

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**МИРЗО УЛУҒБЕК НОМИДАГИ
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ**

Қўл ёзма ҳуқуқида

УДК 519.8,531

АБДУРАИМОВ ДОСТОНБЕК ЭГАМНАЗАР ЎҒЛИ

**Трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли
термоэластик боғлиқ масалани сонли моделлаштириш**

**5A330201- Компьютер тизимлари ва уларининг дастурий таъминоти
(дастурий таъминот негизида)**

**Магистр
академик даражасини олиш учун ёзилган**

ДИССЕРТАЦИЯ

**Илмий раҳбар:
ф-м.ф.н. Адамбаев У.Э.**

МУНДАРИЖА

КИРИШ	3
I-БОБ. ТЕРМОЭЛАСТИК МАСАЛАСИНИНГ ҚЎЙИЛИШИ	9
1.1. Анизотроп жисмлар термоэластиклигининг асосий муносабатлари..	9
1.2. Боғлиқ ва боғлиқ бўлмаган термоэластик масалалар	11
1.3. Изотроп ва анизотроп жисмлар учун термоэластик боғлиқ масалалар	14
1.4. Трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик боғлиқ масаланинг қўйилиши	27
I-боб бўйича хулоса	30
II-БОБ. ТЕРМОЭЛАСТИК БОҒЛИҚ МАСАЛАЛАРНИ ЕЧИШГА ЧЕКЛИ АЙИРМАЛИ СХЕМАЛАРНИНГ ТАДБИҚИ	31
2.1. Ошкор ва ошкормас айирмали схемалар.	31
2.2. Трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик масалага ошкор ва ошкормас айирмали схемаларнинг тадбиқи	34
2.3. Трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик масалани чекли айирмалар усули билан сонли ечиш	38
II-боб бўйича хулоса	42
III-БОБ. АНИЗОТРОП ЖИСМЛАР УЧУН ИККИ ЎЛЧОВЛИ ТЕРМОЭЛАСИК БОҒЛИҚ МАСАЛАНИ СОНЛИ ЕЧИШНИНГ ПРОГРАММА ТАЪМИНОТИ	43
3.1. Дастурий таъминотнинг асосий функциялар тавсифи	43
3.2. Дастурий таъминотдан фойдаланиш	46
3.3. Киритилувчи константалар.....	50
3.4. Ҳисоблаш эксперименти.....	52
III-боб бўйича хулоса.....	58
ХУЛОСА	59
Фойдаланилган адабиётлар	60
ИЛОВАЛАР	63

КИРИШ

Илм-фан тобора ривожланиб бораётган бугунги кунда инсониятнинг ахборот олишга бўлган еҳтиёжи ҳам ортмоқда. Ахборотлашган жамият тезлик билан шаклланиб ривожланмоқда. Ахборот дунёсида давлат чегаралари деган тушунча йўқолиб бормоқда. Жаҳон компьютер тармоғи давлат бошқарувини тубдан ўзгартирмоқда. Кадрлар тайёрлаш миллий дастурини амалда жорий этиш натижасида республикамиз худудидаги таълим тизимида қатор муҳим кўзга кўринарли ўзгаришлар юз берди.

Ахборот телекоммуникация технологияларининг ривожланиши ҳамда уни таълим тизимида жорий этиш борасида республикамизда бир қатор қонунлар, қарорлар ва давлат дастурлари қабул қилинди. Буларга Ўзбекистон Республикасининг “Таълим тўғрисида”ги қонуни [1], “Кадрлар тайёрлаш миллий дастури” [2], Ўзбекистон Республикасинининг “Ахборотлаштириш тўғрисида” ги [3] қонунларини, “Олий малакали илмий ва илмий-педагог кадрлар тайёрлаш ва аттестациядан ўтказиш тизимини янада такомиллаштириш тўғрисида” ги Ўзбекистон Республикаси Президентининг фармони [5], “Ўзбекистон Республикаси Олий таълим тизимида магистратура фаолиятини янада такомиллаштириш, унинг самарадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг [6] қарорларини мисол қилиб келтириш мумкин.

Ахборотлаштириш соҳасидаги давлат сиёсати ахборот ресурслари, ахборот технологиялари ва ахборот тизимларини ривожлантириш ҳамда такомиллаштиришнинг замонавий жаҳон тамойилларини ҳисобга олган ҳолда миллий ахборот тизимини яратишга қаратилган [4].

Буларнинг ижроси сифатида Ўзбекистон Республикасида таълим тизимида янги инновацион технологияларини жорий этиш жадал суръатларда олиб борилаётганини айтишимиз мумкин.

Ҳозирги даврда компьютер технологияларининг жадал суратлар билан ривожланиши, янгидан-янги амалий масалаларни сонли ечишга имкон беради.

Аввалдан берилган хоссаларга эга бўлган мураккаб конфигурацияга эга материалларни яратиш ва улардан ишлаб чиқаришнинг турли соҳаларида фойдаланиш долзарб илмий техникавий муаммолардан бири ҳисобланади.

Ҳозирги кунда мураккаб конфигурациялик материаллар турли соҳаларда, масалан, космонавтика, атом энергетикасида, самолётсозлик, машинасозлик, автомобилсозлик, қурилиш, медицина ва турли соҳаларда кенг фойдаланилмоқда.

Мазкур магистрлик диссертация ишида Трансверсал изотроп жисмлар учун динамик термоэластик боғлиқ масала қаралган. Бу чегаравий масала гиперболик типга тегишли ҳаракат тенгламаси ва параболик типга тегишли иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаларидан ташкил топган бўлиб, тенгламаларда кўчиш функцияси ва температура ноъмалум сифатида қатнашади. Қаралаётган масала учун ошкор ва ошқормас типдаги чекли айирмали схемалар қурилган.

Умумий ҳолда термоэластик боғлиқ чегаравий масала ҳаракат тенгламаси, термоэластикликнинг аниқловчи муносабати, Коши муносабати, иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси ҳамда мос бошланғич ва чегаравий шартлардан иборат бўлади. Эслатиб ўтамиз, кўчишларда ёзилган ҳаракат тенгламаси ва иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси ўзаро боғлиқдир, яъни температура координата ва вақтга боғлиқ функция сифатида ҳаракат тенгламасида, кўчишлар эса иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасида иштирок этади.

Агар жисмнинг ҳаракатига таъсир қилувчи ташқи омиллар вақт бўйича жуда секин ўзгарса, у ҳолда ҳаракат тенгламасидаги инерцион аъзоларни этиборга олмаса ҳам бўлади ва масала квазистатик масала сифатида қаралади.

Магистрлик диссертацияси мавзусининг долзарблиги: сўнги пайтларда ишлаб чиқаришнинг жуда кўп соҳаларида композицион материаллардан фойдаланиш замон талабига айланиб бормоқда. Конструкциялар ва улар элементларининг термоэластик ҳолатларини математик моделлаштириш ва сонли ечимларини аниқлаш долзарб муаммоларидандир. Композитцион материалларни математик моделлаштиришда материал бир жинсли ва анизотроп материал билан алмаштирилади. Термоэластик масалалар қўйилишига қараб боғлиқ ва боғлиқ бўлмаган чегаравий масалаларга ажралади. Умумий ҳолда боғлиқ масалада каттик жисмнинг ҳаракат тенгламалари иссиқлик ўтказувчанлик тенгламалари билан биргаликда қаралади. Шунини таъкидлаш лозимки температура ва унинг ҳосиласи ҳаракат тенгламасида катнашади, деформация эса иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасига номалум сифатида киради. Боғлиқ масалаларни математик моделларини ва уларни сонли ечиш алгоритмларини ўрганиш, олинган сонли натижаларга асосан янгидан-янги композицион материалларни таклиф этиш самолётсозлик, ракетасозлик, машинасозлик, автомобилсозлик, қурилиш, медицина ва ишлаб чиқаришнинг кўплаб бошқа соҳаларида катта фойда келтиради.

Мавзунинг ўрганилганлиги даражаси: маълумки температурани ҳисобга олган термоэластик масалаларни математик моделлаштиришда Дюгамель-Нейман муносабатидан фойдаланилади. Боғлиқ масалаларнинг назарий асослари А.А.Ильющин, Б.Е.Победря, В.Новацкий, М.Биот ва бошқаларнинг ишларида тадқиқ қилинган. Лекин адабиётларда ечилган масалалар кўпроқ изотроп жисмлар учун келтирилган. Р.С.Худазаровнинг тадқиқот ишларида Трансверсал изотроп жисмлар учун боғлиқ бўлмаган масалалар ечилган. Адабиётларни таҳлилидан келиб чиққан ҳолда шунини айтиш мумкинки анизотроп жисмлар учун термоэластик боғлиқ масалаларни математик моделларини ва уларни сонли ечиш усулларини тадқиқ қилиш муҳим муаммолардандир ва кейинги тадқиқот ишларни талаб қилади.

Тадқиқот ишининг мақсади: трансверсал изотроп жисмлар учун термоэластик боғлиқ масалаларни математик моделларини ўрганиш, уларни сонли ечиш алгоритмларини ўрганиш, уларни масалани ечишга тадбиқ қилиш ва ўрганилган алгоритмлар асосида дастурий таъминот яратиш

Тадқиқот объекти: трансверсал изотроп жисм сифатида қара-
ладиган композицион материал.

Тадқиқот предмети: трансверсал изотроп жисмларнинг турли хил механик ва температуравий кучлар таъсиридаги термоэластик ҳолатини ўрганиш.

Тадқиқот методи: тадқиқот усули чекли айирмали усуллар, хусусан Либман типигаги итерацион усул, прогонка усули ва тўрлар усули.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги:

- трансверсал изотроп жисмлар учун термоэластик боғлиқ масалалар учун чекли айирмали схемалар тадбиқ қилинади;
- ҳосил бўлган айирмали тенгламаларни турли усулларда сонли ечиш алгоритми келтирилади;
- келтирилган алгоритмлар асосида дастурий таъминот яратилади.

Тадқиқотнинг амалий аҳамияти: трансверсаль изотроп жисмлар учун сонли ечилган боғлиқ масала натижаларидан турли ишлаб чиқариш корхоналарида фойдаланиш мумкин. Яратиладиган дастурий таъминотдан янги композицион материаллар учун қўйилган боғлиқ масалаларни сонли ечишда фойдаланиш мумкин.

Диссертация ишининг тузилиш стуруктураси: ушбу диссертация иши кириш қисми, учта боб, хулоса, илова ва фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан ташкил топган. Диссертация иши бўйича Ўзбекистон Миллий Университетининг 95 йиллигига бағишланган “Математика, механика ва информатика фанларининг ривожига истеъдодли ёшларнинг ўрни” [21] ва Ўзбекистон Миллий Университетининг 96 йиллигига бағишланган “Математика, механика ва информатика фанларининг ривожига

истеъдодли ёшларнинг ўрни” [22] илмий-амалий семинари тезислар тўпламида иккита тезис чоп эттирилди.

Тадқиқот ишининг биринчи бобида термоэластик масалаларнинг қўйилиши, анизотроп жисмлар термоэластиклигининг асосий муносабатлари, изотроп ва анизотроп жисмлар учун термоэластиклик боғлиқ масалалар ҳамда трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик боғлиқ масалаларнинг умумий ҳолда қўйилиши келтирилиб ўтилган.

Тадқиқот ишининг иккинчи бобида трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик боғлиқ масалаларни сонли ечишга чекли айирмали схемаларни тадбиқ қилиш, ошкор ва ошкор бўлмаган айирмали схемалар ҳақида тушунчалар ҳамда трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик боғлиқ масалаларга ошкор ва ошкормас схемаларни тадбиқ қилиш ва чекли айирмали тенгламаларга келтириш. Анизотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик боғлиқ масалани тўрлар усули билан сонли ечиш масалалари кўриб чиқилган.

