилади. Бу шартни бошқача тўр нормалари билан ҳам беришимиз мумкин. Худди шунингдек, яқинлашиш тушунчасини ҳам нормалар воситасида таърифлашимиз мумкин. Агар $h \to 0$ бўлганда $\|u_h - \upsilon_h\| \to 0$ бўлса, (2.2.2) чекли айирмали масаланинг u_h ечими (2.2.1) масаланинг υ_h ечимига яқинлашади дейилади. Агар

$$\|u_h - \upsilon_h\| \le Mh^k$$

бўлса (бунда М>0 ва h га боглиқ эмас), (2.2.2) чекли айирмали схеманинг ечими (2.2.1) масаланинг ечимига $0(h^k)$ тезлик билан яқинлашади ёки k тартибли аниқликка эга дейилади.

Чекли айирмали схемалар назариясида дастлабки дифференциал масалани чекли айирмали масала билан аппроксимациялаш ва чекли айирмали схемалар турғунлигини текширишнинг турли усуллари қаралади.

Жумладан, чекли айирмали схемаларнинг турғунлигини текшириш учун максимум принципи, ўзгарувчиларни ажратиш, оператор тенгсизликлар ва ш. к. усуллар ишлатилади. Аппроксимация ва турғунлик шартларини текшириш чекли айирмали схема ечимининг яқинлашишини текширишга нисбатан бирмунча осонроқ. Шунинг учун сонли ечимнинг яқинлашишини, одатда, аппроксимация ва турғунлик шартларидан фойдаланиб баҳоланади. Бу эса қуйидаги хулосага асосланган.

Агар (2.2.1) масаланинг ечими мавжуд, (2.2.2) масала (2.2.1) масалани аппроксимациялаcа ва турғун бўлса, u_h сонли ечим υ_h аниқ ечимга яқинлашади. Бошқача айтганда чекли айирмали схемаларнинг аппроксимация ва турғунлик шартлари ечим яқинлашишини таъминлайди. Шунинг учун, чекли айирмали схемаларда аппроксимация ва турғунлик шартларининг бажарилишини кўрсатиб, ечимнинг яқинлашиши тўғрисида бевосита хулоса чиқаришимиз мумкин.

2.3. Чегаравий масалаларни ҳисоблаш алгоритмлари

Оддий дифференциал тенгламаларни ечишнинг чизма, аналитик, тақрибий ва сонли ечиш усуллари мавжуд.

Чизма усулларда дифференциал тенгламанинг интеграл чизиқларини геометрик тасвири ясалади. Бунда ҳосила ўзгармас бўлгандаги интеграл чизиқлар-изоклиналар тузилади. Бу усулдан асосан содда кўринишдаги дифференциал тенгламаларни ечишда фойдаланилади.

Аналитик усулларда дифференциал тенгламанинг ечимлари аниқ формулалар орқали аниқланади.

Тақрибий усулларда дифференциал тенглама ва қўшимча шартлар у ёки бу даражада соддалаштирилиб, масала осонроқ масалага келтирилади.

Сонли усулларда эса ечим аналитик шаклда эмас, балки сонлар жадвали кўринишида олинади. Албатта, бунда дифференциал тенгламалар олдин дискрет тенгламалар билан алмаштириб олинади. Натижада, сонли усуллар воситасида олинган ечим тақрибий бўлади.

Умуман олганда, оддий дифференциал тенгламаларнинг ечимларини аналитик усул ёрдамида топиш имкони жуда кам бўлганлиги учун, амалда кўпинча уларни сонли усуллар ёрдамида тақрибий ҳисобланади [19].

Оддий дифференциал тенгламалар системасини ечиш усуллари жуда кўп буларни амалий масалаларини ечишда ва бошқа турдаги масалаларни ечишда кенг қўлланилади.

Маълумки, механиканинг жумладан, эластиклик назариясининг турли масалалари, қуйидаги кўринишдаги иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системаси (2.3.1) ва унга қўйилган чегаравий шарт (2.3.2) орқали ифодаланади:

$$\begin{cases} \frac{d}{dx}\left[a_{11}\frac{dV_1}{dx}+a_{12}\frac{dV_2}{dx}+...+a_{1n}\frac{dV_n}{dx}+b_{11}V_1+b_{12}V_2+...+b_{1n}V_n\right]+c_{11}\frac{dV_1}{dx}+c_{12}\frac{dV_2}{dx}+...+c_{1n}\frac{dV_n}{dx}+d_{11}V_1+...+d_{1n}V_n=f_1 \\ \frac{d}{dx}\left[a_{21}\frac{dV_1}{dx}+a_{22}\frac{dV_2}{dx}+...+a_{2n}\frac{dV_n}{dx}+b_{21}V_1+b_{22}V_2+...+b_{2n}V_n\right]+c_{21}\frac{dV_1}{dx}+c_{22}\frac{dV_2}{dx}+...+c_{2n}\frac{dV_n}{dx}+d_{21}V_1+...+d_{2n}V_n=f_2 \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \frac{d}{dx}\left[a_{n1}\frac{dV_1}{dx}+a_{n2}\frac{dV_2}{dx}+...+a_{nn}\frac{dV_n}{dx}+b_{n1}V_1+b_{n2}V_2+...+b_{nn}V_n\right]+c_{n1}\frac{dV_1}{dx}+c_{n2}\frac{dV_2}{dx}+...+c_{nn}\frac{dV_n}{dx}+d_{n1}V_1+...+d_{nn}V_n=f_n \end{cases} \qquad (2.3.1)$$

$$\left[\begin{array}{l} \left\{a_{11}\frac{dV_1}{dx}+a_{12}\frac{dV_2}{dx}+...+a_{1n}\frac{dV_n}{dx}+b_{11}V_1+b_{12}V_2+...+b_{1n}V_n-Q_1\right\}\delta V_1\Big|_{\tilde{A}}=0\,; \\ \left\{a_{21}\frac{dV_1}{dx}+a_{22}\frac{dV_2}{dx}+...+a_{2n}\frac{dV_n}{dx}+b_{21}V_1+b_{22}V_2+...+b_{2n}V_n-Q_2\right\}\delta V_2\Big|_{\tilde{A}}=0\,; \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \left\{a_{n1}\frac{dV_1}{dx}+a_{n2}\frac{dV_2}{dx}+...+a_{nn}\frac{dV_n}{dx}+b_{n1}V_1+b_{n2}V_2+...+b_{nn}V_n-Q_n\right\}\delta V_n\Big|_{\tilde{A}}=0\,. \end{array}\right. \qquad (2.3.2)$$

(2.3.1) дифференциал тенгламалар системаси ва (2.3.2) чегаравий шартга $\vec{V}=[V_1,V_2,...,V_n]^T$ вектор функцияни киритиш орқали, уларни вектор кўринишида қуйидагича ёзишимиз мумкин:

$$\frac{d}{dx}\left[A\frac{d\vec{V}}{dx}+B\vec{V}\right]+C\frac{d\vec{V}}{dx}+D\vec{V}=\vec{F}\,; \qquad (2.3.3)$$

(2.3.3) дифференциал тенгламани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$A\frac{d^2\vec{V}}{dx^2}+R\frac{d\vec{V}}{dx}+D\vec{V}=\vec{F} \qquad (2.3.4)$$

бу ерда $R=(B+C)$.

$$\left\{A\frac{d\vec{V}}{dx}+B\vec{V}-\vec{Q}\right\}\delta\vec{V}\Big|_{\tilde{A}}=0; \qquad (2.3.5)$$

бу ерда:

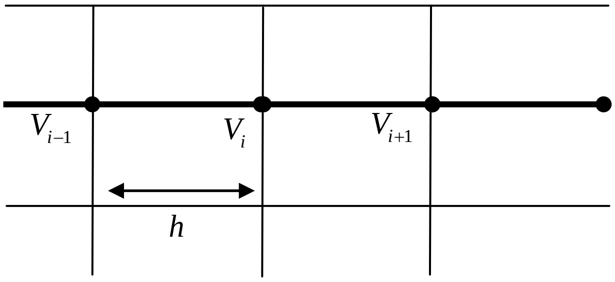
$A, R(B,C)$ ва D - $a_{ij},\ b_{ij},\ c_{ij}$ ва d_{ij} $(i=j=1,\ 2,...,n)$ элементлардан ташкил топган квадрат матрицалар;

$\vec{F}=\{f_i\}$, $\vec{Q}=\{Q_i\}$ - векторлар;

$\vec{V}$ - қидирилаётган вектор функция.

Юқорида таъкидланганидек, иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига келтириладиган чегаравий масалаларни ечишнинг бир неча сонли усуллари мавжуд бўлиб, улардан кенг қўлланилиб келинаётгани - чекли айирмалар усулини кўрамиз [13,18].

Бизга қўйилган чегаравий масала (2.3.4), (2.3.5) ни сонли-тақрибий усул ҳисобланмиш чекли айирмалар усули билан ечиш учун ечим қидириладиган $[a,b]$ оралиқда қуйидаги тўрни киритамиз, яъни оралиқни координаталари $x_i = a + i \cdot h$ формула билан аниқланувчи тугун нуқталар билан бўлакларга бўламиз, бу ерда $h = \frac{b-a}{n}$, n-тугун нуқталар сони.



Расм 2.3.1 Аппроксимациялаш схемаси

(2.3.4) тенгламани чекли айирмалар усули билан алмаштириб,

$$A_i \frac{\overset{\rho}{V}_{i+1} - 2\overset{\rho}{V}_i + \overset{\rho}{V}_{i-1}}{h^2} + R_i \frac{\overset{\rho}{V}_{i+1} - \overset{\rho}{V}_{i-1}}{2h} + C_i \overset{\rho}{V}_i = \overset{\rho}{F}_i \qquad (2.3.6)$$

кўринишга келтирамиз. Тенгламалар системасини соддалаштириб

$$\left(A_i + \frac{h}{2} R_i\right)\overset{\rho}{V}_{i+1} - \left(2A_i - h^2 C_i\right)\overset{\rho}{V}_i + \left(A_i - \frac{h}{2} R_i\right)\overset{\rho}{V}_{i-1} = h^2 \overset{\rho}{F}_i \qquad (2.3.7)$$

ҳолатга келтирамиз. (2.3.7) тенгламага белгилашлар киритамиз

$$P_i = A_i + \frac{h}{2} R_i, \quad Q_i = 2A_i - h^2 C_i, \quad T_i = A_i - \frac{h}{2} R_i, \quad l_i = h^2 \overset{\rho}{F}_i$$

У ҳолда (2.3.7) тенглама

$$P_i \overset{\rho}{V}_{i+1} - Q_i \overset{\rho}{V}_i + T_i \overset{\rho}{V}_{i-1} = l_i \qquad (2.3.7^{`})$$

кўринишга келади. Ечимни

$$\overset{\rho}{V}_i = \alpha_{i+1} \overset{\rho}{V}_{i+1} + \beta_{i+1} \qquad (2.3.8)$$

кўринишда қидирамиз. $\overset{\rho}{V}_{i-1}$ эса

$$\overset{\rho}{V}_{i-1} = \alpha_i \alpha_{i+1} \overset{\rho}{V}_{i+1} + \alpha_i \beta_{i+1} + \beta_i \qquad (2.3.8^{`})$$

кўринишга келади. (2.3.8), (2.3. 8`) ни (2.3. 7`) га олиб бориб қўйиб

$$\left(P_i - Q_i \alpha_{i+1} + T_i \alpha_i \alpha_{i+1}\right)\overset{\rho}{V}_{i+1} + \left(-Q_i \beta_{i+1} + T_i \alpha_i \beta_{i+1} + T_i \beta_i - l_i\right) = 0 \qquad (2.3.9)$$

тенгликни ҳосил қиламиз. Бу чизиқли ифода айнан 0 га тенг бўлиши учун, барча коэффицентлар 0 га тенг бўлиши кераклигини ҳисобга олиб, қуйидаги тенгликларни ҳосил қиламиз:

$$\begin{cases} P_i = (Q_i - T_i\alpha_i)\alpha_{i+1} \\ T_i\beta_i - l_i = (Q_i - T_i\alpha_i)\beta_{i+1} \end{cases} \tag{2.3.10}$$

ҳосил қилинган тенгликлардан α_{i+1}, β_{i+1} номаълум коэффициентларни топиш унчалик қийин эмас, яъни

$$\begin{cases} \alpha_{i+1} = (Q_i - T_i\alpha_i)^{-1}P_i \\ \beta_{i+1} = (Q_i - T_i\alpha_i)^{-1}(T_i\beta_i - l_i) \end{cases} \quad (i = \overline{0, n-1}) \tag{2.3.11}$$

Мазкур рекурент формуладаги барча α_{i+1} ва β_{i+1} ларни аниқлаш учун ёки бошқача айтганда рекурент формулани “юриши” учун дастлабки α_1 ва β_1 қийматларни топишимиз керак. Биз α_1 ва β_1 ларни 0 га тенг деб олиб бошқа қийматларни шу нуқтага қараб топилади.

Ҳайдаш усули икки босқичдан иборат бўлади, яъни тўғри босқич ва тескари босқичлардир. Тўғри босқичда α_1, β_1лар маълум бўлгач, барча кейинги $\alpha_{i+1}, \beta_{i+1}$ лар (2.3.11) рекурент формуладан топилади. Бу жараён “ҳайдаш” усулининг тўғри босқичини ташкил этади.