Тадқиқот ишининг учунчи бобида анизотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик боғлиқ масалани сонли ечишнинг дастурий таъминоти, дастурий таъминотдаги асосий функциялар тавсифи, дастурий таъминотдан фойдаланиш, киритилувчи константалардан фойдаланиш ҳамда, ҳисоблаш эксперименти кабилар ёритилиб берилган.

Адабиётлар таҳлили: диссертация ишини бажариш давомида бир қатор мақола адабиётлардан фойдаланилди. Бу келтирилган адабиётлар рўйхатини асосан тўрт гуруҳга ажратиш мумкин:

1) Ўзбекистон Республикаси қонунлари, Ўзбекистон Республикаси Президентининг қарор ва фамонлари рўйхати;

2) Термоэластик масалаларнинг умумий ҳолда қўйилишига асослаган адабиётлар рўйхати;

3) Термоэластик боғлиқ масалаларга чекли айирмали схемаларни тадбиқ қилиб, сонли ечишга бағишланган адабиётлар рўйхати;

4) Програма таъминотини яратиш жараёнида фойдаланилган адабиётлар рўйхати;

5) Мазкур илмий ишни ёзишда фойдаланилган интернет сайтларидан иборат.

Диссертация ишининг ҳажми 90 бетдан иборат. Яратилган магистрлик диссертация иши ниҳоясида қилинган ишлар асосида хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва дастур иловалар матни ўрин олган.

I-БОБ. ТЕРМОЭЛАСТИК МАСАЛАСИНИНГ ҚЎЙИЛИШИ

1.1. Анизотроп жисмлар термоэластиклигининг асосий муносабатлари.

Жисмнинг деформацияси ундаги температуранинг ўзгариши билан ажралмас ҳолда боғлиқдир. Вақт ўтиши билан деформацияларнинг ўзгариши температуранинг ўзгаришига олиб келади ва аксинча температураларнинг ўзгариши деформацияларнинг ўзгаришига олиб келади. Жисмнинг ички энергияси деформациялар ва температурага боғлиқдир. Дастлабки ҳолатда жисм температурага эга бўлсин, кўрсатилган дастлабки ҳолатни табиий ҳолат деб атаймиз. Ташқи кучлар таъсирида ва температуранинг ўзгариши натижасида (қизиш ёки совуш) жисм деформацияланади. Бунининг натижасида жисмда U_i кўчишлар юзага келади. Температуранинг орттирмиси

$$\theta = T - T_0 \quad (1.1.1)$$

Бу ерда $-T$ жисмнинг x нуқтадаги абсолют температураси.

Температуранинг ўзгариши билан бир қаторда ε_{ij} деформациялар ва σ_{ij} кучланишлар юзага келади. Санаб ўтилган λ_{ij} ва σ_{ij} лар координаталар вақтга боғлиқ функциялардир.

Бундан ташқари жисмнинг термомеханик хоссаларини аниқловчи константалар температурага боғлиқ эмас, деб ҳисоблаймиз. Бундан ташқари деформацияларнинг ўзгаришини ҳам жуда кичкина деб ҳисоблаймиз. Яъни бундан кейин биз чизиқли термоэластикликни қараймиз.

Шунинг учун кўчишлар ва деформациялар орасидаги муносабат чизиқли кўринишга эгадир.

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(u_{i,j} + u_{j,i}) \quad (1.1.2)$$

Деформациялар тензорининг компоненталари ихтиёрий функция бўлиши мумкин эмас. Улар қуйидаги муносабатларни қаноатлантириши шарт.

$$\varepsilon_{ij,kl} + \varepsilon_{kl,ij} - \varepsilon_{jl,ik} - \varepsilon_{ik,jl} = 0 \quad i, j, k, l = 1, 2, 3 \quad (1.1.3)$$

Бизнинг асосий вазифамиз кучланишлар тензори ε_{ij} ни деформациялар тензори σ_{ij} ва T температура билан боғловчи муносабатни аниқлашдан иборатдир.

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} - \beta_{ij}\theta \quad (1.1.4)$$

(1.1.4)-муносабат термоэластик ҳолат учун умумлаштирилган Гук қонуни, бундан ташқари бу муносабат анизотроп жисмлар учун Дюгамел-Нейман муносабати дейилади.

Бу ерда:

ε_{ij} ва β_{ij} изотермик ҳолатга мос келувчи жисмни характерловчи константалардир. Бундан ташқари C_{ijkl} анизотроп жисмнинг қаттиқлигини аниқловчи коэффициентлар, β_{ij} эса жисмнинг механик ва температурага боғлиқ хоссаларини аниқловчи катталиқдир. C_{ijkl} симметрик тензордир.

$$C_{ijkl} = C_{jikl}, C_{ijkl} = C_{ijlk}, C_{ijkl} = C_{klij} \quad (1.1.5)$$

Бундан ташқари умумлашган иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасини келтирамиз.

$$\lambda_{ij}T_{,ij} - C_\varepsilon \dot{\theta} - T \cdot \beta_{ij} \cdot \varepsilon_{ij} = -W \quad (1.1.6)$$

ёки

$$\lambda_{ij}\theta_{,ij} - C_\varepsilon \theta - T \cdot \beta_{ij} \cdot \dot{\varepsilon}_{ij} = -W \quad (1.1.7)$$

Бу ерда,

C_ε -доимий температурадаги иссиқлик сиғими,

W -вақт бирлигида ҳажм бирлигидаги ажраб чиқадиган иссиқлик микдори,

λ_{ij} -иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари.

(1.1.6) – тенгламани ҳаракат тенгламаси билан биргаликда қараш керак.

$$\sigma_{ij,j} + X_i = \rho \ddot{u}_i \quad (1.1.8)$$

(1.1.6) ва (1.1.8) тенгламалар термоэластик анизотроп жисмларнинг тўлиқ дифференциал тенгламасини ташкил қилади.

Масалани бошланғич ва чегаравий шартлар билан биргаликда қараймиз. (1.1.6) ва (1.1.8) системаларни ечиш жуда катта математик қийинчиликларга олиб келади [7,9].

1.2. Боғлиқ ва боғлиқ бўлмаган термоэластик масалалар

Термоэластик масалалар қўйилишига қараб боғлиқ ва боғлиқ бўлмаган чегаравий масалаларга ажралади. Умумий ҳолда боғлиқ масалада қаттиқ жисмнинг ҳаракат тенгламалари иссиқлик ўтказувчанлик тенгламалари билан биргаликда қаралади. Шунини таъкидлаш лозимки, температура ва унинг ҳосиласи ҳаракат тенгламасида қатнашади, деформация эса иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасига номаълум сифатида киради, ҳаракат тенгламасида кўчишлар эса иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасида қатнашади.

Умумий ҳолда термоэластик боғлиқ ва боғлиқмас масаланинг қўйилишини қуйидагича: берилган кучлар ва температурани билган ҳолда кучланишлар тензори σ_{ij} нинг 6 та компонентаси, деформациялар тензорининг ε_{ij} нинг 3 та компонентаси, кўчишлар векторининг 3 та компонентаси ва T температурани аниқлаш керак. Энди термоэластикликнинг боғлиқ динамик чегаравий масаласини қараб чиқамиз: у ҳаракат тенгламаси

$$\sigma_{ij,j} + X_i = \rho \ddot{u}_i \quad (1.2.1)$$

бу ерда,

$$\sigma_{ij,j} = \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} \quad (1.2.2)$$

σ_{ij} - кучлар тензори,

ρ - жисмнинг зичлиги,

X_i - ҳажмий кучлар.

Эслатиб ўтамиз кучлар тензори симметрикдир яъни

$$\sigma_{ij} = \sigma_{ji} \quad (1.2.3)$$

Деформациялар ва кучланишлар ўртасидаги ёки Дюгамель-Нейман муносабатни

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon_{kl} - \beta_{ij} (T - T_0) \delta_{ij} \quad (1.2.4)$$

ва умумий ҳолда иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси,

$$\lambda_{ij} T_{,ij} - C_\varepsilon \dot{T} - T \cdot \beta_{ij} \cdot \dot{\varepsilon}_{ij} = 0 \quad (1.2.5)$$

бу ерда

C_{ijkl} - жисмни характерловчи параметрлари,

ε_{ij} - деформациялар тензори,

β_{ij} - ҳажмий иссиқлик кенгайиши коэффиценти,

δ_{ij} - Кронеккер символи,

бунда; $\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & , \quad i = j \\ 0 & , \quad i \neq j \end{cases}$

T - температура,

C_ε - доимий температурада иссиқлик сиғими,

λ_{ij} - иссиқлик қуюми тензори.

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}) \quad (1.2.6)$$

қуйидаги бошланғич

$$u_i|_{t=t_0} = \varphi_i, \quad \dot{u}_i|_{t=t_0} = \psi_i, \quad T|_{t=t_0} = T_0 \quad (1.2.7)$$

ва чегаравий шартлардан иборат

$$u_i|_{\Sigma_1} = u_i^0, \quad T|_{\Sigma_1} = \bar{T}_0, \quad \sigma_{ij} n_j|_{\Sigma_2} = S_i^0 \quad (1.2.8)$$

Боғлиқ бўлмаган термозластик масалаларда кўчишлар температурага таъсир этмайди. Лекин температура кўчишларга таъсир этади. Бунда олдин каралаётган жисмда температуранинг тарқалиши аниқланади ва ундан фойдаланиб кўчишлар аниқланади.

Боғлиқ бўлмаган термозластик масала умумий ҳолда қуйидагича қўйилади: унинг ҳаракат тенгламаси,

$$\sigma_{ij,j} + X_i = 0 \quad (1.2.9)$$

Дюгамель-Нейман муносабати,

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon_{kl} - \beta_{ij} (T - T_0) \delta_{ij} \quad (1.2.10)$$

Коши муносабати,

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}) \quad (1.2.11)$$

қуйидаги бошланғич

$$u_i|_{t=t_0} = \varphi_i, \quad \dot{u}_i|_{t=t_0} = \psi_i, \quad T|_{t=t_0} = T_0 \quad (1.2.12)$$

ва чегаравий шартлардан иборат

$$u_i|_{\Sigma_1} = u_i^0, \quad T|_{\Sigma_1} = \bar{T}_0, \quad \sigma_{ij} n_j|_{\Sigma_2} = S_i^0 \quad (1.2.13)$$

бунда,

σ_{ij} -кучлар тензори, X_i -ҳажмий кучлар, C_{ijkl} -жисмни характерловчи параметрлари, ε_{ij} -деформациялар тензори, β_{ij} -ҳажмий иссиқлик кенгайиши коэффиценти, δ_{ij} -Кронеккер симболи,

$$\text{бунда; } \delta_{ij} = \begin{cases} 1 & , \quad i = j \\ 0 & , \quad i \neq j \end{cases}$$

Келтирилган боғлиқ ва боғлиқмас термоэластик масалалар мос равишда бошланғич ва чегаравий шартлар асосида сонли ечилади [7,11].

1.3. Изотроп ва анизотроп жисмлар учун термоэластик боғлиқ масалалар

Бу параграфда изотроп ва анизотроп жисмлар учун термоэластикликнинг боғлиқ динамик чегаравий масаласини қараб чиқамиз: у ҳаракат тенгламаси

$$\sigma_{ij,j} + X_i = \rho \ddot{u}_i \quad (1.3.1)$$

Дюгамель-Нейман муносабати

$$\sigma_{ij} = \lambda \theta \delta_{ij} + 2\mu \varepsilon_{ij} - \alpha_T (3\lambda + 2\mu)(T - T_0) \delta_{ij} \quad (1.3.2)$$

ва умумий ҳолда иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси

$$\lambda_{ij} T_{,ij} - C_\varepsilon \dot{T} - T \cdot \beta_{ij} \cdot \dot{\varepsilon}_{ij} = 0 \quad (1.3.3)$$

бу ерда, C_ε -доимий температурада иссиқлик сифими, β_{ij} -иссиқлик кенгайиши тензори, λ_{ij} -иссиқлик қуюми тензори ва Коши муносабати

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}) \quad (1.3.4)$$

қуйидаги бошланғич

$$u_i|_{t=t_0} = \varphi_i, \quad \dot{u}_i|_{t=t_0} = \psi_i, \quad T|_{t=t_0} = T_0 \quad (1.3.5)$$

ва чегаравий шартлардан иборат.

$$u_i|_{\Sigma_1} = u_i^0, \quad T|_{\Sigma_1} = \bar{T}_0, \quad \sigma_{ij} n_j|_{\Sigma_2} = S_i^0 \quad (1.3.6)$$

(1.3.1)-(1.3.6) масалалар бир ўлчовли ҳолда қуйидаги кўринишни олади,

Коши муносабати

$$\varepsilon_{11} = \frac{\partial u}{\partial x} \quad (1.3.7)$$

Дюгамель-Нейман муносабати

$$\sigma_{11} = (\lambda + 2\mu)\varepsilon_{11} - \alpha_T (3\lambda + 2\mu)(T - T_0) \quad (1.3.8)$$

Ҳаракат тенгламаси

$$\frac{\partial \sigma_{11}}{\partial x} + X_1 = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (1.3.9)$$

(1.3.7) ни (1.3.8) га қўйиб қуйидагига эга бўламиз,

$$\sigma_{11} = (\lambda + 2\mu) \frac{\partial u}{\partial x} - \alpha_T (3\lambda + 2\mu)(T - T_0) \quad (1.3.10)$$

Бу ифодани (1.3.9) - ҳаракат тенгламасига қўйиб кўчишларда ифодаланган қуйидаги ҳаракат тенгламасига эга бўламиз,

$$(\lambda + 2\mu) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \alpha_T (3\lambda + 2\mu) \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \quad (1.3.11)$$

ва бир ўлчовли ҳолда иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасига (1.3.7) ифодани қўйиб қуйидагига эга бўламиз.

$$\lambda_0 \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - C_\varepsilon \frac{\partial T}{\partial t} - T \cdot \alpha_T (3\lambda + 2\mu) \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} = 0 \quad (1.3.12)$$

$$(\lambda + 2\mu) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \alpha_T (3\lambda + 2\mu) \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (1.3.13)$$

Ҳосил қилинган тенгламалар мос равишда бошланғич

$$u(x, t) \Big|_{t=0} = \varphi, \quad \frac{\partial u}{\partial t} \Big|_{t=0} = \psi, \quad T(x, t) \Big|_{t=0} = T_0 \quad (1.3.14)$$

ва чегаравий шартлар

$$u(x, t) \Big|_{x=0} = u_0; \quad u(x, t) \Big|_{x=\ell} = \bar{u}_0; \quad (1.3.15)$$

$$T(x, t) \Big|_{x=0} = T_1(t); \quad T(x, t) \Big|_{x=\ell} = T_2(t);$$

билан ечилади.

Бу ерда, $\lambda, \mu, \alpha_T, C_\varepsilon, \beta, \lambda_0$ – аниқ катталиклар, ℓ – стержень узунлиги, $\varphi, \psi, T_0, T_1, T_2$ – берилган катталиклар.

Масала қўйилишини икки ўлчовли ҳолда қуйидагича ёзамиз, юқоридаги (1.3.1) – тенглик икки ўлчовли ҳолда қуйидагича бўлади:

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_{11}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{12}}{\partial y} + X_1 = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ \frac{\partial \sigma_{21}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{22}}{\partial y} + X_2 = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \end{cases} \quad (1.3.16)$$

Изотроп жисмлар учун иссиқлик тарқалиш тенгламаси:

$$\lambda_0 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) - C_\varepsilon \frac{\partial T}{\partial t} - (3\lambda + 2\mu) \alpha_T T_0 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} + \frac{\partial^2 v}{\partial y \partial t} \right) = 0 \quad (1.3.17)$$

(1.3.16) – тенглик икки ўлчовли ҳолда қуйидагича бўлади:

$$\begin{aligned} \sigma_{11} &= \lambda(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22}) + 2\mu\varepsilon_{11} - \alpha(3\lambda + 2\mu)(T - T_0) \\ \sigma_{22} &= \lambda(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22}) + 2\mu\varepsilon_{22} - \alpha(3\lambda + 2\mu)(T - T_0) \\ \sigma_{12} &= 2\mu\varepsilon_{12} \\ \sigma_{21} &= 2\mu\varepsilon_{12} \end{aligned} \quad (1.3.18)$$

(1.3.4) – тенглик икки ўлчовли ҳолда қуйидагича бўлади:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{11} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial x} \right) = \frac{\partial u}{\partial x} \\ \varepsilon_{22} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) = \frac{\partial v}{\partial y} \\ \varepsilon_{12} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \end{aligned} \quad (1.3.19)$$

Деформациялар учун (1.3.19) да келтирилган муносабатларни (1.3.18) га қўямиз.

$$\sigma_{11} = (\lambda + 2\mu) \frac{\partial u}{\partial x} + \lambda \frac{\partial v}{\partial y} - \alpha(3\lambda + 2\mu)(T - T_0)$$

$$\sigma_{22} = (\lambda + 2\mu) \frac{\partial v}{\partial y} + \lambda \frac{\partial u}{\partial x} - \alpha(3\lambda + 2\mu)(T - T_0) \quad (1.3.20)$$

$$\sigma_{12} = \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \lambda \frac{\partial v}{\partial x} \right)$$

Аниқланганларни мувозанат тенгламасига қўйсак қуйидаги кўринишга келади:

$$\begin{cases} (\lambda + 2\mu) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + (\lambda + \mu) \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \alpha_T (3\lambda + 2\mu) \frac{\partial T}{\partial x} = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ (\lambda + 2\mu) \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + (\lambda + \mu) \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \alpha_T (3\lambda + 2\mu) \frac{\partial T}{\partial y} = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \end{cases} \quad (1.3.21)$$

$$\lambda_0 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) - C_\varepsilon \frac{\partial T}{\partial t} - (3\lambda + 2\mu) \alpha_T T_0 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} + \frac{\partial^2 v}{\partial y \partial t} \right) = 0 \quad (1.3.22)$$

(1.3.21) ва (1.3.22) тенглама мос равишда бошланғич

$$\begin{aligned} u(x, y, t)|_{t=0} &= \varphi_1, \quad \frac{\partial u}{\partial t} \Big|_{t=0} = \psi_1, \\ v(x, y, t)|_{t=0} &= \varphi_2, \quad \frac{\partial v}{\partial t} \Big|_{t=0} = \psi_2 \end{aligned} \quad (1.3.23)$$

$$T(x, y, t)|_{t=0} = T_0$$

ва чегаравий шартлар

$$u(x, y, t)|_\Sigma = u_0; \quad v(x, y, t)|_\Sigma = v_0; \quad T(x, y, t)|_\Sigma = \bar{T}_0(t) \quad (1.3.24)$$

билан сонли ечилади.

Бу ерда, λ, μ – Ламе коэффициентлари, λ_0 – иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари, α_T – иссиқлик кенгайиш коэффициентлари, C_ε – ўзгармас температурадаги иссиқлик сиғими, T – температура, ρ – жисм зичлиги. (1.3.21) ва (1.3.22) тенгламалар турли муносабатларда сонли ечилади.

(1.3.1) - ҳаракат тенгламаси уч ўлчовли ҳолда қуйидаги кўринишни олади.

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_{11}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{12}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{13}}{\partial z} + X_1 = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ \frac{\partial \sigma_{21}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{22}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{23}}{\partial z} + X_2 = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \\ \frac{\partial \sigma_{31}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{32}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{33}}{\partial z} + X_3 = \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \end{cases} \quad (1.3.25)$$

(1.3.2) - муносабат уч ўлчовли ҳолатда қуйидаги кўринишни олади.

$$\sigma_{11} = (\lambda + 2\mu)\varepsilon_{11} + \lambda(\varepsilon_{22} + \varepsilon_{33}) - \alpha_T (3\lambda + 2\mu)(T - T_0)$$

$$\sigma_{22} = (\lambda + 2\mu)\varepsilon_{22} + \lambda(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{33}) - \alpha_T (3\lambda + 2\mu)(T - T_0)$$

$$\sigma_{33} = (\lambda + 2\mu)\varepsilon_{33} + \lambda(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22}) - \alpha_T (3\lambda + 2\mu)(T - T_0)$$

$$\sigma_{12} = 2\mu\varepsilon_{12} \quad (1.3.26)$$

$$\sigma_{13} = 2\mu\varepsilon_{13}$$

$$\sigma_{23} = 2\mu\varepsilon_{23}$$

(1.3.4) - муносабат уч ўлчовли ҳолатда қуйидаги кўринишни олади.

$$\varepsilon_{11} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial x} \right) = \frac{\partial u}{\partial x}$$

$$\varepsilon_{22} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) = \frac{\partial v}{\partial y}$$

$$\varepsilon_{33} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) = \frac{\partial w}{\partial z}$$

$$\varepsilon_{12} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \quad (1.3.27)$$

$$\varepsilon_{13} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right)$$

$$\varepsilon_{23} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)$$

(1.3.3) - иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси ҳам уч ўлчовли ҳолда куйидаги кўринишни олади.

$$\lambda_0 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) - C_\varepsilon \frac{\partial T}{\partial t} - T \alpha_T (3\lambda + 2\mu) \left(\frac{\partial \varepsilon_{11}}{\partial t} + \frac{\partial \varepsilon_{22}}{\partial t} + \frac{\partial \varepsilon_{33}}{\partial t} \right) = 0 \quad (1.3.28)$$

(1.3.27) ни (1.3.26) га қўйиб куйидаги тенгликларни ҳосил қиламиз:

$$\begin{aligned} \sigma_{11} &= (\lambda + 2\mu) \frac{\partial u}{\partial x} + \lambda \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) - \alpha_T (3\lambda + 2\mu) (T - T_0) \\ \sigma_{22} &= (\lambda + 2\mu) \frac{\partial v}{\partial y} + \lambda \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) - \alpha_T (3\lambda + 2\mu) (T - T_0) \\ \sigma_{33} &= (\lambda + 2\mu) \frac{\partial w}{\partial z} + \lambda \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) - \alpha_T (3\lambda + 2\mu) (T - T_0) \end{aligned} \quad (1.3.29)$$

$$\sigma_{12} = \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)$$

$$\sigma_{13} = \mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right)$$

$$\sigma_{23} = \mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)$$

Ҳосил бўлган (1.4.29)-тенгламани юқоридаги (1.3.25)-ҳаракат тенгламасига қўямиз:

$$\begin{aligned} (\lambda + 2\mu) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \lambda \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial z} \right) - \alpha_T (3\lambda + 2\mu) \frac{\partial T}{\partial x} + \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} \right) + \\ + \left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial z} \right) + X_1 = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \end{aligned} \quad (1.3.30)$$

$$\begin{aligned} \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \right) + (\lambda + 2\mu) \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \lambda \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 w}{\partial y \partial z} \right) - \alpha_T (3\lambda + 2\mu) \frac{\partial T}{\partial y} + \\ \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y \partial z} \right) + \left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial z} \right) + X_2 = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \end{aligned} \quad (1.3.31)$$

$$\begin{aligned} & \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial z} + \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial y \partial z} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) + (\lambda + 2\mu) \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} + \lambda \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial z} + \frac{\partial^2 v}{\partial y \partial z} \right) - \\ & - \alpha_T (3\lambda + 2\mu) \frac{\partial T}{\partial z} + X_3 = \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \end{aligned} \quad (1.3.32)$$

$$\begin{aligned} & \lambda_0 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) - C_\varepsilon \frac{\partial T}{\partial t} - T \alpha_T (3\lambda + 2\mu) \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} + \right. \\ & \left. + \frac{\partial^2 v}{\partial y \partial t} + \frac{\partial^2 w}{\partial z \partial t} \right) = 0 \end{aligned} \quad (1.3.33)$$

(1.3.30)-(1.3.31)-(1.3.32) ва (1.3.33) тенгламалар мос равишда (1.3.5) – бошланғич шарт ва (1.3.6) – чегаравий шартлар билан сонли ечилади.