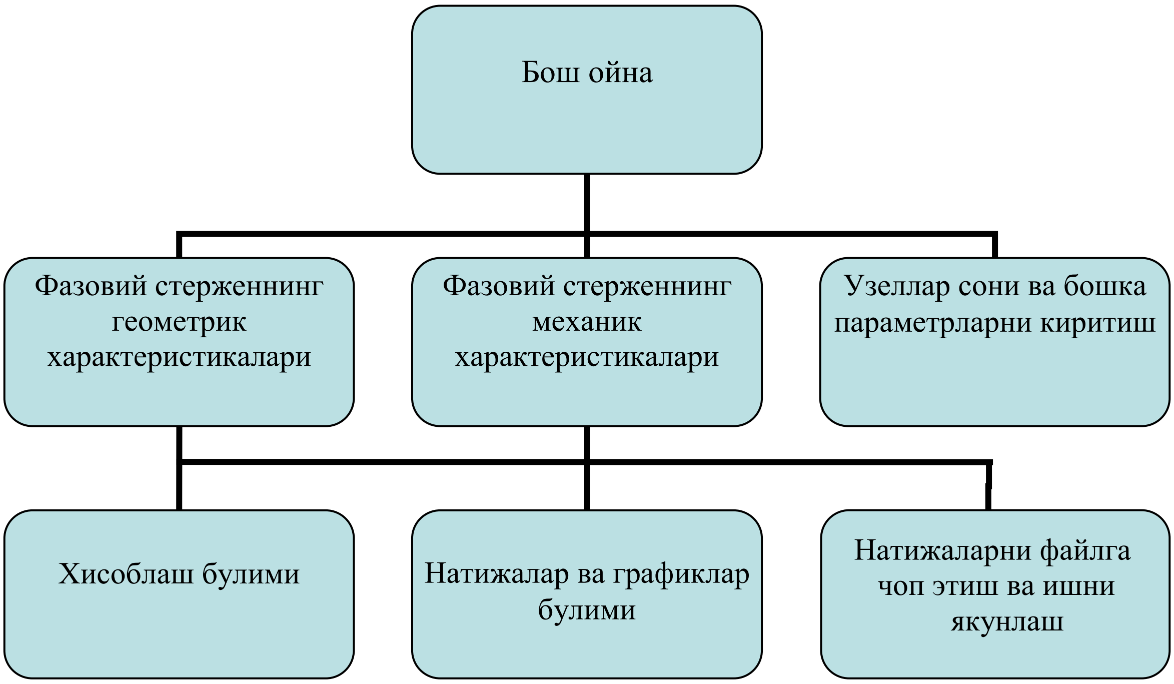
Тескари босқичда α_i, β_i номаълум коэффицентларнинг барча қийматлари топилгач (2.3.8) рекурент формула ёрдамида қидирилаётган ечим $\vec{V}_i$ ларни топиш мумкин, бу ерда ҳам реккурент формуланинг ишлаши учун дастлабки қиймат сифатида $\vec{V}_n$ ни аниқлаш лозим. $\vec{V}_n$ ҳисоблангач, $\vec{V}_i = \alpha_{i+1}\vec{V}_{i+1} + \beta_{i+1}$ $(i = \overline{n-1, 0})$ рекурент формуласи ёрдамида барча қолган ечимлар топилади [19,21].

3-БОБ. АМАЛИЙ МАСАЛАЛАР. НАТИЖАЛАР ВА УЛАРНИНГ ТАХЛИЛИ

Ушбу бобда иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига келтирилган чегаравий масалаларни ечишга қаратилган амалий дастурлар боғламини лойихалаш ҳамда яратиш технологияларига оид материаллар келтирилган, фазовий стержен учун биринчи ва иккинчи чегаравий масалалар ечилган ва сонли натижалар олинган, шунингдек, амалий дастурлар боғлами ва ундан фойдаланиш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган.

3.1. Амалий дастурлар боғламини лойихалаш ва уни яратиш технологиясини ишлаб чиқиш

Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига келтирилган чегаравий масалаларни ечиш учун амалий дастурлар боғламини қуйидаги умумий схема асосида лойиҳалаймиз:



Бу масалада фазовий стерженнинг иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига келтириладиган бир неча чегаравий масалалари ёритилган. Дастурни лойихалаш юқорида ишлаб чиқилган ишчи алгоритм ва умумий схемага асосан босқичма-босқич бажарилади. Амалий дастур таъминоти – муайян вазифаларга мўлжалланган процедура ва функцияларни ўзида мужассамлаштирган дастур коди ва унинг визуал формаларидан иборат. Дастур матнидаги процедура ва функциялар дастурда бевосита матрица ва векторлар устидаги алгебраик амалларни бажаришга мўлжалланган бўлиб, уларга мурожаат дастурдаги ҳисоблаш ишларини енгиллаштиради ва дастур ҳажмини камайтиради.

Замонавий ахборот технологияларининг гуркираб ривожланиши ва унинг қўллаш соҳасининг кенгайиши дастурий таъминотнинг жадал ривожланишига олиб келди. Дастур электрон ҳисоблаш машинасида бажарилиши учун ярoқли бўлган, дастурлаш тили ёки объектли кодда ёзилган хар қандай дастурнинг матнидир.

Дастурларнинг асосий тавсифларини қуйида кўриб ўтишимиз мумкин:

- алгоритмик мураккаблик (ахборотни қайта ишлаш алгоритмлари мантиқи);
- қайта ишлашнинг амалга оширилган вазифалари, ишланмаларнинг таркиби ва чуқурлиги;
- дастур файлларнинг ҳажми;
- дастурий восита томонидан қайта ишлашнинг операцион тизими ва техник воситаларга талаблар;
- дискли хотира ҳажми;
- дастурни ишга тушириш учун оператив хотира ўлчами;
- процессор турлари;
- операцион тизимлар версиялари;
- ҳисоблаш тармоқларининг мавжудлиги;

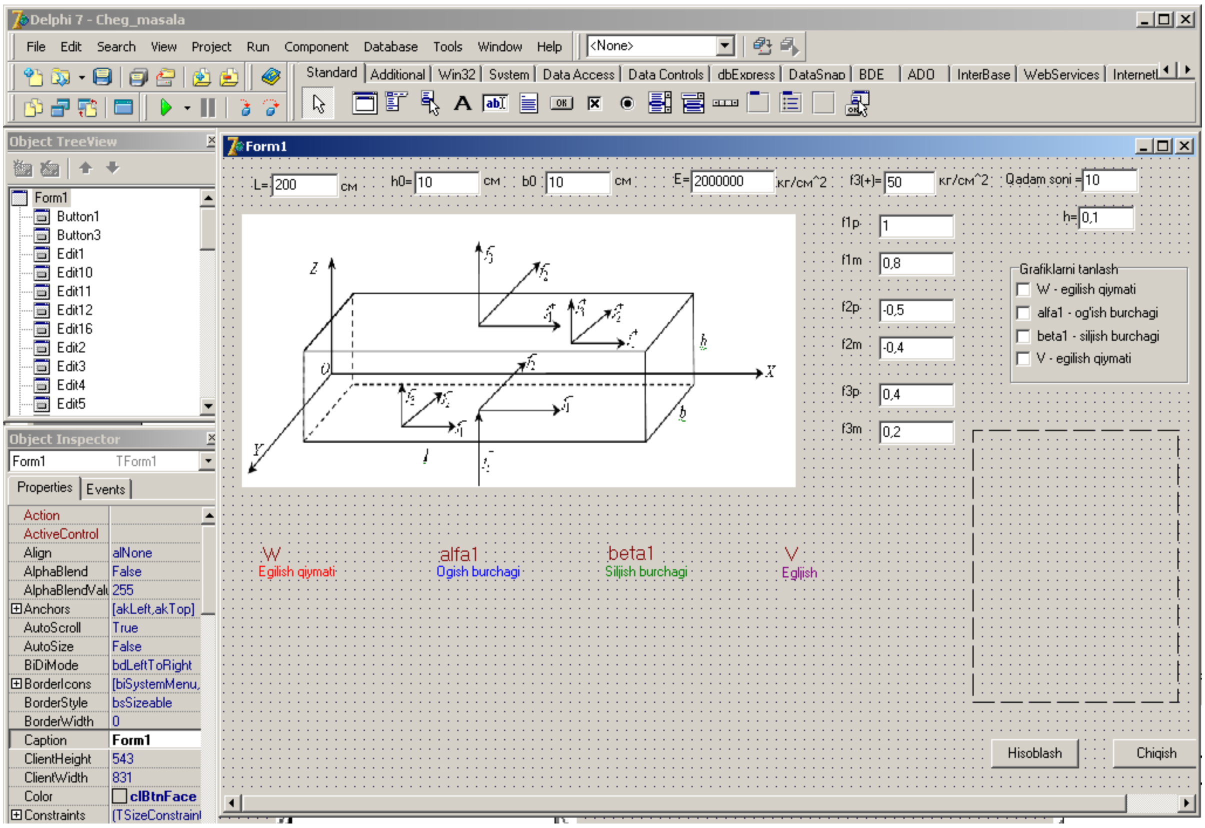
Дастурий махсулотнинг сифат кўрсаткичлари ҳилма-ҳил бўлиб, улар қуйидаги жихатларда акс этади:

- дастурий махсулотни қанчалик яхши (оддий, ишончли, самарали) фойдаланиш мумкинлиги;
- дастурий махсулотдан фойдаланиш кўламининг кенглиги.

Дастурни юкори даражадаги дастурлаш тилларидан бири Delphi объектли дастурлаш тилида бажарилди. Delphi объектли дастурлаш тилининг имкониятлари натижалар кўринишини содда ҳолатда чизмалар оркали тасвирлашда жуда кулай ҳисобланади.

Delphi объектли дастурлаш тили турли холат процедураларини қайта ишлаш ва дастурларни қайта ишлашда вақтдан ютиш турли хил процедураларни яратилганлиги, графиклар, дастурдаги бошланғич ва чегаравий шартларни форманинг ўзидан ўзгартириш ва бошқаларни ўз ичига олади. Дастур киритилувчи ойна форма орқасига яширинган бўлиб у ойнага F12 тугмаси ёрдамида ўтиш мумкин[29,33].

Қўйилган масалани дастурини лойихалашга ўтамиз. Формага керакли компонентлар label, button, stringgrid, canvas, edit, memo, image ларни кулай кўринишда жойлаштирамиз (3.1.1-расм). Дастурда керакли бўладиган компонентларни вазифасини келтириб ўтамиз. Label-дастурда натижалар кўринишини таъминлайди. Button-дастурда ҳисоблаш ишларини бажаришда тугма вазифасини бажаради.



L= 200 см
h0= 10 см
b0 10 см
E= 2000000 кг/см^2
f3(+)= 50 кг/см^2
Qadam soni = 10
h= 0,1
f1p 1
f1m 0,8
f2p -0,5
f2m -0,4
f3p 0,4
f3m 0,2

☐ W - egilish qiymati
☐ alfa1 - og'ish burchagi
☐ beta1 - siljish burchagi
☐ V - egilish qiymati

Action	
ActiveControl	
Align	alNone
AlphaBlend	False
AlphaBlendVal	255
⊞Anchors	[akLeft,akTop]
AutoScroll	True
AutoSize	False
BiDiMode	bdLeftToRight
⊞BorderIcons	[biSystemMenu,
BorderStyle	bsSizeable
BorderWidth	0
Caption	**Form1**
ClientHeight	543
ClientWidth	831
Color	☐ **clBtnFace**
⊞Constraints	(TSizeConstraint

3.1.1-расм

Image- дастур натижаларини чизмалар орқали ифодалашда ишлатилади. Edit- бу кўрилаётган фазовий стерженнинг геометрик ва механик характеристикаларига оид қийматларни киритишда ишлатилади. Дастур кодларини киритиш учун button (ҳисоблаш) тугмаси устида сичқонча тугмасини икки марта босилади ва у ерга дастур киритилади. Дастур ишчи ҳолати умумлаштирилади, уни текширувдан ўтказиб, яхлит ва якуний ҳолга келтирилади.

3.2. Фазовий стерженни турли чегаравий шартларда ечиш ва натижалар тахлили

Ушбу бўлимда фазовий стержен учун қуйидаги иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системаси (3.2.1) ни (3.2.2) ва (3.2.3) чегаравий шартларда ечамиз.

$$\begin{cases} \frac{d}{dx}\left[\frac{l^2F}{3I_0}\frac{dW}{dx}+\frac{l^2F^{a_1'}}{3I_0}\beta_1-\frac{l^2F}{3I_0}\alpha_1\right]=f_1 \\ \frac{d}{dx}\left[\frac{I_y}{I_0}\frac{d\alpha_1}{dx}-\frac{I^{a_1z}}{I_0}\frac{d\beta_1}{dx}-\frac{l^2F}{3I_0}\right]+\frac{l^2F}{3I_0}\frac{dW}{dx}+\frac{l^2F^{a_1'}}{3I_0}\beta_1-\frac{l^2F}{3I_0}\alpha_1=f_2 \\ \frac{d}{dx}\left[\frac{I^{a_1z}}{I_0}\frac{d\alpha_1}{dx}+\frac{I^{a_1^2}}{I_0}\frac{d\beta_1}{dx}\right]+\frac{l^2F^{a_1'}}{3I_0}\frac{dW}{dx}-\frac{l^2F^{a_1'^2}}{3I_0}\beta_1+\frac{l^2F^{a_1'}}{3I_0}\alpha_1=f_3 \\ \frac{d}{dx}\left[\frac{l^2F}{3I_0}\frac{dV}{dx}\right]=f_4 \end{cases} \qquad (3.2.1)$$

а) икки томони қаттиқ маҳкамланган:

$$V_1,V_2,V_3,...,V_n\big|_{\Gamma}=0, \qquad (3.2.2)$$

б) бир томони қаттиқ маҳкамланган, икки томони эса, шарнирли:

$$V_1,V_2,V_3,...,V_n\big|_{x=0}=0, \quad \overset{\rho}{V}_i\Big|_{x=l}\neq 0 \qquad (3.2.3)$$