Бу ерда, λ, μ – Ламе коэффициентлари, λ_0 – иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентлари, α_T – иссиқлик кенгайиш коэффициентлари, C_ε – ўзгармас температурадаги иссиқлик сиғими, T – температура, ρ – жисм зичлиги.

Анизотроп жисмлар учун термоэластикликнинг боғлиқ динамик чегаравий масаласини қараб чиқамиз.

Бу тенгламалар бир ўлчовли ҳолатда қуйидагича бўлади. Унинг ҳаракат тенгламаси:

$$\sigma_{ij,j} + X_i = \rho \ddot{u}_i \quad (1.3.34)$$

Дюгамел-Нейман муносабати

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon_{kl} - \beta_{ij} (T - T_0) \delta_{ij} \quad (1.3.35)$$

ва умумий ҳолда иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси

$$\lambda_{ij} T_{,ij} - C_\varepsilon \dot{T} - T \cdot \beta_{ij} \cdot \dot{\varepsilon}_{ij} = 0 \quad (1.3.36)$$

бу ерда, C_ε -доимий температурада иссиқлик сиғими, β_{ij} -иссиқлик кенгайиши тензори, λ_{ij} -иссиқлик қуюми тензори ва Коши муносабати

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}) \quad (1.3.37)$$

қуйидаги бошланғич шартлар

$$u_i|_{t=t_0} = \varphi_i, \quad \dot{u}_i|_{t=t_0} = \psi_i, \quad T|_{t=t_0} = T_0 \quad (1.3.38)$$

ва чегаравий шартлардан иборат

$$u_i|_{\Sigma_1} = u_i^0, \quad T|_{\Sigma_1} = \bar{T}_0, \quad \sigma_{ij} n_j|_{\Sigma_2} = S_i^0 \quad (1.3.39)$$

(1.3.34)-(1.3.36) тенгламалар бир ўлчовли ҳолда қуйидаги кўринишни олади: Коши муносабати

$$\varepsilon_{11} = \frac{\partial u}{\partial x} \quad (1.3.40)$$

Дюгамель-Нейман муносабати

$$\sigma_{11} = C_{1111} \varepsilon_{11} - \beta_{11} (T - T_0) \quad (1.3.41)$$

Ҳаракат тенгламаси

$$\frac{\partial \sigma_{11}}{\partial x} + X_1 = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (1.3.42)$$

(1.3.40) ни (1.3.41) га қўйиб қуйидагига эга бўламиз:

$$\sigma_{11} = C_{1111} \frac{\partial u}{\partial x} - \beta_{11} (T - T_0) \quad (1.3.43)$$

Ҳосил бўлган ифодани (1.3.9) - ҳаракат тенгламасига қўйиб кўчишларда ифодаланган қуйидаги ҳаракат тенгламасига эга бўламиз,

$$C_{1111} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \beta_{11} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \quad (1.3.44)$$

ва бир ўлчовли ҳолда иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасига (1.3.40) - ифодани қўйиб қуйидагига эга бўламиз.

$$\lambda_{11} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - C_\varepsilon \frac{\partial T}{\partial t} - T \cdot \beta_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} = 0, \quad (1.3.45)$$

(1.3.44) ва (1.3.45) – тенгламалар мос равишда бошланғич шартлар

$$u(x, t)|_{t=0} = \varphi, \quad \frac{\partial u}{\partial t}|_{t=0} = \psi, \quad T(x, t)|_{t=0} = T_0 \quad (1.3.46)$$

ва чегаравий шартлар

$$u(x, t)|_{x=0} = u_0; \quad u(x, t)|_{x=\ell} = \bar{u}_0, \quad (1.3.47)$$

$$T(x, t)|_{x=0} = T_1(t); \quad T(x, t)|_{x=\ell} = T_2(t)$$

Бу ерда, $\lambda, C_\varepsilon, \beta, \lambda_0$ – аниқ катталиклар, ℓ – стержен узунлиги, $\varphi, \psi, T_0, T_1, T_2$ – берилган катталиклар: билан сонли ечилади.

(1.3.34) – тенгламанинг икки ўлчовли ҳолдаги кўриниши қуйидагича:

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_{11}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{12}}{\partial y} + X_1 = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ \frac{\partial \sigma_{21}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{22}}{\partial y} + X_2 = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \end{cases} \quad (1.3.48)$$

(1.3.36) – тенгламанинг икки ўлчовли трансверсал изотроп жисмлар учун иссиқлик тарқалиш тенгламаси:

$$\lambda_{11} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \lambda_{11} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} - C_\varepsilon \frac{\partial T}{\partial t} - T(\beta_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} + \beta_{22} \frac{\partial^2 v}{\partial y \partial t}) = 0 \quad (1.3.49)$$

(1.3.35) – тенглик икки ўлчовли ҳолда қуйидагича бўлади:

$$\begin{aligned} \sigma_{11} &= C_{1111} \varepsilon_{11} + C_{2222} \varepsilon_{22} - \beta_{11} (T - T_0) \\ \sigma_{22} &= C_{2211} \varepsilon_{11} + C_{2222} \varepsilon_{22} - \beta_{22} (T - T_0) \\ \sigma_{12} &= 2C_{1212} \varepsilon_{12} \end{aligned} \quad (1.3.50)$$

(1.3.36) – тенглик икки ўлчовли ҳолда қуйидагича бўлади:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{11} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial x} \right) = \frac{\partial u}{\partial x} \\ \varepsilon_{22} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) = \frac{\partial v}{\partial y} \\ \varepsilon_{12} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \end{aligned} \quad (1.3.51)$$

Деформациялар учун (1.3.51) да келтирилган муносабатларни (1.3.50) га қўямиз.

$$\begin{aligned}
\sigma_{11} &= C_{1111} \frac{\partial u}{\partial x} + C_{1122} \frac{\partial v}{\partial y} - \beta_{11}(T - T_0) \\
\sigma_{22} &= C_{2211} \frac{\partial v}{\partial y} + C_{2222} \frac{\partial u}{\partial x} - \beta_{22}(T - T_0) \\
\sigma_{12} &= C_{1212} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)
\end{aligned} \tag{1.3.52}$$

Аниқланганларни ҳаракат тенгламасига қўйсак куйидаги кўринишга келади:

$$\begin{cases} C_{1111} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + C_{1122} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + C_{1212} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} \right) - \beta_{11} \frac{\partial T}{\partial x} + X_1 = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ C_{2222} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + C_{2211} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + C_{1212} \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} \right) - \beta_{22} \frac{\partial T}{\partial y} + X_2 = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \end{cases} \tag{1.3.53}$$

$$\lambda_{11} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \lambda_{22} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} - C_e \frac{\partial T}{\partial t} - T_0 \left(\beta_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} + \beta_{22} \frac{\partial^2 v}{\partial y \partial t} \right) = 0 \tag{1.3.54}$$

(1.3.53) ва (1.3.54) тенгламалар мос равишда бошланғич

$$u(x, y, t) \Big|_{t=0} = \varphi_1, \quad \frac{\partial u}{\partial t} \Big|_{t=0} = \psi_1, \tag{1.3.55}$$

$$v(x, y, t) \Big|_{t=0} = \varphi_2, \quad \frac{\partial v}{\partial t} \Big|_{t=0} = \psi_2, \quad T(x, y, t) \Big|_{t=0} = T_0$$

ва чегаравий шартлар

$$\begin{aligned}
u(x, y, t) \Big|_{x=0} &= u_0; \quad u(x, y, t) \Big|_{x=\ell_1} = \bar{u}_0; \quad u(x, y, t) \Big|_{y=0} = u'_0; \\
u(x, y, t) \Big|_{y=\ell_2} &= \bar{u}'_0; \quad v(x, y, t) \Big|_{x=0} = v_0; \quad v(x, y, t) \Big|_{x=\ell_1} = \bar{v}_0; \\
v(x, y, t) \Big|_{y=0} &= v'_0; \quad v(x, y, t) \Big|_{y=\ell_2} = \bar{v}'_0; \quad T(x, y, t) \Big|_{x=0} = T_1(t); \\
T(x, y, t) \Big|_{x=\ell_1} &= T_2(t); \quad T(x, y, t) \Big|_{y=0} = T'_1(t); \quad T(x, y, t) \Big|_{y=\ell_2} = T'_2(t)
\end{aligned} \tag{1.3.56}$$

Бу ерда, λ , C_ε , β , λ_0 – аниқ катталиклар, ℓ – стержен узунлиги, ρ – жисм зичлиги, T – температура, φ , ψ , T_0 , T_1 , T_2 – берилган катталиклар, билан сонли ечилади.

(1.3.34) – ҳаракат тенламасини уч ўлчовли ҳолат учун қуйидагича ёзамиз:

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_{11}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{12}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{13}}{\partial z} + X_1 = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ \frac{\partial \sigma_{21}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{22}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{23}}{\partial z} + X_2 = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \\ \frac{\partial \sigma_{31}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{32}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{33}}{\partial z} + X_3 = \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \end{cases} \quad (1.3.57)$$

(1.3.37) - муносабат уч ўлчовли ҳолатда қуйидаги кўринишни олади.

$$\begin{aligned} \varepsilon_{11} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial x} \right) = \frac{\partial u}{\partial x}, \\ \varepsilon_{22} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) = \frac{\partial v}{\partial y}, \\ \varepsilon_{33} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) = \frac{\partial w}{\partial z}, \\ \varepsilon_{12} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right), \\ \varepsilon_{13} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right), \\ \varepsilon_{23} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right). \end{aligned} \quad (1.3.58)$$

(1.3.35) - муносабат уч ўлчовли ҳолатда қуйидаги кўринишни олади.

$$\begin{aligned} \sigma_{11} &= C_{1111} \varepsilon_{11} + C_{1122} \varepsilon_{22} + C_{1133} \varepsilon_{33} - \beta_{11} (T - T_0), \\ \sigma_{22} &= C_{2211} \varepsilon_{11} + C_{2222} \varepsilon_{22} + C_{2233} \varepsilon_{33} - \beta_{22} (T - T_0), \end{aligned}$$

$$\sigma_{33} = C_{3311}\varepsilon_{11} + C_{3322}\varepsilon_{22} + C_{3333}\varepsilon_{33} - \beta_{33}(T - T_0), \quad (1.3.59)$$

$$\sigma_{12} = C_{1212}\varepsilon_{12},$$

$$\sigma_{13} = C_{1313}\varepsilon_{13},$$

$$\sigma_{23} = C_{2323}\varepsilon_{23}.$$

(1.3.36) – муносабат Трансверсал изотроп жисмлар учун уч ўлчовли ҳолда қуйидаги кўринишни олади.

$$\lambda_{11} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \lambda_{22} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \lambda_{33} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} - C_\varepsilon \frac{\partial T}{\partial t} - T_0 \left(\frac{\partial \varepsilon_{11}}{\partial t} + \frac{\partial \varepsilon_{22}}{\partial t} + \frac{\partial \varepsilon_{33}}{\partial t} \right) = 0 \quad (1.3.60)$$