3.2.1. Фазовий стерженни биринчи чегаравий шартда ечиш

Ушбу бўлимда, икки томони қаттиқ маҳкамланган, фазовий стерженнинг кучланганлик деформацион ҳолатини сонли ечимларини кўрамиз (3.2.1.1 – жадвал). Бунда кўрилаётган конструкциянинг геометрик, механик характеристикалари қуйидагича олинган:

$l=200$ см; $h_0=10$ см; $b_0=10$ см; $E=2*10^6$ кг/см^2;

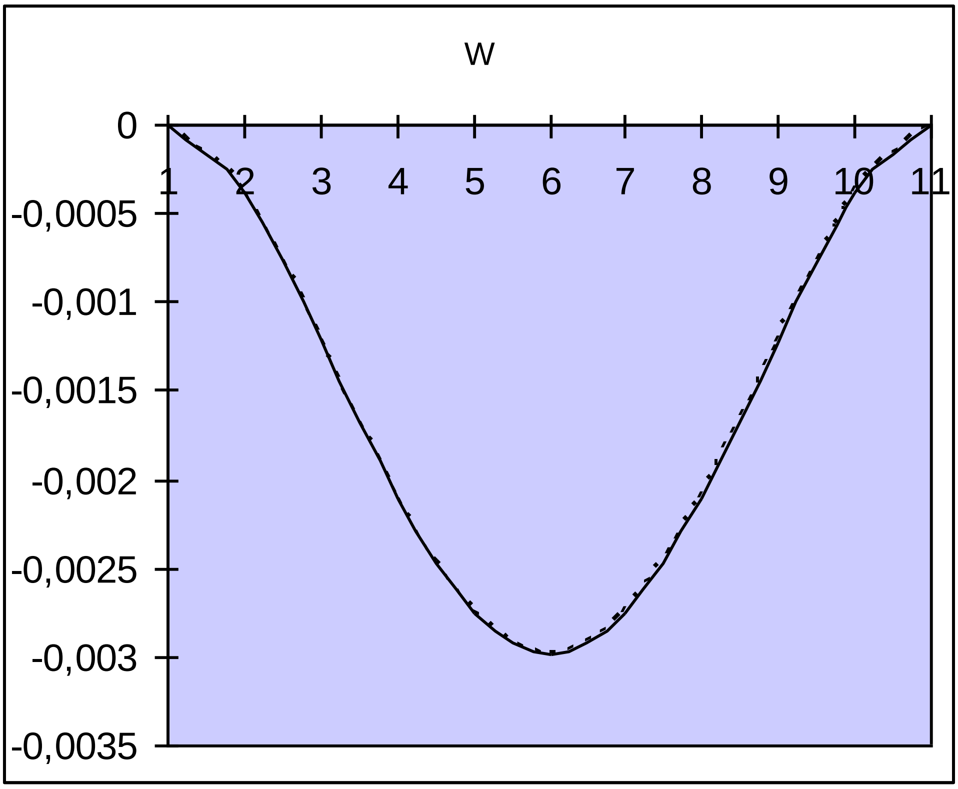
Ташқи кучлар қуйидагича тақсимланган:

$f_1^+=1кг/см^2,\ f_2^+=0.5кг/см^2,\ f_3^+=0.4кг/см^2;$

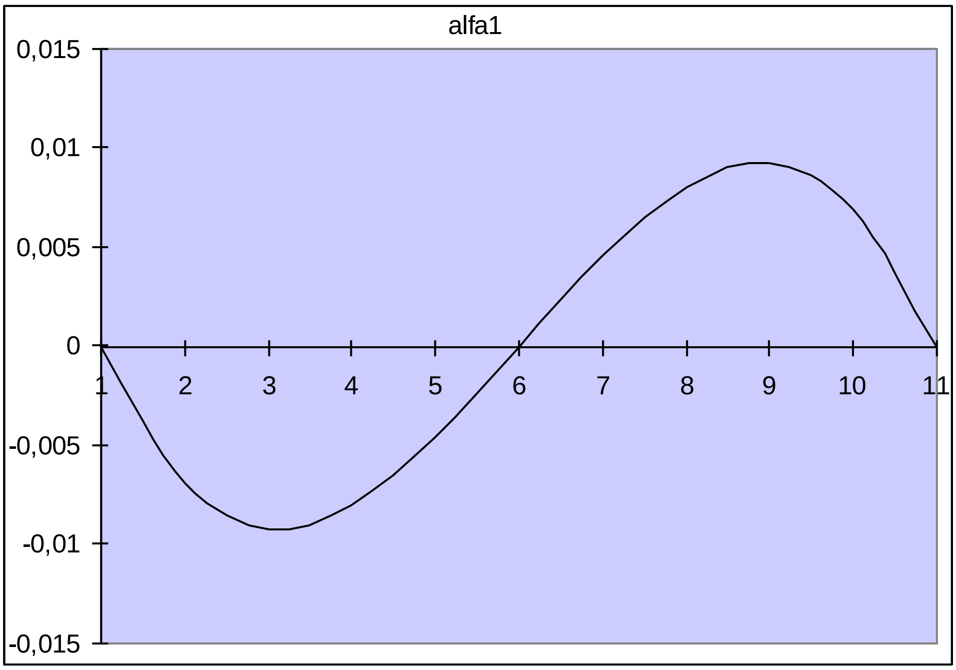
$f_1^-=0.8кг/см^2,\ f_2^-=0.4кг/см^2,\ f_3^-=0.2кг/см^2;$

3.2.1.1 – жадвал

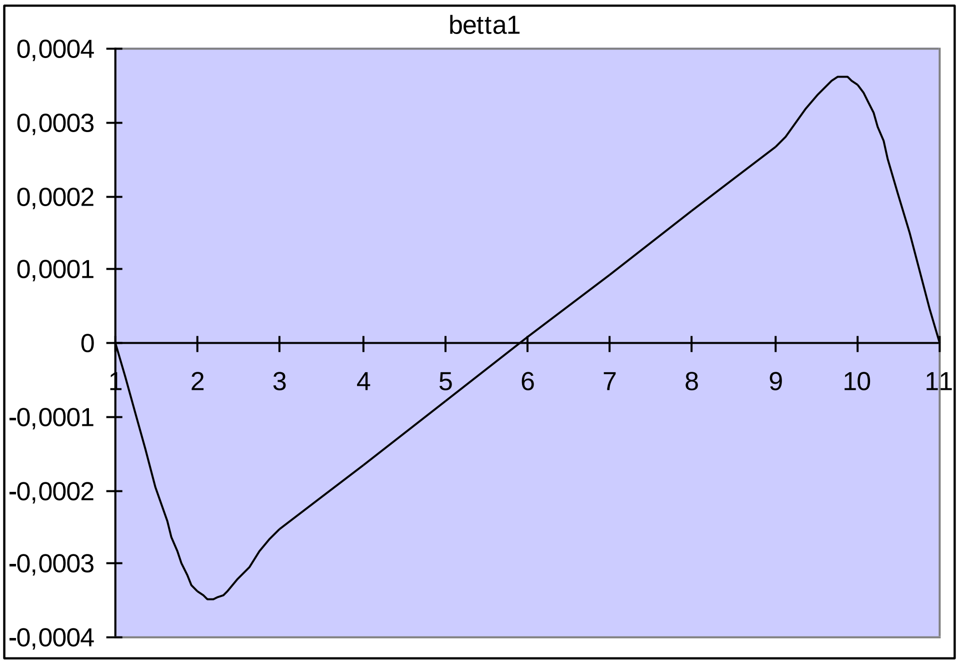
x	W	α_1	β_1	V
0.0	0,00000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000
0.1	-0,00038159	-0,00691421	-0,00033618	0,00004860
0.2	-0,00121886	-0,00921992	-0,00025202	0,00008640
0.3	-0,00210504	-0,00806915	-0,00016564	0,00011340
0.4	-0,00275206	-0,00461388	-0,00007924	0,00012960
0.5	-0,00298707	-0,00000613	0,00000716	0,00013500
0.6	-0,00275242	0,00460212	0,00009356	0,00012960
0.7	-0,00210567	0,00805885	0,00017996	0,00011340
0.8	-0,00121957	0,00921208	0,00026635	0,00008640
0.9	-0,00038208	0,00690979	0,00035044	0,00004860
1.0	0,0000000	0,00000000	0,00000000	0,00000000



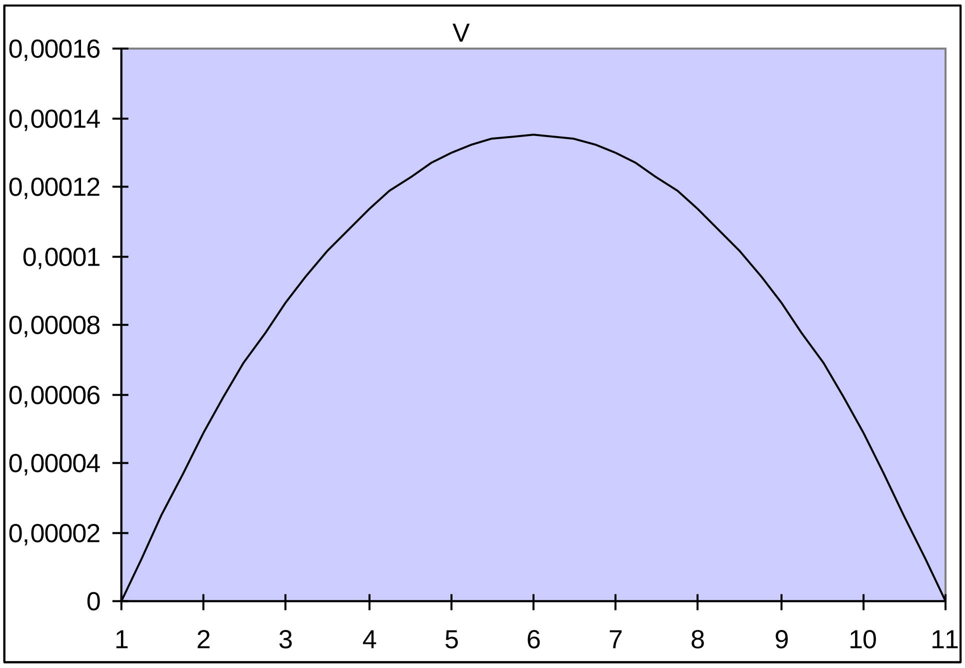
3.2.1.1-расм.



3.2.1.2-расм.



3.2.1.3-расм.



3.2.1.4-расм.

3.2.2. Фазовий стерженни иккинчи чегаравий шартда ечиш

Ушбу бўлимда, бир томони қаттиқ маҳкамланган, иккинчи томони эса, шарнирли фазовий стерженнинг кучланганлик деформацион ҳолатини кўрамиз. Бунда кўрилаётган конструкциянинг геометрик, механик характеристикалари қуйидагича олинган:

$l = 200$ см; $h_0 = 10$ см; $b_0 = 10$ см; $E = 2*10^6$ кг/см^2;

Ташқи кучлар қуйидагича тақсимланган:

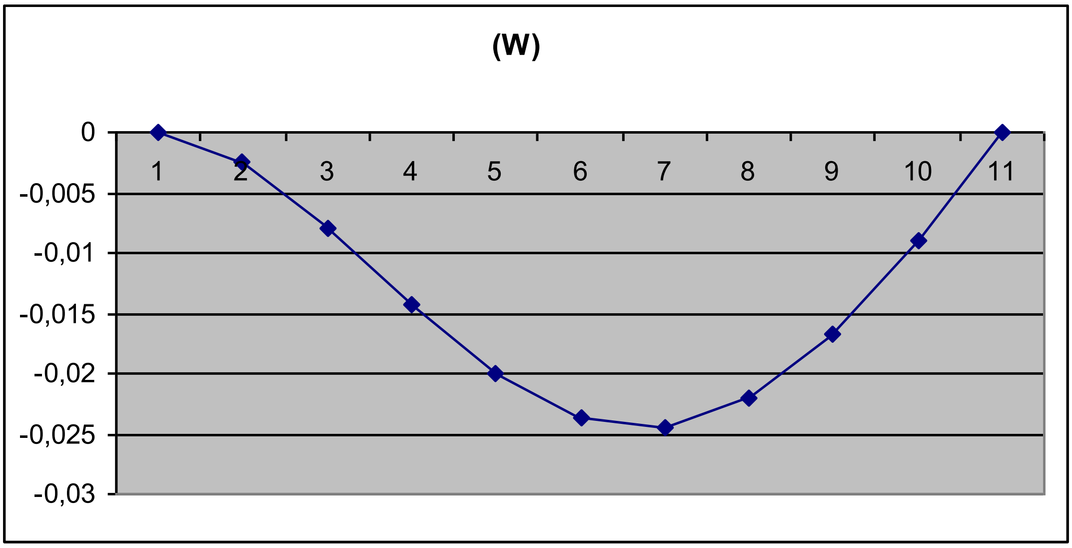
$f_1^+ = 4\,кг/см^2$, $f_2^+ = -2\,кг/см^2$, $f_3^+ = 1{,}6\,кг/см^2$;

$f_1^- = 3{,}2\,кг/см^2$, $f_2^- = -1{,}6\,кг/см^2$, $f_3^- = 0{,}8\,кг/см^2$

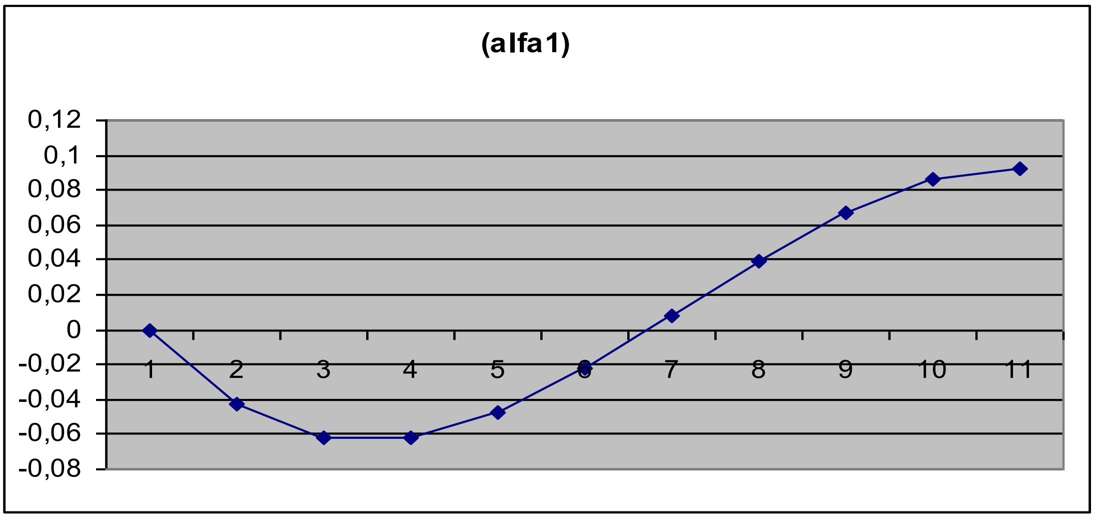
3.2.2.1 – жадвал

x	W	α_1	β_1	V
0.0	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
0.1	-0,0024075669	-0,0432353423	-0,0017564880	0,0035927216
0.2	-0,0079167945	-0,0625174907	-0,0014220302	0,0118215238
0.3	-0,0143453348	-0,0624544452	-0,0010764892	0,0214388511
0.4	-0,0199889759	-0,0476542057	-0,0007308895	0,0298883933

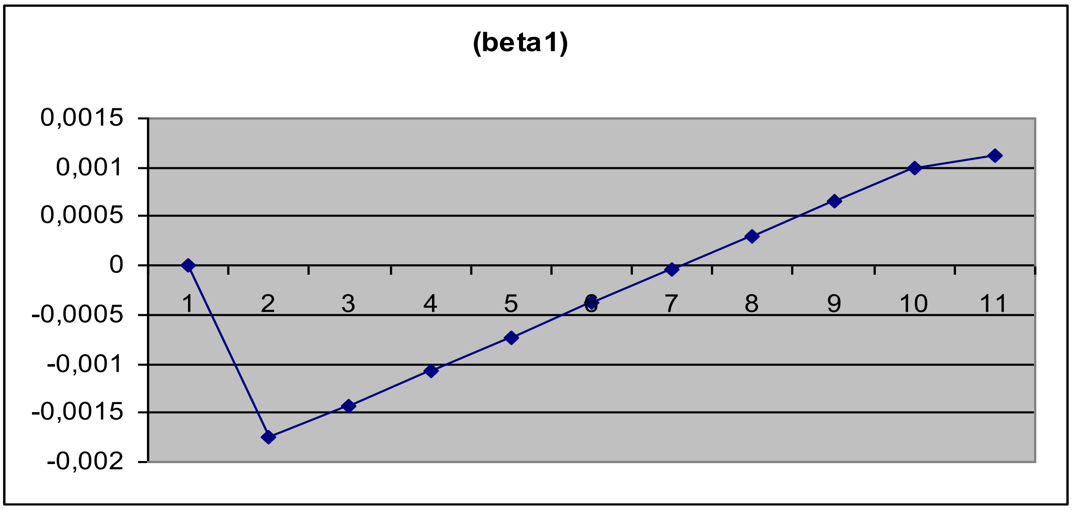
0.5	-0,0236043981	-0,0227247723	-0,0003852895	0,0353050403
0.6	-0,0244090820	0,0077258550	-0,0000396895	0,0365148820
0.7	-0,0220813080	0,0390896762	0,0003059104	0,0330352085
0.8	-0,0167601570	0,0667586914	0,0006515039	0,0250745096
0.9	-0,0090455197	0,0861249005	0,0009958805	0,0135324751
1.0	0,0000000000	0,0925803035	0,0011106727	0,0000000000



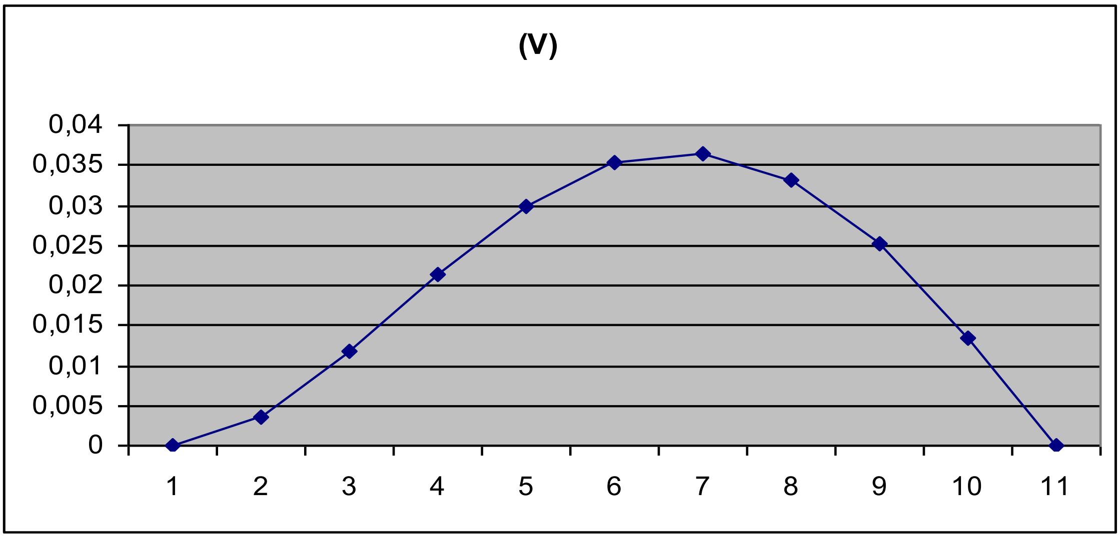
3.2.2.1 – расм.



3.2.2.2 – расм.



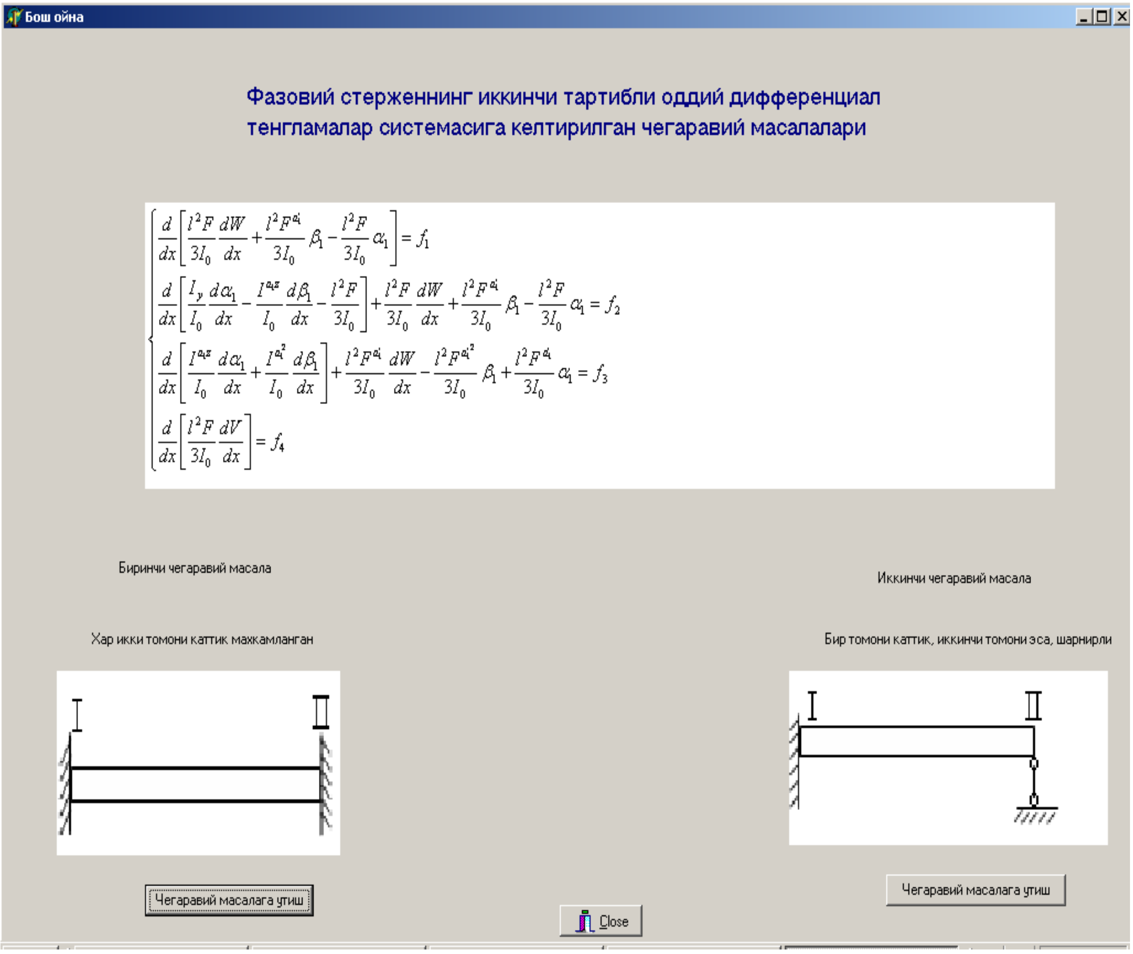
3.2.2.3 – расм.



3.2.2.4 – расм.

3.3. Фазовий стержен чегаравий масалаларини ечишнинг амалий дастурлар боғлами ва ундан фойдаланиш бўйича тавсиялар

Яратилган амалий дастурлар боғлами фазовий стерженнинг иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системаси орқали ифодаланадиган айрим чегаравий масалаларини ечишга мўлжалланган бўлиб, дастур Cheg_masala.exe файли орқали ишга туширилади (3.3.1-расм).



Фазовий стерженнинг иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига келтирилган чегаравий масалалари

$$\begin{cases} \dfrac{d}{dx}\left[\dfrac{l^2F}{3I_0}\dfrac{dW}{dx}+\dfrac{l^2F^{\alpha_i}}{3I_0}\beta_1-\dfrac{l^2F}{3I_0}\alpha_1\right]=f_1 \\ \dfrac{d}{dx}\left[\dfrac{I_y}{I_0}\dfrac{d\alpha_1}{dx}-\dfrac{I^{\alpha_i z}}{I_0}\dfrac{d\beta_1}{dx}-\dfrac{l^2F}{3I_0}\right]+\dfrac{l^2F}{3I_0}\dfrac{dW}{dx}+\dfrac{l^2F^{\alpha_i}}{3I_0}\beta_1-\dfrac{l^2F}{3I_0}\alpha_1=f_2 \\ \dfrac{d}{dx}\left[\dfrac{I^{\alpha_i z}}{I_0}\dfrac{d\alpha_1}{dx}+\dfrac{I^{\alpha_i^2}}{I_0}\dfrac{d\beta_1}{dx}\right]+\dfrac{l^2F^{\alpha_i}}{3I_0}\dfrac{dW}{dx}-\dfrac{l^2F^{\alpha_i^2}}{3I_0}\beta_1+\dfrac{l^2F^{\alpha_i}}{3I_0}\alpha_1=f_3 \\ \dfrac{d}{dx}\left[\dfrac{l^2F}{3I_0}\dfrac{dV}{dx}\right]=f_4 \end{cases}$$

Биринчи чегаравий масала

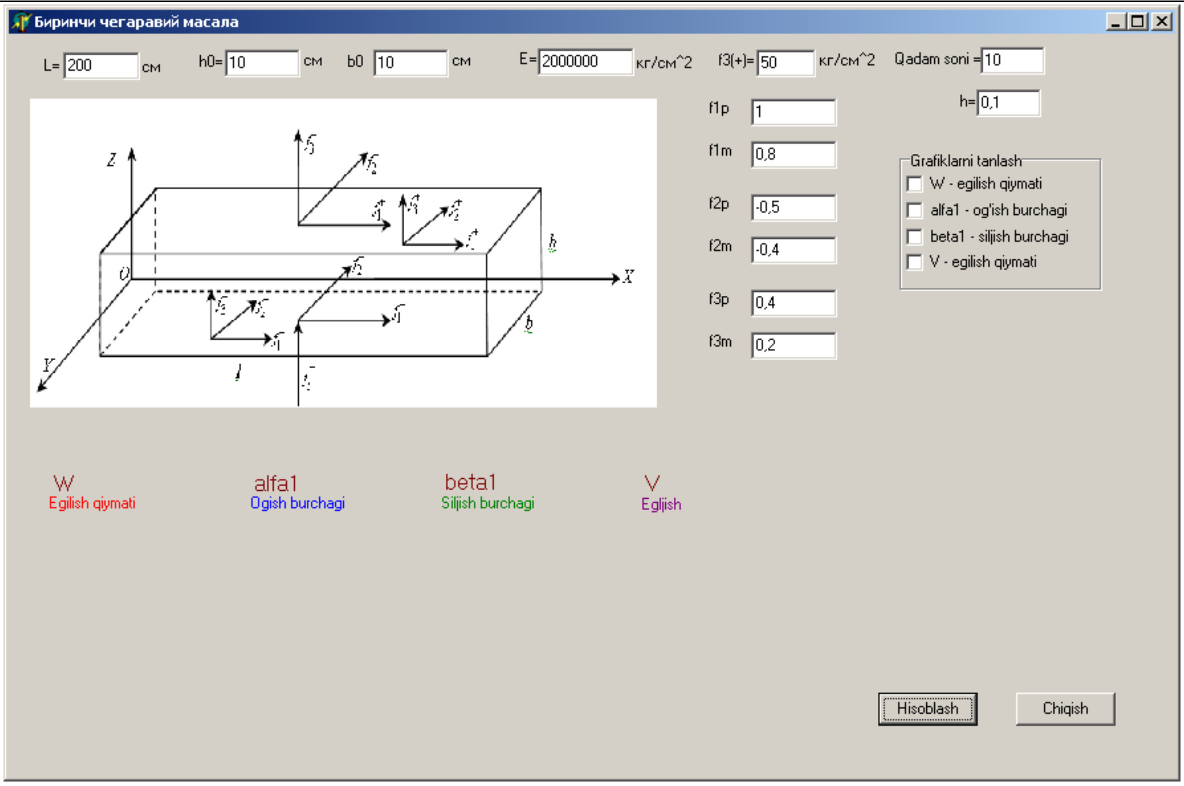
Хар икки томони каттик махкамланган

Иккинчи чегаравий масала

Бир томони каттик, иккинчи томони эса, шарнирли

3.3.1 - расм.