(1.3.58) - тенгламани (1.3.59)- тенгламага қўйиб қуйидагича ёзамиз:

$$\sigma_{11} = C_{1111} \frac{\partial u}{\partial x} + C_{1122} \frac{\partial v}{\partial y} + C_{1133} \frac{\partial w}{\partial z} - \beta_{11}(T - T_0),$$

$$\sigma_{22} = C_{2211} \frac{\partial u}{\partial x} + C_{2222} \frac{\partial v}{\partial y} + C_{2233} \frac{\partial w}{\partial z} - \beta_{22}(T - T_0),$$

$$\sigma_{33} = C_{3311} \frac{\partial u}{\partial x} + C_{3322} \frac{\partial v}{\partial y} + C_{3333} \frac{\partial w}{\partial z} - \beta_{33}(T - T_0),$$

(1.3.61)

$$\sigma_{12} = C_{1212} \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right),$$

$$\sigma_{13} = C_{1313} \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right),$$

$$\sigma_{23} = C_{2323} \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right).$$

Ҳосил бўлган (1.3.61) – муносабатни (1.3.57) – ҳаракат тенгламасига қўйиб қуйидаги тенгликларни ҳосил қиламиз:

$$\left\{ \begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial y} C_{1212} \varepsilon_{12} + \frac{\partial}{\partial x} (C_{1111} \varepsilon_{11} + C_{1122} \varepsilon_{22} + C_{1133} \varepsilon_{33} - \beta_{11} (T - T_0)) + \\ & + \frac{\partial}{\partial z} C_{1313} \varepsilon_{13} + X_1 = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ & \frac{\partial}{\partial x} C_{1212} \varepsilon_{12} + \frac{\partial}{\partial y} (C_{2211} \varepsilon_{11} + C_{2222} \varepsilon_{22} + C_{2233} \varepsilon_{33} - \beta_{22} (T - T_0)) + \\ & + \frac{\partial}{\partial z} C_{2323} \varepsilon_{23} + X_2 = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \\ & \frac{\partial}{\partial x} C_{1313} \varepsilon_{13} + \frac{\partial}{\partial z} (C_{3311} \varepsilon_{11} + C_{3322} \varepsilon_{22} + C_{3333} \varepsilon_{33} - \beta_{33} (T - T_0)) + \\ & + \frac{\partial}{\partial y} C_{2323} \varepsilon_{23} + X_3 = \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \end{aligned} \right. \quad (1.3.64)$$

(1.3.60) - тенгламани (1.3.58)- иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасига қўйиб қуйидагича ифодалаймиз:

$$\lambda_{11} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \lambda_{22} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \lambda_{33} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} - C_\varepsilon \frac{\partial T}{\partial t} - T_0 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} + \frac{\partial^2 v}{\partial y \partial t} + \frac{\partial^2 w}{\partial z \partial t} \right) = 0 \quad (1.3.65)$$

(1.3.64) - ҳаракат тенгламалари ва (1.3.65) – иссиқлик ўтказувчанлик тенгламалари биргаликда (1.3.38) – (1.3.39) – бошланғич ва чегаравий шартлар билан сонли ечилади [7,8,9].

1.4. Трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик боғлиқ масаланинг қўйилиши

Сўнгги пайтларда ишлаб чиқаришнинг турли соҳаларидаги муаммоларнинг пайдо бўлиши билан термоэластиклик назарияси табиий равишда ривожланиб бормоқда. Бизга маълумки жисмга ҳеч қандай куч таъсир қилмаса у ўзининг ҳолатини ўзгартирмайди. Агарда жисмга бирор-бир куч таъсир етса, у ўзининг ҳолатини ўзгартириши мумкин яъни сиқилиши, чўзилиши, силжиши ёки буралиши мумкин. Жисмнинг деформацияланиш жараёни ундаги температуранинг ўзгаришига боғлиқдир. Умумий ҳолда температура деформацияга ва деформация температуранинг ўзгаришига таъсир қилиши мумкин. Бундай жараёнларни термоэластиклик назарияси ўрганади.

Умумий ҳолда термоэластик динамик чегаравий масалада ҳаракат тенгламаси, термоэластикликни аниқловчи муносабатлар, Коши муносабати, иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси ва мос равишда бошланғич ва чегаравий шартлардан иборат бўлади. Эслатиб ўтамиз, кўчишларда ёзилган ҳаракат тенгламаси ва иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси ўзаро бир-бири билан боғлиқдир, яъни температура координата ва вақтга боғлиқ функция сифатида ҳаракат тенгламасида, кўчишлар эса иссиқлик ўтказувчанлик тенгламасида қатнашади.

Агар жисмнинг ҳаракатига таъсир қилувчи ташқи омиллар вақт бўйича жуда секин ўзгарса, у ҳолда ҳаракат тенгламасидаги инерцион аъзоларни этиборга олмаса ҳам бўлади ва масала квазистатик масала сифатида қаралади [6].

Трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластикликнинг боғлиқ динамик чегаравий масаласини қараб чиқамиз:

Масаланинг қўйилиши умумий ҳолда қуйидагича бўлади: у ҳаракат тенгламаси

$$\sigma_{ij,j} + X_i = \rho \ddot{u}_i \quad (1.4.1)$$

анизотроп жисмлар учун Дюгамель-Нейман муносабати

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon_{kl} - \beta_{ij} (T - T_0) \delta_{ij} \quad (1.4.2)$$

ва умумий ҳолда иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси

$$\lambda_{ij} T_{,ij} - C_\varepsilon \dot{T} - T \cdot \beta_{ij} \cdot \dot{\varepsilon}_{ij} = 0 \quad (1.4.3)$$

бу ерда C_ε - доимий температурада иссиқлик сиғими, β_{ij} - иссиқлик кенгайиши тензори, λ_{ij} - иссиқлик куюми тензори.

Коши муносабати

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}) \quad (1.4.4)$$

қуйидаги бошланғич

$$u_i|_{t=t_0} = \varphi_i, \quad \dot{u}_i|_{t=t_0} = \psi_i, \quad T|_{t=t_0} = T_0 \quad (1.4.5)$$

ва чегаравий шартлардан ибор

$$u_i|_{\Sigma_1} = u_i^0, \quad T|_{\Sigma_1} = \bar{T}_0, \quad \sigma_{ij} n_j|_{\Sigma_2} = S_i^0 \quad (1.4.6)$$

(1.4.4) - тенгликни (1.4.2) – муносабатгага қўйсак ва ҳосил бўлган ифодаларни (1.4.1) - тенгликгага қўйсак, кўчишларда ифодаланган ҳаракат тенгламаларига эга бўламиз. Умумий ҳолда (1.4.1)-(1.4.6) муносабатлар икки ўлчовли ҳолда қуйидаги кўринишни олади:

$$C_{1111} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + (C_{1122} + C_{1212}) \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + C_{1212} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \beta_{11} \frac{\partial T}{\partial x} + X_1 = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (1.4.7)$$

$$C_{1212} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + (C_{1212} + C_{2211}) \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + C_{2222} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} - \beta_{22} \frac{\partial T}{\partial y} + X_2 = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \quad (1.4.8)$$

$$\lambda_{11} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \lambda_{22} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} - C_\varepsilon \frac{\partial T}{\partial t} - T (\beta_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} + \beta_{22} \frac{\partial^2 v}{\partial y \partial t}) = 0 \quad (1.4.9)$$

мос равишда бошланғич

$$u(x, y, t)|_{t=0} = \varphi_1, \quad \frac{\partial u}{\partial t} \Big|_{t=0} = \psi_1, \quad (1.4.10)$$

$$v(x, y, t)|_{t=0} = \varphi_2, \quad \frac{\partial v}{\partial t} \Big|_{t=0} = \psi_2, \quad T(x, y, t)|_{t=0} = T_0$$

ва чегаравий шартлар

$$u(x, y, t)|_{\Sigma} = u_0; \quad v(x, y, t)|_{\Sigma} = v_0; \quad T(x, y, t)|_{\Sigma} = \bar{T}_0(t) \quad (1.4.11)$$

Бу ерда C_{ijkl} , C_ε , β_{ij} , λ_{ij} , ρ – аниқ катталиклар, Σ – қаралаётган соҳа чегараси, φ , ψ , T_0 , $\bar{T}$, u_0 , v_0 – берилган катталиклар ёки функциялар.

(1.4.7) - (1.4.9) масала чекли айирмалли усуллар билан сонли ечилади [8,12,20].

I-боб бўйича хулоса

Диссертация ишининг биринчи бобида термоэластик масаланинг кўйилиши келтирилади. Биринчи параграфда анизотроп жисмлар термоэластиклигининг асосий муносабатлари ҳақида қисқача тушунчалар берилган. Бобнинг иккинчи параграфида боғлиқ ва боғлиқ бўлмаган термоэластик масалалар келтирилган. Бобнинг учинчи параграфида изотроп ва анизотроп жисмлар учун боғлиқ бўлган масалаларнинг кўйилиши ҳақида тўхталиб ўтилган. Тўртинчи параграфда умумий ҳолда трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик масаланинг кўйилиши кўрсатилган.

II-БОБ. ТЕРМОЭЛАСТИК БОҒЛИҚ МАСАЛАЛАРНИ ЕЧИШГА ЧЕКЛИ АЙИРМАЛИ СХЕМАЛАРНИНГ ТАДБИҚИ

2.1. Ошкор ва ошкормас айирмали схемалар.

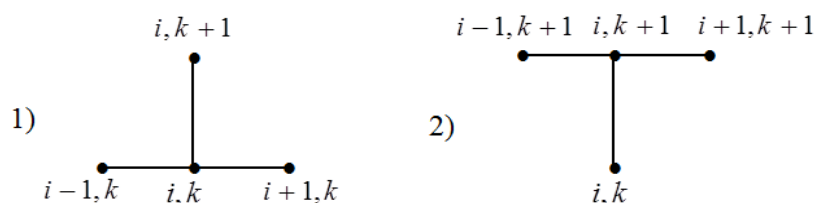
Тадқиқот ишимизнинг бу бобида термоэластик жисмлар учун боғлиқ масалаларни ечишга чекли айирмали схемалани тадбиқ қилиш масалалари қаралади.

Умумий ҳолда дифференциал масаланинг асосий тенгламасини ва қўшимча шартларини аппроксимация қилувчи айирмали тенгламалар системаси айирмали схемалар дейилади. Айирмали схеманинг аппроксимация хатолиги, турғунлиги, яқинлашиши ва аниқлиги айирмали схемалар назариясининг асосий тушунчаларидир.

Айирмали схемалар назариясининг асосий масаласи айирмали схеманинг аниқлиги унинг аппроксимация хатолиги, яқинлашиши ва турғунлигини ўрганишга олиб келади.

Функцияларни айирмали схемаларга келтириб уларнинг сонли ечимларини топиш учун ошкор ва ошкормас айирмали схемалардан фойдаланамиз.