Дастурда ечилаётган оддий дифференциал тенгламалар системасининг умумий кўриниши билан бир қаторда, иккита чегаравий масалалар келтирилган. Ушбу масалаларга ўтиш учун “Чегаравий масалага ўтиш” тугмачасини босамиз. Натижада танланган чегаравий масала учун янги ишчи ойна ҳосил бўлади (3.3.2-расм).



Биринчи чегаравий масала

L= 200 см h0= 10 см b0 10 см E= 2000000 кг/см^2 f3(+)= 50 кг/см^2 Qadam soni = 10

h= 0,1

f1p 1

f1m 0,8

f2p -0,5

f2m -0,4

f3p 0,4

f3m 0,2

Grafiklarni tanlash

☐ W - egilish qiymati

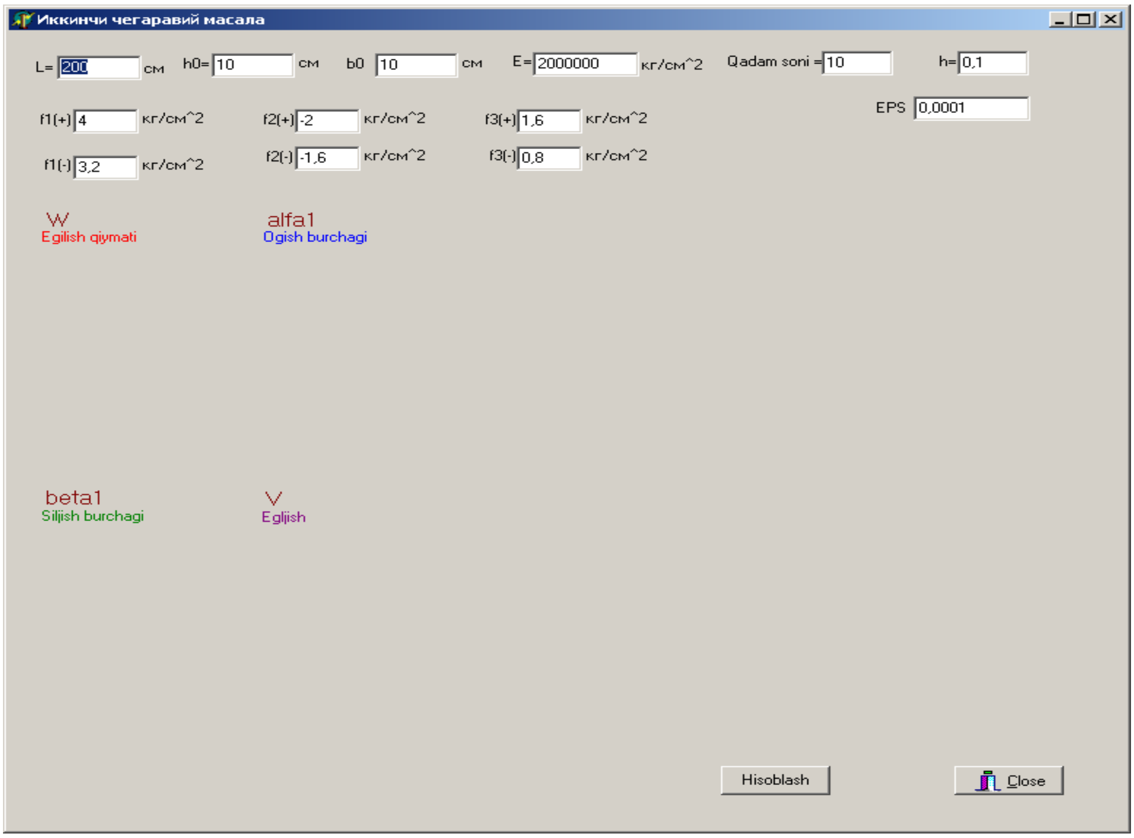
☐ alfa1 - og'ish burchagi

☐ beta1 - siljish burchagi

☐ V - egilish qiymati

3.3.2 – расм.

Фазовий стерженнинг геометрик ва механик параметрлари, ташки таъсир этувчи кучлар кийматлари ва кадам сони киритилгач, “Ҳисоблаш” тугмачасини босамиз ва натижаларни оламиз (3.3.3 - расм).



Иккинчи чегаравий масала

L= 200 см h0= 10 см b0 10 см E= 2000000 кг/см^2 Qadam soni = 10 h= 0,1

EPS 0,0001

f1(+) 4 кг/см^2 f2(+) -2 кг/см^2 f3(+) 1,6 кг/см^2

f1(-) 3,2 кг/см^2 f2(-) -1,6 кг/см^2 f3(-) 0,8 кг/см^2

3.3.3 – расм.

Амалий дастурлар боғлами орқали олинган натижалар дастур формасининг ўзига ва айни вақтда тегишли файлларга ёзилади. Бу эса, муҳандис – дастурчилар ва соҳа мутахассислари учун қулай иш фаолиятини ташкил этишда ўзига ҳос аҳамият касб этади.

3.4. “Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системаси” мавзусини амалий дарс машғулотларида ўқитишни инерфаол стратегиялар асосида ташкил этиш

Таълим жараёни ва унинг мазмунини замонавий андозалар асосида ташкил этиш бевосита янги педагогик технологиялар ва интерфаол стратегияларга асосланади. Қуйида улардан айримлари ҳақида фикр юритиб, мавзуни интерфаол стратегиялар асосида микрогуруҳларда ўқитишни ташкил этамиз.

Талабалар гуруҳ мавзусига тегишли назарий маълумотлар билан танишиб чиқадилар. Шундан сўнг гуруҳ талабалари 4-8 кишидан иборат микрогуруҳга бўлинади. Микрогуруҳ дарснинг ташкилий қисмида рақамли ёки ҳарфли карточкалар ёрдамида шакллантирилади ва алоҳида иш ўринларига ўтирадилар. Барча микрогуруҳга бир хил ёки ҳар бирига алоҳида топшириқ берилади. Микрогуруҳ аъзолари ўзаро фикр алмашиб, топшириқни мустақил ечишлари зарур. Ўқитувчи микрогуруҳни оралаб, уларга (ҳар бир талабага ҳам) топшириқни бажариш учун йўлланма ва маслаҳатлар бериб боради. Микрогуруҳ таркиби ва сардорлари ҳар бир топшириқ ҳал қилингандан сўнг ёки навбатдаги машғулотда алмаштирилиши мақсадга мувофиқ бўлади. Микрогуруҳларда ишлаш стратегиясининг аҳамияти шундаки, унда топшириқни бажаришда барча талабалар иштирок этади ва уларнинг ҳар бири сардор бўлиш имкониятига эга бўлади. Ўқитувчи эса, ҳар бир талаба билан якка тартибда ишлаш учун кўпроқ имкониятга эга бўлади. Қуйида микрогуруҳга тавсия қилинадиган топшириқлардан айримлари келтирилди.

а) Блум саволлари.

Моҳияти: блум саволлари талабанинг фикрлаш қобилиятини ривожлантиришнинг муҳим омили бўлиб, унинг жавоблари ўқув материалида аниқ кўрсатилмаган. Саволга жавоб бериш учун барча олинган назарий билимлар таҳлил қилиниши, керакли мулоҳазалар юритилиши ва аниқ жавоб берилиши лозим.

Саволлар:

1. Чегаравий масала нима?
2. Қандай чегаравий масалаларнинг математик модели биринчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар орқали ифодаланади?
3. Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар орқали ифодаланадиган чегаравий масалаларга мисол келтиринг.
4. Нима учун иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системаси дейилади?
5. Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасини вектор кўринишида ифодалш мумкинми?
6. Чекли айирмалар усулининг моҳияти қандай?
7. «Чекли айирмалар усули осон бўлгани учун амалда кенг қўлланилади» деган фикрга қўшиласизми?
8. Чекли айирмалар усулининг қандай афзаллиги бор?

б) Кластер.

Моҳияти:

Англаш босқичида аввалги ва янги билимлар орасидаги боғлиқлик кузатилиб, бу босқич учун кластер усулини тавсия қилишимиз мумкин. «Кластер» сўзи ғунча, боғлам маъносини англатади. Кластерларга ажратиш интерфаол педагогик стратегия бўлиб, у кўп вариантли фикрлашни, ўрганилаётган тушунчалар ўртасида алоқа ўрнатиш малакаларини ривожлантиради, бирор мавзу бўйича эркин ва очиқдан-очиқ фикрлашга ёрдам беради.

Наъмуна:

«Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системаси» тушунчасига тегишли кластер қуйидаги кўринишда бўлиши мумкин.

Топширик:

«Юқори тартибли оддий дифференциал тенгламалар системаси» тушунчасига тегишли кластер наъмунасини ишлаб чиқинг.

в) Синквейн

Моҳияти: машғулот жараёнида «таҳлилий фикрлаш» интерфаол усулидан фойдаланиш ҳам яхши натижалар бериб, у учта фаза асосида амалга оширилади: даъват, англаш, мулоҳаза. Улар бир бирини тўлдиради ва доим яхлит мазмунан якунланган натижага олиб келади. Даъват босқичида «синквейн» стратегиясини қўллаб, талабалар фикрини бир жойга тўплаб олинади.

Синквейн (французча) беш қаторли ўзига хос, қофиясиз шеър бўлиб, унда ўрганилаётган тушунча (ҳодиса, воқеа, мавзу) тўғрисидаги ахборот йиғилган ҳолда, ўқувчи сўзи билан, турли вариантларда ва турли нуқтаи назар орқали ифодаланади. Синквейн тузиш-мураккаб ғоя, сезги ва ҳиссиётларни бир нечагина сўзлар билан ифодалаш учун муҳим бўлган малакадир. Синквейн тузиш жараёни мавзуни яхшироқ англашга ёрдам беради.

Наъмуна:

«Дифференциал тенгламалар системаси» тушунчасини таърифлаймиз:

1. Дифференциал тенгламалар системаси (нима? -от)
2. биринчи тартибли, иккинчи тартибли (қандай? -сифат)
3. Аниқлайди, текширади, топади (нима қилади? -феъл)
4. Умумий, зарур, қийинроқ, фойдали (ҳаёлингизга нима келди?)
5. Дифференциал айният (синоними)

Топшириқ:

«Тенглама», «Хосила» тушунчалари учун синквейнлар тузинг.

г) Венн диаграммаси.

Моҳияти:

Мулоҳаза босқичини «Венн диаграммаси» стратегияси асосида амалга ошириш турли тушунчаларни ўзига хос ва ҳар бири учун умумий бўлган белгиларини ёки хусусиятларини ажрата олиш орқали фикрлаш қобилияти ривожлантирилади. Бу усул икки ёки ундан ортиқ тушунчаларни ўзига хос ва умумий жиҳатларини таҳлил қилиш ва умумлаштиришда қўлланилади. Бунда жадвалнинг ўнг ва чап томонларига тушунчаларнинг ўзига хос жиҳатлари, жадвалнинг ўртасига эса, улар учун умумий бўлган жиҳатлар ёзилади. Бу усул икки асосий тушунчани таққослаш орқали улар ҳақида атрофлича мулоҳаза қилиш имкониятини хосил қилади.

Наъмуна:

Қуйида иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасини тақрибий ҳисоблашнинг «Чекли айирмалар» ва «Галёркин» усуллари учун тузилган Венн диаграммаси тавсия қилинмоқда.

Чекли айирмалар усули	Умумий жиҳатлари	Галёркин усули
1. Сонли-тақрибий усул ҳисобланади. 2. Натижа сонлар жадвали кўринишида олинади. 3. Чекли айирмали формулалар қўлланилади. 4. Номаълумлардан иборат тенгламалар системаси ҳайдаш усули билан ечилади.	1. Тақрибий усул ҳисобланади. 2. Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламаларни ечади. 3. Ишчи алгоритм ва дастур таъминотига эга. 4.Тақрибий ҳисоблашда хосил бўладиган хатоликларни камайтириш имконияти мавжуд.	1. Тақрибий-аналитик усул ҳисобланади. 2. Натижа аналитик формула кўринишида олинади. 3. Номаълумлардан иборат система Гаусс усули билан ечилади. 4. Базис функция танланади.