Умумий ҳолда ошкор ва ошкормас айирмали схемаларнинг бир ўлчовли жисм учун кўриниши қуйидагича:



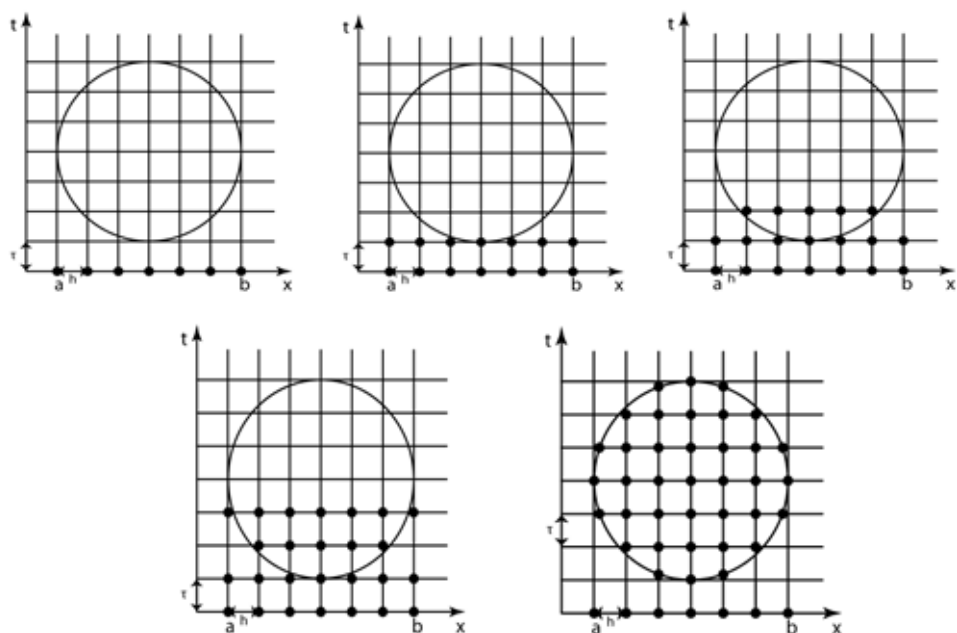
2.1.1-расм. бир ўлчовли жисм учун айирмали схемалар

$$y_i^{k+1} = y_i^k + \frac{\tau}{h^2} (y_{i-1}^k - 2y_i^k - y_{i+1}^k) \quad (2.1.1)$$

$$y_i^k = y_i^{k+1} + \frac{\tau}{h^2} (2y_i^{k+1} - y_{i+1}^{k+1} - y_{i-1}^{k+1}) \quad (2.1.2)$$

(2.1.1) ва (2.1.2) муносабатлар умумий ҳолда ошкор ва ошкормас айирмали схемалар дейилади.

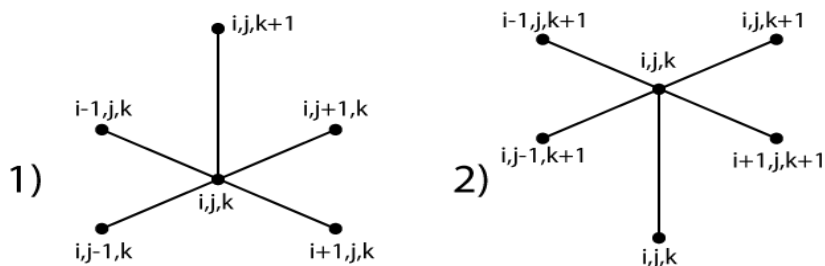
Айирмали схемани бир ўлчовли тўғри стержин учун қуйидагича тадбиқ қилишимиз мумкин.



2.1.2-расм. Тўрланган соха

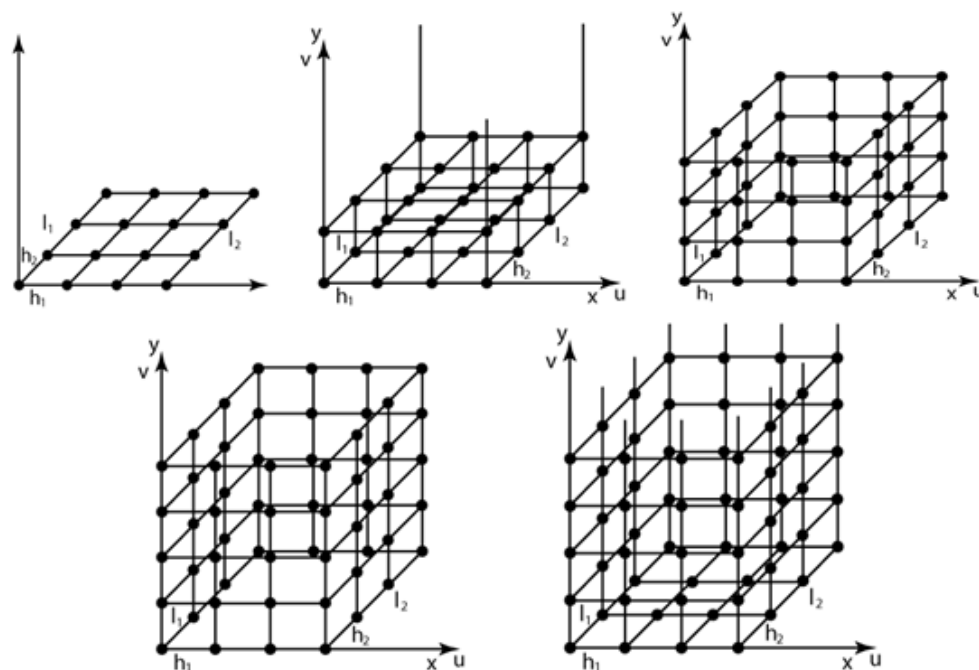
2.1.2-расмдаги тўрланган сохалар (2.1.1) ва (2.1.2) муносабатлар асосида ҳосил қилинган.

Ошкор ва ошкормас айирмали схемаларнинг икки ўлчовли жисм учун кўриниши қуйидагича:



2.1.3-расм икки ўлчовли жисм учун айирмали схемалар

2.1.3-расмдаги схемалар асосида икки ўлчовли квадрат платина учун қуйидагича тадбиқ қилишимиз мумкин.



2.1.4-расм. Икки ўлчовли тўрланган соха

2.1.4-расмдаги икки ўлчовли квадрат пластинанинг (2.1.1) ва (2.1.2) муносабатлар асосида тўрли соха ҳосил қилинган.

1-схемадан кўриниб турибдики, $k + 1$ қатламдаги ечим k қатламдаги ечимлар орқали аниқ, ошкор шаклда ифодаланади. Шунинг учун бундай схемаларга *ошкор* схемалар дейилади. Ошкор схемаларда олдинги қатламдаги хатоликлар йиғиндиси кейинги қатламга ўтганлиги учун, бир неча қатламдан сўнг хатоликлар мажмуаси ҳосил бўлади ва қутилган натижа чиқмаслиги мумкин. Шунинг учун амалда ошкор схемалардан камроқ фойдаланган маъқул.

2-схемада эса ҳар бир қатламнинг учта нуқтадаги номаълум ечимлари, ўзидан олдинги яъни ҳар бир кейинги қатламдаги ечимларни олдинги қатламдаги 1 та ечим орқали ифодаланади, яъни ҳар бир кейинги қатламдаги ечимларни олдинги қатламдаги ечимлар орқали бевосита бирданига ошкор ҳолда ифодалаб бўлмайди. Бундай схемаларга *ошкормас* схемалар дейилади. Ошкормас схемада ҳар бир қатламдаги ҳисоблаш хатоликлари бошқа қатламга узатилмайди. Шунинг учун, бундай

схемаларда ҳосил бўлган ҳисоблаш формулалари бирмунча мураккаб бўлса ҳам, лекин хатолик кам бўлади [16].

2.2. Трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик масалага ошкор ва ошкормас айирмали схемаларнинг тадбиқи

1.4 – параграфда келтирилган Трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик масалага ошкор ва ошкормас айирмали схемаларни тадбиқ қилишни қараб чиқамиз.

$$\begin{cases} C_{1111} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + C_{1122} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + C_{1212} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} \right) - \beta_{11} \frac{\partial T}{\partial x} + X_1 = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ C_{2222} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + C_{2211} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + C_{1212} \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} \right) - \beta_{22} \frac{\partial T}{\partial y} + X_2 = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \end{cases} \quad (2.2.1)$$

$$\lambda_{11} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \lambda_{22} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} - c_\varepsilon \frac{\partial T}{\partial t} - T \left(\beta_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} + \beta_{22} \frac{\partial^2 v}{\partial y \partial t} \right) = 0 \quad (2.2.2)$$

мос равишда бошланғич

$$\begin{aligned} u(x, y, t) \Big|_{t=0} &= \varphi_1, \quad v(x, y, t) \Big|_{t=0} = \varphi_2, \\ \frac{\partial u}{\partial t} \Big|_{t=0} &= \psi_1, \quad \frac{\partial v}{\partial t} \Big|_{t=0} = \psi_2, \quad T(x, y, t) \Big|_{t=0} = T_0 \end{aligned} \quad (2.2.3)$$

ва чегаравий шартлар

$$u(x, y, t) \Big|_\Sigma = u_0; \quad v(x, y, t) \Big|_\Sigma = v_0; \quad T(x, y, t) \Big|_\Sigma = \bar{T}_0(t) \quad (2.2.4)$$

Бу ерда, C_{ijkl} , C_ε , β_{ij} , λ_{ij} , ρ – аниқ катталиклар, Σ – қаралаётган соҳа чегараси, φ , ψ , T_0 , $\bar{T}$, u_0 , v_0 – берилган катталиклар ёки функциялар.

Чекли айирмали тенгламаларга келтириш: Бизнинг асосий мақсадимиз масалани сонли ечиш алгоритмини қуришдан иборат. Бунинг учун биз юқорида ҳосил қилинган ҳусусий ҳосилли дифференциал тенгламаларни айирмали тенгламалар билан алмаштирамиз.

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} &\approx \frac{u_{i+1,j}^n - 2u_{i,j}^n + u_{i-1,j}^n}{h_1^2} \\ \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} &\approx \frac{v_{i,j+1}^n - 2v_{i,j}^n + v_{i,j-1}^n}{h_2^2} \\ \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} &\approx \frac{u_{i+1,j+1}^n - u_{i-1,j+1}^n - u_{i+1,j-1}^n + u_{i-1,j-1}^n}{4h_1 h_2}\end{aligned}\tag{2.2.5}$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} \approx \frac{v_{i+1,j+1}^n - v_{i-1,j+1}^n - v_{i+1,j-1}^n + v_{i-1,j-1}^n}{4h_1 h_2}$$

$$\frac{\partial T}{\partial x} \approx \frac{T_{i+1,j}^n - T_{i-1,j}^n}{2h_1}$$

$$\frac{\partial T}{\partial y} \approx \frac{T_{i,j+1}^n - T_{i,j-1}^n}{2h_2}$$

Икки ўлчовли ҳолда x ва y ўзгарувчилар бўйича сохани қуйидагича аниқлаймиз:

$0 \leq x \leq l_1$, $0 \leq y \leq l_2$ иккита параллел тўғри чизиқлар оиласини курамиз, $x_i = ih_1$ ($i = \overline{0, n}$) , $y_j = jh_2$ ($j = \overline{0, n}$) ва (2.2.1) ва (2.2.3) тенгламадаги ҳосилаларни (2.2.5) қуйидаги айирмалар билан алмаштирсак:

Қуйидаги айирмали тенгламага эга бўламиз:

$$\begin{aligned}&C_{1111} \frac{u_{i+1,j}^n - 2u_{i,j}^n + u_{i-1,j}^n}{h_1^2} + \\ &+ (C_{1122} + C_{1212}) \frac{v_{i+1,j+1}^n - v_{i-1,j+1}^n - v_{i+1,j-1}^n + v_{i-1,j-1}^n}{4h_1 h_2} + \\ &+ C_{1212} \frac{u_{i,j+1}^n - 2u_{i,j}^n + u_{i,j-1}^n}{h_2^2} - \beta_{11} \frac{T_{i+1,j}^n - T_{i-1,j}^n}{2h_1} = \rho \frac{u_{i,j}^{n+1} - 2u_{i,j}^n + u_{i,j}^{n-1}}{\tau^2}\end{aligned}\tag{2.2.6}$$

$$C_{2222} \frac{v_{i,j+1}^n + 2v_{i,j}^n + v_{i,j-1}^n}{h_2^2} +$$

$$(C_{1212} + C_{2211}) \frac{u_{i+1,j+1}^n - u_{i-1,j+1}^n - u_{i+1,j-1}^n + u_{i-1,j-1}^n}{4h_1h_2} + \quad (2.2.7)$$

$$+ C_{1212} \frac{v_{i+1,j}^n - 2v_{i,j}^n + v_{i-1,j}^n}{h_1^2} - \beta_{22} \frac{T_{i,j-1}^n - T_{i,j+1}^n}{2h_2} = \rho \frac{v_{i,j}^{n+1} - 2v_{i,j}^n + v_{i,j}^{n-1}}{\tau^2}$$

$$\lambda_{11} \frac{T_{i+1,j}^n - 2T_{i,j}^n + T_{i-1,j}^n}{h_1^2} + \lambda_{22} \frac{T_{i,j+1}^n - 2T_{i,j}^n + T_{i,j-1}^n}{h_2^2} -$$

$$- C_\varepsilon \frac{T_{i,j}^{n+1} - T_{i,j}^n}{\tau} - T_0 (\beta_{11} \frac{u_{i+1,j}^{n+1} - u_{i-1,j}^{n+1} - u_{i+1,j}^{n-1} + u_{i-1,j}^{n-1}}{4h_1\tau} +$$

$$+ \beta_{22} \frac{v_{i,j+1}^{n+1} - v_{i,j-1}^{n+1} - v_{i,j+1}^{n-1} + v_{i,j-1}^{n-1}}{4h_2\tau}) = 0 \quad (2.2.8)$$

Бу алмаштиришлардан сўнг бошланғич шартлар қуйидагича бўлади,

$$u_{i,j,0}(x, y, t) \Big|_{t=0} = \varphi_1, \quad v_{i,j,0}(x, y, t) \Big|_{t=0} = \varphi_2,$$

$$\frac{u_{i,j}^1 - u_{i,j}^0}{\tau} \Big|_{t=0} = \psi_1, \quad \frac{v_{i,j}^1 - v_{i,j}^0}{\tau} \Big|_{t=0} = \psi_2, \quad T_{i,j}^0(x, y, t) \Big|_{t=0} = T_0 \quad (2.2.9)$$

ва чегаравий шартлар

$$u(x, y, t) \Big|_{\Sigma} = u_0; \quad v(x, y, t) \Big|_{\Sigma} = v_0; \quad T(x, y, t) \Big|_{\Sigma} = \bar{T}_0(t) \quad (2.2.10)$$

шундай кўринишда бўлади. Юқоридаги (2.2.6)-(2.2.7) ва (2.2.8) тенламалар (2.2.9) –бошланғич ва (2.2.10)-чегаравий шартлар билан сонли ечилади.

Умумий ҳолда ошкормас схеманинг кўриниши:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \approx \frac{u_{i+1,j}^{n+1} - 2u_{i,j}^{n+1} + u_{i-1,j}^{n+1}}{h_1^2}$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \approx \frac{v_{i+1,j}^{n+1} - 2v_{i,j}^{n+1} + v_{i-1,j}^{n+1}}{h_2^2} \quad (2.2.11)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \approx \frac{T_{i+1,j}^{n+1} - 2T_{i,j}^{n+1} + T_{i-1,j}^{n+1}}{h_1^2}$$

(2.2.6)-(2.2.7) ва (2.2.8) - масалаларга (2.2.11) даги ошкормас схемаларни қўлласак, қуйидаги кўринишга келади ва қуйидаги айирмали тенгламага эга бўламиз:

$$C_{1111} \frac{u_{i+1,j}^{n+1} - 2u_{i,j}^{n+1} + u_{i-1,j}^{n+1}}{h_1^2} +$$

$$+ (C_{1122} + C_{1212}) \frac{v_{i+1,j+1}^n - v_{i-1,j+1}^n - v_{i+1,j-1}^n + v_{i-1,j-1}^n}{4h_1h_2} + + \quad (2.2.12)$$

$$C_{1212} \frac{u_{i,j+1}^n - 2u_{i,j}^n + u_{i,j-1}^n}{h_2^2} - \beta_{11} \frac{T_{i+1,j}^n - T_{i-1,j}^n}{2h_1} = \rho \frac{u_{i,j}^{n+1} - 2u_{i,j}^n + u_{i,j}^{n-1}}{\tau^2}$$

$$C_{2222} \frac{v_{i,j+1}^n + 2v_{i,j}^n + v_{i,j-1}^n}{h_2^2} +$$

$$+ (C_{1212} + C_{2211}) \frac{u_{i+1,j+1}^n - u_{i-1,j+1}^n - u_{i+1,j-1}^n + u_{i-1,j-1}^n}{4h_1h_2} + \quad (2.2.13)$$

$$+ C_{1212} \frac{v_{i+1,j}^{n+1} - 2v_{i,j}^{n+1} + v_{i-1,j}^{n+1}}{h_1^2} - \beta_{22} \frac{T_{i,j-1}^n - T_{i,j-1}^n}{2h_2} = \rho \frac{v_{i,j}^{n+1} - 2v_{i,j}^n + v_{i,j}^{n-1}}{\tau^2}$$

$$\lambda_{11} \frac{T_{i+1,j}^{n+1} - 2T_{i,j}^{n+1} + T_{i-1,j}^{n+1}}{h_1^2} + \lambda_{22} \frac{T_{i,j+1}^n - 2T_{i,j}^n + T_{i,j-1}^n}{h_2^2} -$$

$$- C_\varepsilon \frac{T_{i,j}^{n+1} - T_{i,j}^n}{\tau} - T_0 (\beta_{11} \frac{u_{i+1,j}^{n+1} - u_{i-1,j}^{n+1} - u_{i+1,j}^{n-1} + u_{i-1,j}^{n-1}}{4h_1\tau} +$$

$$+ \beta_{22} \frac{v_{i,j+1}^{n+1} - v_{i,j-1}^{n+1} - v_{i,j+1}^{n-1} + v_{i,j-1}^{n-1}}{4h_2\tau}) = 0 \quad (2.2.14)$$

Келтирилган ошкормас схемалар учун ҳам бошланғич ва чегаравий шартлар юқоридагидек бўлади. Ошкормас айирмали схемалар ёрдамида ҳосил бўлган тенгламаларни хайдаш (прогонка) усули ёрдамида ишласа бўлади [8,11].

2.3. Трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик масалани чекли айирмалар усули билан сонли ечиш

Қуйида Трансверсал изотроп жисмлар учун термоэластик масаланинг динамик боғлиқлигининг математик модели ва бу моделни сонли ечиш қаралади. Трансверсал изотроп жисмлар учун боғлиқ динамик масаланинг икки ўлчовли ҳолда ҳаракат тенгламалари қуйидагича:

$$C_{1111} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + (C_{1122} + C_{1212}) \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + C_{1212} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \beta_{11} \frac{\partial T}{\partial x} + X_1 = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (2.3.1)$$

$$C_{1212} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + (C_{1212} + C_{2211}) \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + C_{2222} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} - \beta_{22} \frac{\partial T}{\partial y} + X_2 = \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \quad (2.3.2)$$

Трансверсал изотроп жисмлар учун иссиқлик тарқалиши тенгламаси:

$$\lambda_{11} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \lambda_{22} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} - C_\varepsilon \frac{\partial T}{\partial t} - T(\beta_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} + \beta_{22} \frac{\partial^2 v}{\partial y \partial t}) = 0 \quad (2.3.3)$$

бу тенглама учун бошланғич шартлар қуйидагича

$$u(x, y, t)|_{t=0} = \varphi_1, \quad \frac{\partial u}{\partial t}|_{t=0} = \psi_1, \quad (2.3.4)$$

$$v(x, y, t)|_{t=0} = \varphi_2, \quad \frac{\partial v}{\partial t}|_{t=0} = \psi_2, \quad T(x, y, t)|_{t=0} = T_0$$

ва чегаравий шартлар

$$\begin{aligned} u(x, y, t)|_{x=0} &= u_0; \quad u(x, y, t)|_{x=\ell_1} = \bar{u}_0; \quad u(x, y, t)|_{y=0} = u'_0; \\ u(x, y, t)|_{y=\ell_2} &= \bar{u}'_0; \quad v(x, y, t)|_{x=0} = v_0; \quad v(x, y, t)|_{x=\ell_1} = \bar{v}_0; \\ v(x, y, t)|_{y=0} &= v'_0; \quad v(x, y, t)|_{y=\ell_2} = \bar{v}'_0; \quad T(x, y, t)|_{x=0} = T_1(t); \\ T(x, y, t)|_{x=\ell_1} &= T_2(t); \quad T(x, y, t)|_{y=0} = T'_1(t); \quad T(x, y, t)|_{y=\ell_2} = T'_2(t). \end{aligned} \quad (2.3.5)$$

Бу ерда: σ_{ij} - кучлар тензори, X_i - ҳажмий кучлар, C_{ijkl} - жисмни характерловчи параметрлари, ε_{ij} - деформациялар тензори, β_{ij} - ҳажмий иссиқлик кенгайиши коэффициенти, δ_{ij} - Кронекер символи,

бунда; $\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & , i = j \\ 0 & , i \neq j \end{cases}$

C_ε - доимий температурада иссиқлик сифими, β_{ij} - иссиқлик кенгайиши тензори, λ_{ij} - иссиқлик қуюми тензори ва Коши муносабати, T - температура, ρ - жисм зичлиги;

$t \geq 0$, $0 \leq x \leq l_1$, $0 \leq y \leq l_2$ да 3та: $x = ih_1, (i = \overline{0, k}), y = jh_2, (j = \overline{0, k}), t = n\tau$ ($n = 0, 1, 2, \dots$)

параллел тўғри чизиқлар оиласини қуриб (2.3.1) - (2.3.3) тенгламаларни турли муносабатларда уларнинг ҳосилаларига алмаштирамиз.

$$\begin{aligned} & C_{1111} \frac{u_{i+1,j}^n - 2u_{i,j}^n + u_{i-1,j}^n}{h_1^2} + \\ & + (C_{1122} + C_{1212}) \frac{v_{i+1,j+1}^n - v_{i-1,j+1}^n - v_{i+1,j-1}^n + v_{i-1,j-1}^n}{4h_1h_2} + \\ & + C_{1212} \frac{u_{i,j+1}^n - 2u_{i,j}^n + u_{i,j-1}^n}{h_2^2} - \beta_{11} \frac{T_{i+1,j}^n - T_{i-1,j}^n}{2h_1} = \rho \frac{u_{i,j}^{n+1} - 2u_{i,j}^n + u_{i,j}^{n-1}}{\tau^2} \end{aligned} \quad (2.3.6)$$

$$\begin{aligned} & C_{2222} \frac{v_{i,j+1}^n + 2v_{i,j}^n + v_{i,j-1}^n}{h_2^2} + \\ & + (C_{1212} + C_{2211}) \frac{u_{i+1,j+1}^n - u_{i-1,j+1}^n - u_{i+1,j-1}^n + u_{i-1,j-1}^n}{4h_1h_2} + \\ & + C_{1212} \frac{v_{i+1,j}^n - 2v_{i,j}^n + v_{i-1,j}^n}{h_1^2} - \beta_{22} \frac{T_{i,j-1}^n - T_{i,j+1}^n}{2h_2} = \rho \frac{v_{i,j}^{n+1} - 2v_{i,j}^n + v_{i,j}^{n-1}}{\tau^2} \end{aligned} \quad (2.3.7)$$

$$\begin{aligned} & \lambda_{11} \frac{T_{i+1,j}^n - 2T_{i,j}^n + T_{i-1,j}^n}{h_1^2} + \lambda_{22} \frac{T_{i,j+1}^n - 2T_{i,j}^n + T_{i,j-1}^n}{h_2^2} - \\ & - C_\varepsilon \frac{T_{i,j}^{n+1} - T_{i,j}^n}{\tau} - T_0 (\beta_{11} \frac{u_{i+1,j}^{n+1} - u_{i-1,j}^{n+1} - u_{i+1,j}^{n-1} + u_{i-1,j}^{n-1}}{4h_1\tau} + \\ & + \beta_{22} \frac{v_{i,j+1}^{n+1} - v_{i,j-1}^{n+1} - v_{i,j+1}^{n-1} + v_{i,j-1}^{n-1}}{4h_2\tau}) = 0 \end{aligned} \quad (2.3.8)$$