Топшириқ:

Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасини тақрибий ҳисоблашнинг «Эйлер» ва «Рунге-Кутта» усуллари учун Венн диаграммасини тузинг,

Ҳар бир гуруҳнинг фаоллиги ва топқирлиги машғулот сўнгида рағбатлантирилади. Мавзуга тегишли барча тушунчалар таҳлил этилгандан сўнг иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасини тақрибий ҳисоблашнинг алгоритм блок-схемаси ҳар бир микрогуруҳда қурилади ва ўқитувчи томонидан умумлаштирилиб, ягона хисоблаш схемаси талабалар эътиборига ҳавола этилади. Унга мос дастур таъминотини алгоритмик тилларда тузиш талабаларга мустақил топшириқ сифатида топширилади. Худди шу жойда «Ким эпчил-у ким чаққон» ўйинини ўтказиш мақсадга мувофиқ. Бунда ҳар бир талаба берилган топшириқ бўйича дастурлаш салоҳиятини намойиш қилишга астойдил ҳаракат қилади. Усулнинг дастур таъминоти барча талабаларга тушунтириб чиқилгач, бевосита ихтиёрий дифференциал тенгламалар системасини ечиш учун нималарни киритиш, нималарга эътибор бериш кераклиги ҳақидаги талабалар фикри аниқланади ва умумлаштирилади.

3.5 Хисоблаш техникаси мутахассисларини иш фаолиятларини тартибга солишнинг чора – тадбирлари

Хисоблаш техникаси ва компюьтер ҳоналари ўта замонавий қимматбахо электрон қурилмалар-ҳисоблаш машиналари билан жиҳоланган маъсулиятли ва махсус иш жойидир. Шунинг учун иш бошлашдан олдин махсус кийим ва ҳимоя воситалари билан ҳодимлар аввалам бор ўзларини жихозлаб сўнгра қурилмаларни ва барча иш жойларининг бутунлиги, экранларнинг созлиги кабиларга асосан эътибор қаратилиши керак. Шунинг учун дастурчи шошмасилмасдан, стол-стулларни сурмасдан эхтиёткорлик билан ишни бошлаши керак. Офис техникалари ва ЭХМ юқори кўчланишли электр токи билан ишлаганлари учун, кабеллар ва мониторлар билан нотўғри фойдаланилса электр токидан жарохатланишга ёки қурилмаларнинг ишдан чиқишига олиб келиши мумкин. Шунинг учун хавфли ва зарарли омиллари таъсирининг олдини олиш мақсадида қўйидаги ҳаракатлар қатъий тақиқланади:

-электр билан таъминлаш тармоқларига, манба улагичларига ишлаб турганда тегиш ва таъмирлаш;

-назоратдан ўтказилмаган қурилмаларни улаш ва узиш, қаровсиз қолдириш;

-аппаратура ва ҳисоблаш техникаси воситаларини назоратсиз қолдириш;

-кейснинг корпуси ва изолация бузилган ўтказгичлар билан ишлаш;

-ҳонага бегона кишиларни кириши ва ишчиларни чалғитиш;

-хисоблаш техгикаси ҳонасига ва бошқа тақиқланган предметларни олиб кириш тугмаларни ортиқча куч билан босинг;

-хўл қўл ва нам кийим билан қурилмалардан фойдаланиш, ҳолатсиз ишлатиш;

-ҳисоблаш техникаси билан 2 соатдан ортиқ узлуксиз ишлаш;

Ҳисоблаш техникаларини ишлашга тайёрлаш бўйича қўилган талаблар:

-техник воситаларини назоратдан ўтказгандан сўнг тайёрлигига ишонч ҳосил қилиш;

-иш жойига шундай ўтириш керакки, экраннинг операторга тўғри бўлиши, клавитурадан фойдаланиш ва монитор экрандаги ахборотларни кўришга қулай бўлиши. Журнал ва бошқа ахборот хужжатлари ишлаётганда ҳалал бермайдиган бўлиши керак.

-қурилмаларни ёпқичларини ишини бошлашдан олдин очиб журналга қайдномага ёзиб сўнгра иш бошланади.

-электр манбаига улашда аввал атроф қурилмалар, охирида эса компьютер уланиши ва бошқа кетма-кетлик тартибига риоя қилиш керак.

-иш вақтида эътибор билан аниқ харакат қилиш ва ўз-ўзини назорат қила-олиш, бунинг учун ёруғлик, микроиқлим шароити кўрсатикичлари таъминлаш меъёрида бўлишини таъминлаш. Агар юқоридаги қайд этилган мехнат шароитлари ноқулай бўлса, ҳодимларни ёмон кайфиятда бўлганда ишлатиши мумкин эмас.

-рангли мониторларга ҳимоя фильтри ўрнатиш мақсадга мувофиқдир, агар фильтр қўйилмаган бўлса, кўз ойнакдан фойдаланиш зарур.

Хисоблаш техникалари билан ишалаётганда риоя қилинган тадбирлар:

-ҳисоблаш техникаси ҳоналарида хавфсизлик техникаси талабларига қаттиқ риоя қилиш;

-қурилмаларнинг тўғри ишлаётганлигини кузатиш, аппаратлар ўз-ўзидан ўчиб қолганда ёки ҳар ҳил товуш чиқарганда тезлик билан ишни тўхтатиш ва маъмуриятга хабар бериш;

-ҳисоблаш техникасида ва компьютерларда фақат буюрилган иш билан шуғулланиш ва рухсат олинган воситалар билан ишлаш;

-клавитура тугмачаларини зарб билан босмасдан, тоза ва қуруқ қўл билан ишлаш;

-агар қурилмалар бузилган бўлса ёки нотўғри ишлаётган бўлса, ўзингиз тузатишга уринманг, фақат махсус мутахассисга мурожаат қилинг.

Иш тамом бўлганда кейинги талаблар:

-ҳисоблаш техникаси қурилмаларини манбадан узишда тескари кетма-кетлик тартибига риоя қилинг. Электр манбадан узишни унутманг ва ишини тугатиш вақтини ёзиб қўйинг.

-иш тугагандан кейин тоза юмшоқ материал билан артиб тозаланг.

Ҳисоблаш техникаси ва компьютер билан шуғулланувчи ҳар бир ҳодим ўт ўчириш жихозларини ҳонанинг қайси жойига жойлашганини билиши керак. Бирор нохуш хидни сезганда ёки ёнғин содир бўлганда зудлик билан ишни тўхтатиб, қурилмаларни электр манбаидан узиш ва ёнғинни ўчириш тадбирларини кўриш лозим.

Электр токи таъсирида жарохатланиш ва турли бахтсиз ҳодисалар келиб чиқишнинг олдини олиш учун электр кучланиш билан ишлайдиган жихозлардан белгиланган тартибда, каддий риоя қилган ҳолда ишлаши лозим.

Электр токи билан жарохатланганда тезлик билан токни узиш ёки ўчириш ва электр токидан жарохатланган кишини озод қилиб биринчи тиббий ёрдам кўрсатиш керак. Агар нафас олиши тўхтаб қолган бўлса сунъий нафас бериш ва умумий ҳолатини яхшилаш чораларини кўриш учун аптечка қутисидаги дорилардан фойдаланиш ва зудлик билан тиббий ёрдам хизматига хабар бериш. Хисоблаш техникаси билан ишлайдиган ҳоналардаги аптечка қутиси зарур дорилар билан таъминланган бўлиши шарт.

Иш бошлашдан олдин, иш даврида ва иш тамом бўлгандан кейинги талаблар билан таништириш ва ўргатиш, ҳамда уни ташкилий тартибини ўргатишнидан иборат. Ҳимоя кийимлари, ҳимоя воситаларидан фодаланиш ва уларнинг аҳамиятини тушунтириш. Ишни бажаришнинг хавфсиз усуллари ва воситаларидан, фойдаланиш қоидалари ва ҳодимларни бурч ва вазифалари, мажбуриятлари, бундан ташқари хавфли ҳолат рўй берганда қандай ҳаркат қилиш тартиби билан таништириш. Тушунтириш ишларини ўтказган инженер-техник ҳодимлар исми фамилияси махсус журналга ёзиб борилади. Иш жойлари ҳонаси турли огохлонтирувчи белгилар билан жихозланган бўлиши керак.

Масалан:

- ҳисоблаш техникаси қурилмалари ишлатилаётганда ҳаво айланадиган тўйникларни тўсиб ёки ёпиб қўйманг.

-қурилма ва аппаратларга суюқлик қўйманг ва тўкилишига йўл қўманг;

-чанг, намлик, қуёш нури тушишидан офис техникасини эхтиёт қилинг;

-магнит жисмларни яқинлаштирманг;

-электр манбага уловчи кабелларни оёқ остида, стол ва стул остида қолдирилманг;

-асбобларни тўғридан-тўғри улаш ёки узиш мумкин эмас, кетма-кетлик улаш ва узиш қоидаларига риоя қилинг ва ҳакозолар.

Ҳисолаш техникасида тўғри ва аниқ малумот олиш учун дискетларни эхтиёт қилиш бўйича қўйидаги огохлантирувчи белгилар билан жихозлаш зарур:

-магнитли қатламга қўл тегизманг

-дискетни магнитли жисмга яқинлаштирманг

-дискетни 10-60 ^{o}С ҳароратли мухитда сақланг

-химояловчи тўсиқни бехуда силжитманг

-дискетни дисководга эхтиёткорлик билан белгиланган талаби бўйича жойлаштиринг

-дискетни турли механик ва ташқи таъсиридан сақланг

Ҳисоблаш техникаси билан ишлайдиган ҳона ҳавоси микроиқлимат шароити кўрсатилган меъёрида бўлишини таъминлаш, яъни қизиб, намлиги пасайганда ионлашганлик сифати бузилади. Ҳаво таркибида органик моддалар ва ис гази миқдори ортиб кетади. Натижада электрон қурилмалар ва трубкаларнинг ишлашидан 50 Гц ли электронмагнит майдон ҳосил бўлиб ишчиларга таъсир қилиши мумкин. Шу боис мазкур иш жойларида микроиқлимат шароити кўрсатичларини енгил жисмоний мехнат меъёрлари бўйича таъминланади. Бунда ҳарорат 20-22 ^{o}С намлиги 30-45% да ушлаб туриш керак.

Иш жойларига табиий ва сунъий ёруғлик оператор ишлаш жойининг чап томондан тушадиган килиб, ёруғлик меъёри 300 люкс атрофида бўлиши керак. Электрон монитордан ахборотларни ўқишни қулайлаштириш мақсадида монитор ўқи билан горизонтал текислик орасидаги бурчак 15-20 градус атрофида бўлиши, кўриш бурчаги 45 градусдан ортмаслиги керак. Кўзни тез чарчатиб қўймаслик учун электрон кўзгуга 60-70 см масофадан қараш тавсия этилади. Иш жойида 5-7 градус олдинга энгашиб, елкаларни тутган холда, ёнга қийшаймасдан, эркин ўтириши керак. +уриш даражаси паст бўлган ҳодимлар кўз ойнак билан ишлатишлари лозим.

Ҳонанинг тозалигига қатъий риоя қилиш шарт. Ҳонанинг полини супурмасдан намланган латта билан артиш, жихозлар чангини тоза юмшоқ, намланган латта билан тозалаш жоиз. Албатта бу ишларни жихозлари электр токидан ўзилган ҳолатда амалга оширилади. Кўзгу ойнасида зарядланган чанг заррачалари бўлиб, улар нафас йўлларига ёки киши танасининг тирналган жойларига тушиши натижасида тузалиши қийин бўлган яралар пайдо бўлишига сабаб бўлади.

ХУЛОСА

«Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига келтирилган чегаравий масалаларни (фазовий стержен мисолида) сонли ечишни ташкил қилиш учун амалий дастурлар боғламини яратиш» мавзуси бўйича магистрлик диссертациясини бажариш, қуйидаги вазифаларни ҳал этиш орқали амалга оширилди:

- Мавзунинг назарий асослари ўрганилди ва унинг амалий аҳамияти очиб берилди;
- Мавзуга доир адабиётлар ўрганилди ва улардаги олиб борилган илмий изланишлар тахлил қилинди;
- Замонавий дастурлаш тиллари ва улардан фойдаланиш имкониятлари тахлили Mathcad дастурий воситаси ва Delphi дастурлаш тили мисолида очиб берилди;
- Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системаси ва улар орқали ифодаланадиган чегаравий масалалар ўрганилди;
- Сонли усуллардан бири, чекли айирмалар усули ёрдамида иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасини хисоблаш алгоритми ишлаб чиқилди;
- Амалий дастурлар боғлами лойихаланди ва уни яратиш технологияси ишлаб чиқилди;
- Фазовий стерженни биринчи ва иккинчи чегаравий шартлардаги амалий масалалари ечилди. Олинган натижалар жадвал ва графиклар кўринишида келтирилди;
- Яратилган амалий дастурлар боғламидан фойдаланиш бўйича тавсиялар келтирилди;
- Ишнинг методик қисми сифатида, “Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системаси” мавзусини инерфаол стратегиялар асосида ўқитишни ташкил этилди

- Хисоблаш техникаси мутахассисларининг хаёт фаолияти хавфсизлиги масалаларига оид муаммолар ижобий хал этилди;
- Диссертация якунида эса, уни тайёрлашда фойдаланилган адабиётлар рўйўати ва илова материаллари келтирилди.

Хулоса қулиб шуни айтмоқчиманки, магистрлик диссертациясини бажаришда ўрганган, танишган барча назарий ва амалий маълумотларим асосида келажакда етук мутахассис бўлиб етишиш билан бир қаторда, бу ишларни давом эттириб келгусида илмий тадқиқот ишларини олиб бормоқчиман.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Каримов И.А. Янгича фикрлаш ва ишлаш давр талаби. Тошкент, 1997й.
2. Каримов И.А. Ўзбекистон буюк келажак сари. Тошкент, 1998й.
3. Каримов И.А. Баркамол авлод орзуси. Тошкент, 1999й.
4. Ўзбекистон Республикаси «Таълим тўғрисида”ги конуни.
5. Ўзбекистон Республикаси «Кадрлар тайёрлаш миллий дастури”
6. Ўзбекистон Республикаси Президентининг «Компьютерлаштиришни янада ривожлантириш ва ахборот коммуникация технологияларини жорий этиш тўғрисида”ги 2002 йил 31 майдаги қонуни.
7. Кабулов В.К. Алгоритмизация в теории упругости и деформационной теории пластичности. Т.: «ФАН», 1966, 394 с.
8. Буриев Т. Алгоритмизация расчета несущих элементов тонкостенных конструкций. Т.: Фан, 1986. 244 с.
9. Молчанов И.Н. О некоторых требованиях к пакетам программ для решения научно– технических задач. «Кибернетика», 1977 г., №1
10. Рашидов Т.Р., Юлдашев Т. Математические модели сейсмодинамики сложных систем подземных сооружений. Труды VI Международного научного симпозиума «Современные проблемы пластичности и устойчивости в механике деформируемого твердого тела» , Тверь, 2006.
11. Самарский А. А., Гулин А. В. «Численные методы” Учебное пособие М. Наука 1989г.
12. Самарский А.А. Теория разностных схем. М., «Наука», 1977 г.
13. Самарский А. А., Андреев В. Б. “Разностьные методы для эллиптических уравнений” М.: Наука –1976г
14. А.А.Самарский “Введение в теорию разностьных схем” М.: Наука – 1971г.

15. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики М., «ГИФМН», 1963 г.
16. Ильюшин А. А., Пластичность. М. 1963 г
17. Бадалов Т. Б. Шодмонов «Математик моделаштириш ва муҳандислик масалаларини сонли ечиш усуллари» Тошкент. Фан. 2000 й
18. Бахвалов Н.С. Жидков Н.Г., Кобельков Г.М. Численные методы. Москва, «Наука», 1987.
19. Заверькин В.М. и др. "Численные методы" Москва "Просвещение" 1991г.
20. Воробьева Г.Н., Данилова А.Н. "Практикум по вычислительной математике". Москва. "Высшая школа" 1990 г
21. Марчук Г. И. «Методы вычислительной математики». Учебное пособие. Москва 1984й.
22. Азиз Х., Сеттари Э. «Математическое моделирование пластовых систем».–М.:Недра, 1982г.
23. Дифференциальные уравнения и их приложения. Материалы Республиканской научной конференции, посващенной 100 летию академика Исаака Самойловича Куклеса. Том II. Самарканд 2005 г
24. Арутюнян Н. Х., Абрамян Б. Л. «Кручения упругих тел» Москва, «Наука», 1963г.
25. Тимошенко С. П., Войновский К. С. «Пластинки и оболочки» Москва, «Наука», 1966г.
26. Хўжаёров Б. Х. «Қурилиш масалаларини сонли ечиш усуллари” Тошкент. Ўзбекистон, 1995й.
27. Олимов М. Исследование упруго–пластических состояний пространственных стержней при переменных нагружениях. // Автореферат на соискание ученой степени кандидата физика – математических наук, Т.: 1986г.
28. Магистрант: А.Норматов, доц. М.Олимов, асс. Д.Бекмирзаев «Иккинчи тартибли оддий дифференциал тенгламалар системасига

келтириладиган чегаравий масалаларни чекли айирмалар усули ёрдамида ечиш». // Конференция материаллари тўплами, Наманган 2010й.

29. Баженов И. Delphi 7. Самоучитель по программирования., М., Мир, 2003 г.
30. Иванова Г.С. Объектно ориентированное программирование. Учебник. МГТУ им Баумана. 2003 г.
31. Фаронов В. Delphi: Програмирование на языке высокого уровня, Петербург, 2003 г.
32. Фаулер М., Скотт К. Применение стандартного языка объектного моделирования. М., Мир, 1999.
33. Matcad: практикум для экономистов и инженеров, Москва «Финансыи статистика», 1999 г

Фойдаланилган Интернет сахифалари

1. WWW.nauka.ru
2. www.ziyonet.uz
3. www.sai.msu.su «Механика твердого тела», «Прикладной механика твердого деформируемого тела»
4. techno.edu.ru
5. www.ksu.ru Научно педагогические школы КТУ: Мехпника: «Механика твердого деформируемого тела»
6. www.astronet.ru «Мехуника твердого тела». Лекции
7. www.farpi.uz Ферганский Политехнический Институт «Уравнение четвертого порядка»
8. www.alglib.sourse.ru Библиотека алгоритма «Метод Рунге-Кутта четвертого порядке для решение системы уравнений первого порядка»

ИЛОВА

```
unit Unit1;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, Grids;

  TForm1 = class(TForm)
    Button1: TButton;
    Button3: TButton;
    Label12: TLabel;
    Label13: TLabel;
    Edit3: TEdit;
    Edit4: TEdit;
    Im1: TImage;
    GroupBox1: TGroupBox;
    CheckB1: TCheckBox;
    Label24: TLabel;
    Label49: TLabel;
    Edit12: TEdit;
    Image1: TImage;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Edit8Exit(Sender: TObject);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1;

implementation

uses Unit2;

{$R *.dfm}

// ********** матрицани матрицага купайтириш ***********//
 procedure umm(_a,_b:mas2; m,q:integer; var _c:mas2);
  var
  i,j,k:integer;
  r:double;
 begin
 setlength(_c,m+1,q+1);
  for i:=1 to q do
  for j:=1 to q do
  begin
```

```
  r:=0;
   for k:=1 to q do
    r:=r+_a[i,k]*_b[k,j];
    _c[i,j]:=r;
 end;
end;

// ********** матрицани матрицага кушиш ***********//
procedure kmm(_a,_b:mas2; m,q:integer; var _c:mas2);
 var
 i,j:integer;
begin
setlength(_c,m+1,q+1);
 for i:=1 to m do
 for j:=1 to q do
 _c[i,j]:=_a[i,j]+_b[i,j];
 end;

  // ********** матрицани матрицадан айиришиш ***********//
procedure mam(_a,_b:mas2; m,q:integer; var _c:mas2);
 var
 i,j:integer;
begin
setlength(_c,m+1,q+1);
 for i:=1 to m do
 for j:=1 to q do
 _c[i,j]:=_a[i,j]-_b[i,j];
 end;

  // ********** векторни векторга кушиш ***********//
procedure kvv(_a,_b:mas1; m:integer; var _c:mas1);
 var
 i:integer;
begin
setlength(_c,m+1);
 for i:=1 to m do
 _c[i]:=_a[i]+_b[i];
 end;

 // ********** матрицани векторга купайтириш ***********//
 Procedure umv(_a:mas2;_b:mas1; m,n:integer; var _c:mas1);
 var
  i,j:integer;
  r:real;
 begin
  setlength(_c,m+1);
    for i:=1 to m do
     begin
     r:=0;
      for j:=1 to n do
       r:=r+_a[i,j]*_b[j];
       _c[i]:=r
```

```
     end;
 end;

 // ********** Матрицани сонга булиш ***********//
Procedure bmats(a:mas2; b:real; n:integer; Var x:mas2);
var
 i,j:integer;
begin
 setlength(x,n+1,n+1);
 for i:=1 to n do
 for j:=1 to n do
  x[i,j]:=a[i,j]/b;
end;
// ********** Векторни сонга булиш ***********//
Procedure bvecs(a:mas1; b:real; n:integer; Var x:mas1);
var
 i:integer;
begin
 setlength(x,n+1);
 for i:=1 to n do
  x[i]:=a[i]/b;
end;

 // ********** Матрицани сонга купайтириш ***********//
Procedure kmats(a:mas2; b:real; n:integer; Var x:mas2);
var
 i,j:integer;
begin
 setlength(x,n+1,n+1);
 for i:=1 to n do
 for j:=1 to n do
  x[i,j]:=a[i,j]*b;
end;

 // ********** Векторни сонга купайтириш ***********//
Procedure Kvecs(a:mas1; b:real; n:integer; Var x:mas1);
var
 i:integer;
begin
 setlength(x,n+1);
 for i:=1 to n do
  x[i]:=a[i]*b;
end;

// ********** Гаусс усули ***********//
Procedure Gauss(a:mas2; b:mas1; n:integer; Var x:mas1);
var
   k,l,m,i:integer;
   s:real;
begin
  setlength(a,n+1,n+1);
  setlength(x,n+1);
```

```
  for k:=1 to n-1 do
 begin
    for m:=k+1 to n do
   begin
      for l:=k+1 to n do
       a[m,l]:=a[m,l]-a[m,k]*a[k,l]/a[k,k];
      b[m]:=b[m]-a[m,k]*b[k]/a[k,k];
    end;
end;
  x[n]:=b[n]/a[n,n];
  for k:=n-1 downto 1 do
 begin
    s:=0;
    for i:=k+1 to n do s:=s+a[k,i]*x[i];
    x[k]:=(b[k]-s)/a[k,k];
  end;
end;

// ********** тескарисни топиш ***********//
procedure invert(A:mas2;n:integer);
var i,j:integer;
b,x:mas1;
t:mas2;
begin
 setlength(b,n+1);
 setlength(x,n+1);
 setlength(t,n+1,n+1);
  For I:=1 to n do
    Begin
      For J:=1 to n do
      If i=j Then B[J]:=1 else B[J]:=0;
      Gauss(A,B,N,x);
      For J:=1 to n do T[J,I]:=X[J];
    End;
    For I:=1 to n do
    For J:=1 to n do
        a[i,j]:=t[i,j];
end;

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
var                         fayl:textfile;
 am,bp,bm,bpc:mas2;
 a11,a12,a21,a22,b11,b12,b21,b22:mas2;
 d11,d12,d21,d22,dk11,dk12,dk21,dk22:mas2;
 ddk11,ddk12,ddk21,ddk22:mas2;
 c11,c12,c21,c22:mas2;
 d,d1,a,b,c,a_,b_,c_:mas2;
 dk1,dk2,beta1,beta2,f1,f2:mas1;
 ff1,ff2:mas1;
 uk1,uk2: mas2;
 alfa11,alfa12,alfa21,alfa22:mas2;
 alk11,alk12,alk21,alk22: mas3;
```

```
 bek1,bek2: mas2;
 uukk,v,v_,beta:mas1;
 i,j:integer;
 l,h0,b0,e,h,h3,b3,Y0,k,f1p,f2p,f3p,f1m,f2m,f3m:real;
 s:integer;
 m,n,n1:integer;
 ul1,ul2,uu1,uu2,u1,u2,f,ff,d2:mas1;
 be1:mas2;
 ss:string;
 w,alf1,bet1,ve,alf2,bet2,u,tetta,nyu:mas1;
 sum,summa:real;
begin
        assignfile( fayl,'D:\natija 3.1 ga.txt'); rewrite(fayl);

 checkb1.Checked:=true;
 checkb2.Checked:=true;
 checkb3.Checked:=true;
 checkb4.Checked:=true;

 label1.Caption:=''; label2.Caption:=''; label3.Caption:='';
  label6.Caption:='';
 m:=4; n:=4;
 l:=strtofloat(edit3.Text);
 h0:=strtofloat(edit4.Text);
 b0:=strtofloat(edit1.Text);
 e:=strtofloat(edit6.Text);
 n1:=strtoint(edit8.Text);
 h:=1/n1;
 b3:=b0*b0*b0;
 h3:=h0*h0*h0;
 Y0:=b0*h3/12;
 k:=6/5;
 f1p:=StrToFloat(Edit2.text);     f2p:=StrToFloat(Edit9.Text);   f3p:=StrToFloat(Edit11.Text);
 f1m:=StrToFloat(Edit5.Text);   f2m:=StrToFloat(Edit10.Text);   f3m:=StrToFloat(Edit12.Text);

        writeln(fayl,'n=',floattostr(n1),'  bulganda:');

for i:=1 to n do
 for j:=1 to m do
  begin
    a[i,j]:=0; b[i,j]:=0; c[i,j]:=0; d[i,j]:=0;
    if i=1 then f[j]:=0;
  end;

            a[1,1]:=b0*h0*l*l/(3*Y0);
    a[4,4]:=a[1,1];
            a[2,2]:=Y0/Y0;
            a[2,3]:=-(((b0*h3/(8*k))-(b0*h3/(40*k))-(b0*h3/12))/Y0);
            a[3,2]:=a[2,3];
            a[3,3]:=((3*b0*h3/(16*k*k))-(3*b0*h3/(40*k*k))+(b0*h3/(112*k*k))-
(b0*h3/(4*k))+(b0*h3/(20*k))+(b0*h3/12))/Y0;
            b[1,2]:=-a[1,1];
```

```
        b[1,3]:=(((3*b0*h0/(2*k))-(b0*h0/(2*k))-(b0*h0))*l*l)/(3*Y0);


        c[2,1]:=a[1,1];
        c[3,1]:=-b[1,3];

        d[2,2]:=b[1,2];
        d[2,3]:=b[1,3];
        d[3,2]:=d[2,3];
        d[3,3]:=-((((9*b0*h0/(4*k*k))-(3*b0*h0/(2*k*k))-
(3*b0*h0/k)+(9*b0*h0/(20*k*k))+(b0*h0/k)+(b0*h0))*l*l)/(3*Y0));


  f[1]:=((h0+b0)*(f3p+f3m)*l*l*l*l)/(e*h0*Y0);
  f[2]:=((f1p-f1m)*l*l*l*b0)/(2*e*Y0);
  f[3]:=((f1p*(-h0/12)+f1m*(h0/12))*l*l*l*b0)/(e*h0*Y0);
  f[4]:=((h0+b0)*(f2p+f2m)*l*l*l*l)/(e*h0*Y0);
for s:=1 to n1-1 do
 begin
  kvecs(f,h,n,f1);
  kvecs(f,h,n,f2);
//************************************
  kmm(a,a,m,n,a_);
  bmats(a_,(2*h),n,a11);
  bmats(a_,(2*h),n,a22);
  bmats(a_,(2*h),n,c11);
  bmats(a_,(2*h),n,c22);
  kmm(b,c,m,n,a12);
  kmm(b,c,m,n,b12);
  kmats(b12,-1,n,b21);
  kmats(b12,-1,n,c21);
  for i:=1 to n do
  for j:=1 to m do
   begin a21[i,j]:=0; c12[i,j]:=0; end;
// ***************************************
  kmm(a11,a11,m,n,b_);
  kmats(d,h,n,c_);
  mam(b_,c_,m,n,b11);
  mam(b_,c_,m,n,b22);
//****************************************


        if s=1 then
  begin
   for i:=1 to n do
   for j:=1 to n do
   begin
     alk11[s-1,i,j]:=0; alk12[s-1,i,j]:=0;
     alk21[s-1,i,j]:=0; alk22[s-1,i,j]:=0;
     bek1[s-1,i]:=0;  bek2[s-1,i]:=0;
   end;
 end;
 for i:=1 to n do
```

```
 for j:=1 to m do
 begin
   alfa11[i,j]:=alk11[s-1,i,j]; alfa12[i,j]:=alk12[s-1,i,j];
   alfa21[i,j]:=alk21[s-1,i,j]; alfa22[i,j]:=alk22[s-1,i,j];
   beta1[i]:=bek1[s-1,i]; beta2[i]:=bek2[s-1,i];
 end;
           kumm(c11,c12,c21,c22,alfa11,alfa12,alfa21,alfa22,n,n,d11,d12,d21,d22);
           kmam(b11,b12,b21,b22,d11,d12,d21,d22,n,m,dk11,dk12,dk21,dk22);
           invmk(dk11,dk12,dk21,dk22,ddk11,ddk12,ddk21,ddk22,n);
           kumm(ddk11,ddk12,ddk21,ddk22,a11,a12,a21,a22,n,n,alfa11,alfa12,alfa21,alfa22);
           kumv(c11,c12,c21,c22,beta1,beta2,n,dk1,dk2);
           kav(dk1,dk2,f1,f2,n,ff1,ff2);
           kumv(ddk11,ddk12,ddk21,ddk22,ff1,ff2,n,beta1,beta2);

           for i:=1 to n do
               for j:=1 to n do
       begin
         alk11[s,i,j]:=alfa11[i,j]; alk12[s,i,j]:=alfa12[i,j];
         alk21[s,i,j]:=alfa21[i,j]; alk22[s,i,j]:=alfa22[i,j];
         bek1[s,i]:=beta1[i];  bek2[s,i]:=beta2[i];
       end;


if s=1 then
  begin
      for i:=1 to n do
      for j:=1 to m do
 begin
   alfa11[i,j]:=0; alfa12[i,j]:=0;
   alfa21[i,j]:=0; alfa22[i,j]:=0;

   beta1[i]:=0; beta2[i]:=0;

   alk11[s,i,j]:=0; alk12[s,i,j]:=0;
   alk21[s,i,j]:=0; alk22[s,i,j]:=0;

   alk11[0,i,j]:=0; alk12[0,i,j]:=0;
   alk21[0,i,j]:=0; alk22[0,i,j]:=0;

   alk11[n1,i,j]:=0; alk12[n1,i,j]:=0;
   alk21[n1,i,j]:=0; alk22[n1,i,j]:=0;

   bek1[s,i]:=0; bek2[s,i]:=0;
   bek1[0,i]:=0; bek2[0,i]:=0;
   bek1[n1,i]:=0; bek2[n1,i]:=0;
 end;
  end;

  kumm(c11,c12,c21,c22,alfa11,alfa12,alfa21,alfa22,n,n,d11,d12,d21,d22);
  kmam(b11,b12,b21,b22,d11,d12,d21,d22,n,m,dk11,dk12,dk21,dk22);
  invmk(dk11,dk12,dk21,dk22,ddk11,ddk12,ddk21,ddk22,n);
  kumm(ddk11,ddk12,ddk21,ddk22,a11,a12,a21,a22,n,n,alfa11,alfa12,alfa21,alfa22);
```

```
 kumv(c11,c12,c21,c22,beta1,beta2,n,dk1,dk2);
 kav(dk1,dk2,f1,f2,n,ff1,ff2);
 kumv(ddk11,ddk12,ddk21,ddk22,ff1,ff2,n,beta1,beta2);

for i:=1 to n do
 for j:=1 to n do begin
  alk11[s+1,i,j]:=alfa11[i,j]; alk12[s+1,i,j]:=alfa12[i,j];
  alk21[s+1,i,j]:=alfa21[i,j]; alk22[s+1,i,j]:=alfa22[i,j];
  bek1[s+1,i]:=beta1[i];  bek2[s+1,i]:=beta2[i]; end;

end;


 for i:=1 to n do
 begin
    u1[i]:=0; u2[i]:=0;
    uk1[0,i]:=0; uk2[0,i]:=0;
    uk1[n1,i]:=0; uk2[n1,i]:=0;
 end;

          for s:=n1-1 downto 1 do
          begin
                    for i:=1 to n do
                    for j:=1 to n do
                    begin
                    alfa11[i,j]:=alk11[s,i,j]; alfa12[i,j]:=alk12[s,i,j];
                    alfa21[i,j]:=alk21[s,i,j]; alfa22[i,j]:=alk22[s,i,j];
                    beta1[i]:=bek1[s,i]; beta2[i]:=bek2[s,i];
                    end;
          kumv(alfa11,alfa12,alfa21,alfa22,u1,u2,n,uu1,uu2);
          kkv(uu1,uu2,beta1,beta2,n,u1,u2);
                    for i:=1 to n do
                    begin
          uk1[s,i]:=u1[i]; uk2[s,i]:=u2[i];
                    end;
          end;

      write(fayl,'  W egilish ');
      write(fayl,'           alfa1');
      write(fayl,'             betta1');
      writeln(fayl,'              V');


im1.Canvas.Pen.Color:=clblack;
im1.Canvas.MoveTo(0,150);
im1.Canvas.LineTo(300,150);
for s:=0 to n1 do
begin
 for i:=1 to n do begin
 u1[i]:=uk1[s,i];
 u2[i]:=uk2[s,i];  end;
 kvv(u1,u2,n,uukk);
```

```
  bvecs(uukk,2,n,v);
  if (n1=10) then
  begin
      write(fayl,FloatToStrF(v[1],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        write(fayl,FloatToStrF(v[2],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        write(fayl,FloatToStrF(v[3],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        writeln(fayl,FloatToStrF(v[4],ffNumber,10,8));

  form1.label1.Caption:=label1.Caption+floattostr(v[1])+#13;
  form1.label2.Caption:=label2.Caption+floattostr(v[2])+#13;
  form1.label3.Caption:=label3.Caption+floattostr(v[3])+#13;
  form1.label6.Caption:=label6.Caption+floattostr(v[4])+#13;

  end
 else   if (n1=20) and (s mod 2=0) then
  begin
      write(fayl,FloatToStrF(v[1],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        write(fayl,FloatToStrF(v[2],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        write(fayl,FloatToStrF(v[3],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        write(fayl,FloatToStrF(v[4],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        write(fayl,FloatToStrF(v[5],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        write(fayl,FloatToStrF(v[6],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        write(fayl,FloatToStrF(v[7],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        write(fayl,FloatToStrF(v[8],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        writeln(fayl,FloatToStrF(v[9],ffNumber,10,8));

  form1.label1.Caption:=label1.Caption+floattostr(v[1])+#13;
  form1.label2.Caption:=label2.Caption+floattostr(v[2])+#13;
  form1.label3.Caption:=label3.Caption+floattostr(v[3])+#13;
  form1.label6.Caption:=label6.Caption+floattostr(v[4])+#13;
  end
  else   if (n1=40) and (s mod 4=0) then
  begin
      write(fayl,FloatToStrF(v[1],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        write(fayl,FloatToStrF(v[2],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        write(fayl,FloatToStrF(v[3],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        write(fayl,FloatToStrF(v[4],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        write(fayl,FloatToStrF(v[5],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        write(fayl,FloatToStrF(v[6],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        write(fayl,FloatToStrF(v[7],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        write(fayl,FloatToStrF(v[8],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        writeln(fayl,FloatToStrF(v[9],ffNumber,10,8));

  form1.label1.Caption:=label1.Caption+floattostr(v[1])+#13;
  form1.label2.Caption:=label2.Caption+floattostr(v[2])+#13;
  form1.label3.Caption:=label3.Caption+floattostr(v[3])+#13;
  form1.label6.Caption:=label6.Caption+floattostr(v[4])+#13;
  end
  else   if (n1=80) and (s mod 8=0) then
  begin
      write(fayl,FloatToStrF(v[1],ffNumber,10,8));
      write(fayl,'       ');        write(fayl,FloatToStrF(v[2],ffNumber,10,8));
```

```
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[3],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[4],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[5],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[6],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[7],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[8],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         writeln(fayl,FloatToStrF(v[9],ffNumber,10,8));

  form1.label1.Caption:=label1.Caption+floattostr(v[1])+#13;
  form1.label2.Caption:=label2.Caption+floattostr(v[2])+#13;
  form1.label3.Caption:=label3.Caption+floattostr(v[3])+#13;
  form1.label6.Caption:=label6.Caption+floattostr(v[4])+#13;
  end
  else   if (n1=100) and (s mod 10=0) then
  begin
     write(fayl,FloatToStrF(v[1],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[2],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[3],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[4],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[5],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[6],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[7],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[8],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         writeln(fayl,FloatToStrF(v[9],ffNumber,10,8));

  form1.label1.Caption:=label1.Caption+floattostr(v[1])+#13;
  form1.label2.Caption:=label2.Caption+floattostr(v[2])+#13;
  form1.label3.Caption:=label3.Caption+floattostr(v[3])+#13;
  form1.label6.Caption:=label6.Caption+floattostr(v[4])+#13;
  end
  else   if (n1=160) and (s mod 16=0) then
  begin
     write(fayl,FloatToStrF(v[1],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[2],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[3],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[4],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[5],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[6],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[7],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         write(fayl,FloatToStrF(v[8],ffNumber,10,8));
     write(fayl,'       ');         writeln(fayl,FloatToStrF(v[9],ffNumber,10,8));

  form1.label1.Caption:=label1.Caption+floattostr(v[1])+#13;
  form1.label2.Caption:=label2.Caption+floattostr(v[2])+#13;
  form1.label3.Caption:=label3.Caption+floattostr(v[3])+#13;
  form1.label6.Caption:=label6.Caption+floattostr(v[4])+#13;
  end;
END;
//*********  W grafigi******************
 im1.Canvas.Pen.Color:=clblack;
 im1.Canvas.MoveTo(0,150);
 im1.Canvas.LineTo(300,150);
```

```
  for s:=0 to n1 do
  begin
   for i:=1 to n do begin
   u1[i]:=uk1[s,i];
   u2[i]:=uk2[s,i];  end;
   kvv(u1,u2,n,uukk);
   bvecs(uukk,2,n,v);
      im1.Canvas.LineTo(s*20,round(-v[1]*2500)+150);
      im1.Canvas.Pen.Color:=clpurple;
  end;

//************ alfa1 grafigi ****************
  im1.Canvas.Pen.Color:=clblack;
  im1.Canvas.MoveTo(0,150);
  im1.Canvas.LineTo(300,150);
  for s:=0 to n1 do
  begin
   for i:=1 to n do begin
   u1[i]:=uk1[s,i];
   u2[i]:=uk2[s,i];  end;
   kvv(u1,u2,n,uukk);
   bvecs(uukk,2,n,v);
      im1.Canvas.LineTo(s*20,round(-v[2]*2500)+150);
      im1.Canvas.Pen.Color:=clblue;
  end;

//************ beta1 grafigi ****************
  im1.Canvas.Pen.Color:=clblack;
  im1.Canvas.MoveTo(0,150);
  im1.Canvas.LineTo(300,150);
  for s:=0 to n1 do
  begin
   for i:=1 to n do begin
   u1[i]:=uk1[s,i];
   u2[i]:=uk2[s,i];  end;
   kvv(u1,u2,n,uukk);
   bvecs(uukk,2,n,v);
      im1.Canvas.LineTo(s*20,round(-v[3]*2500)+150);
      im1.Canvas.Pen.Color:=clgreen;
  end;
//************ V grafigi ****************
  im1.Canvas.Pen.Color:=clblack;
  im1.Canvas.MoveTo(0,150);
  im1.Canvas.LineTo(300,150);
  for s:=0 to n1 do
  begin
   for i:=1 to n do begin
   u1[i]:=uk1[s,i];
   u2[i]:=uk2[s,i];  end;
   kvv(u1,u2,n,uukk);
   bvecs(uukk,2,n,v);
      im1.Canvas.LineTo(s*20,round(-v[4]*2500)+150);
```

```
      im1.Canvas.Pen.Color:=clpurple;
  end;
CloseFile(fayl);
 end;

procedure TForm1.Edit8Exit(Sender: TObject);
begin
edit7.Text:=floattostr(1/strtofloat(edit8.Text));

end;

procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
begin
form2.Show;
close;
end;

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
  im1.Canvas.Pen.Color:=clwhite;
  im1.Canvas.Brush.Color:=clwhite;
  im1.Canvas.Rectangle(0,0,700,800);
 end;

end.

unit Unit2;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, ExtCtrls, StdCtrls, Buttons;

type
  TForm2 = class(TForm)
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Button1: TButton;
    Label4: TLabel;
    Image1: TImage;
    Button2: TButton;
    Label3: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Image2: TImage;
    Image3: TImage;
    BitBtn1: TBitBtn;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
```

```
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form2: TForm2;

implementation

uses Unit1, Unit3;

{$R *.dfm}

procedure TForm2.Button1Click(Sender: TObject);
begin
form2.Hide;
form1.show;
end;

procedure TForm2.Button2Click(Sender: TObject);
begin
form2.Hide;
form3.show;
end;

procedure TForm2.BitBtn1Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;

end.
```