Юқоридаги (2.3.6) - (2.3.7) ва (2.3.8) - тенгламалардан $u_{i,j}^{n+1}$, $v_{i,j}^{n+1}$, $T_{i,j}^{n+1}$ ларни топамиз.

$$u_{i,j}^{n+1} = \frac{\tau^2}{\rho} (C_{1111} \frac{u_{i+1,j}^n - 2u_{i,j}^n + u_{i-1,j}^n}{h_1^2} +$$

$$+ (C_{1122} + C_{1212}) \frac{v_{i+1,j+1}^n - v_{i-1,j+1}^n - v_{i+1,j-1}^n + v_{i-1,j-1}^n}{4h_1h_2} +$$

$$+ C_{1212} \frac{u_{i,j+1}^n - 2u_{i,j}^n + u_{i,j-1}^n}{h_2^2} - \beta_{11} \frac{T_{i+1,j}^n - T_{i-1,j}^n}{2h_1}) + 2u_{i,j}^n - u_{i,j}^{n-1}$$
(2.3.9)

$$v_{i,j}^{n+1} = \frac{\tau^2}{\rho} (C_{2222} \frac{v_{i,j+1}^n + 2v_{i,j}^n + v_{i,j-1}^n}{h_2^2} +$$

$$+ (C_{1212} + C_{2211}) \frac{u_{i+1,j+1}^n - u_{i-1,j+1}^n - u_{i+1,j-1}^n + u_{i-1,j-1}^n}{4h_1h_2} +$$

$$+ C_{1212} \frac{v_{i+1,j}^n - 2v_{i,j}^n + v_{i-1,j}^n}{h_1^2} - \beta_{22} \frac{T_{i,j+1}^n - T_{i,j-1}^n}{2h_2}) + 2v_{i,j}^n - v_{i,j}^{n+1}$$
(2.3.10)

$$T_{i,j}^{n+1} = \frac{\tau}{c_\varepsilon} (\lambda_{11} \frac{T_{i+1,j}^n - 2T_{i,j}^n + T_{i-1,j}^n}{h_1^2} + \lambda_{22} \frac{T_{i,j+1}^n - 2T_{i,j}^n + T_{i,j-1}^n}{h_2^2} -$$

$$- T_0 (\beta_{11} \frac{u_{i+1,j}^{n+1} - u_{i-1,j}^{n+1} - u_{i+1,j}^{n-1} + u_{i-1,j}^{n-1}}{4h_1\tau} + \beta_{22} \frac{v_{i,j+1}^{n+1} - v_{i,j-1}^{n+1} - v_{i,j+1}^{n-1} + v_{i,j-1}^{n-1}}{4h_2\tau})) + T_{i,j}^n$$
(2.3.11)

(2.3.9)-(2.3.11) тенгламалар t^{n+1} катламда $u(x, y, t)$, $v(x, y, t)$, $T(x, y, t)$ функцияларнинг қийматларини топишга имкон беради, агар олдинги 2 та қатламнинг қиймати маълум бўлса, 2 та бошланғич қатламлардаги $n = 0$ ва $n = 1$ бошланғич шартлардан $u(x, y, t)$ ва $v(x, y, t)$ функцияларнинг қийматини топамиз, $T(x, y, t)$ функциянинг қийматини эса 1-қатламда (2.3.11) муносабатдаги аралаш ҳосилани бошқа муносабатга алмаштириш орқали топамиз.

$$u_{i,j}^1 = \frac{\tau^2}{\rho} (C_{1111} \frac{u_{i+1,j}^0 - 2u_{i,j}^0 + u_{i-1,j}^0}{h_1^2} +$$

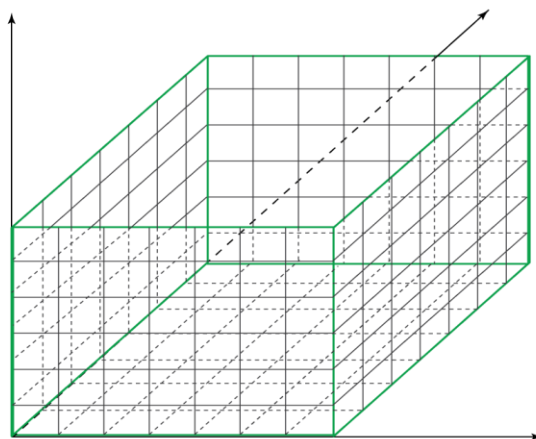
$$+ (C_{1122} + C_{1212}) \frac{v_{i+1,j+1}^0 - v_{i-1,j+1}^0 - v_{i+1,j-1}^0 + v_{i-1,j-1}^0}{4h_1h_2} +$$

$$+ C_{1212} \frac{u_{i,j+1}^0 - 2u_{i,j}^0 + u_{i,j-1}^0}{h_2^2} - \beta_{11} \frac{T_{i+1,j}^0 - T_{i-1,j}^0}{2h_1}) + 2u_{i,j}^0 - u_{i,j}^{-1}$$
(2.3.12)

$$\begin{aligned}
v_{i,j}^1 = & \frac{\tau^2}{\rho} (C_{2222} \frac{v_{i,j+1}^0 + 2v_{i,j}^0 + v_{i,j-1}^0}{h_2^2} + \\
& + (C_{1212} + C_{2211}) \frac{u_{i+1,j+1}^0 - u_{i-1,j+1}^0 - u_{i+1,j-1}^0 + u_{i-1,j-1}^0}{4h_1h_2} + \\
& + C_{1212} \frac{v_{i+1,j}^0 - 2v_{i,j}^0 + v_{i-1,j}^0}{h_1^2} - \beta_{22} \frac{T_{i,j-1}^0 - T_{i,j+1}^0}{2h_2}) + 2v_{i,j}^0 - v_{i,j}^1
\end{aligned} \tag{2.3.13}$$

$$\begin{aligned}
T_{i,j}^1 = & \frac{\tau}{c_\varepsilon} (\lambda_{11} \frac{T_{i+1,j}^0 - 2T_{i,j}^0 + T_{i-1,j}^0}{h_1^2} + \\
& \lambda_{22} \frac{T_{i,j+1}^0 - 2T_{i,j}^0 + T_{i,j-1}^0}{h_2^2} - T_0 (\beta_{11} \frac{u_{i+1,j}^1 - u_{i-1,j}^1 - u_{i+1,j}^{-1} + u_{i-1,j}^{-1}}{4h_1\tau} + \\
& + \beta_{22} \frac{v_{i,j+1}^1 - v_{i,j-1}^1 - v_{i,j+1}^{-1} + v_{i,j-1}^{-1}}{4h_2\tau})) + T_{i,j}^0
\end{aligned} \tag{2.3.14}$$

(2.3.12)-тенгламани $u(x, y, t)|_{x=\ell_1} = u_0$, $u(x, y, t)|_{x=\ell_1} = \bar{u}_0$, чегаравий шартлар билан, (2.3.13)-тенгламани $v(x, y, t)|_{x=0} = v_0$, $v(x, y, t)|_{x=\ell_1} = \bar{v}_0$ чегаравий шартлар билан (2.3.14)-тенгламани $T(x, y, t)|_{x=0} = T_1(t)$, $T(x, y, t)|_{x=0} = T_2(t)$ чегаравий шартлар билан бирга, тўрлар методи билан ечилган.



2.3.1-расм

Келтирилган 2.3.1-расмда икки ўлчовли жисм ҳолати учун юқоридаги (2.3.12)- (2.3.13) ва (2.3.14) тенгламалар асосида қурилган тўр соҳа келтирилган [25,27].

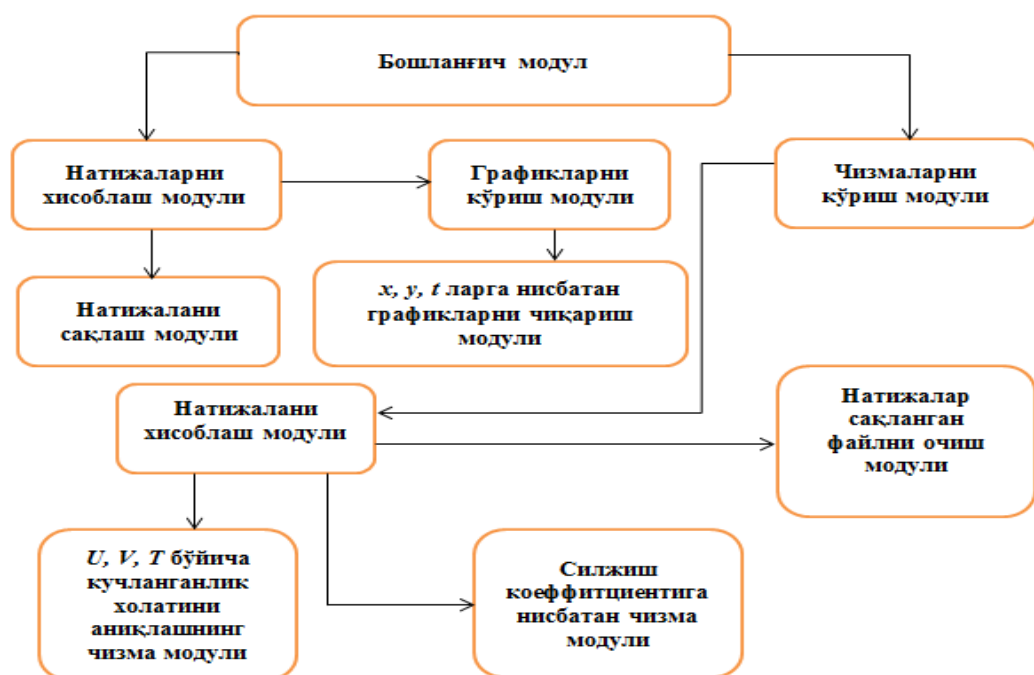
II-боб бўйича хулоса

Диссертация ишининг иккинчи бобида термоэластик боғлиқ масалаларни ечишга чекли айирмали схемаларни тадбиқ қилишга бағишланган. Бобнинг биринчи параграфида ошкор ва ошкормас айирмали схемалар ҳақида қисқача тушунчалар берилган. Ишнинг иккинчи параграфида трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик масалаларга ошкор ва ошкормас айирмали схемаларнинг тадбиқ қилиш усуллари келтирилган. Учинчи параграфда трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик масалани чекли айирмалар усули билан сонли ечиш алгоритми яратилган.

III-БОБ. АНИЗОТРОП ЖИСМЛАР УЧУН ИККИ ЎЛЧОВЛИ ТЕРМОЭЛАСИК БОҒЛИҚ МАСАЛАНИ СОНЛИ ЕЧИШНИНГ ПРОГРАММА ТАЪМИНОТИ

3.1. Дастурий таъминотнинг асосий функциялар тавсифи

Анизотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик боғлиқ масалани сонли ечишнинг дастурий таъминотини яратишда C++ Builder 6 дастурлаш тилидан фойдаланилган.



3.1.1-расм. Дастурнинг тузилиш структураси

Қўйилган масалани ечишда қуйидаги асосий функциялардан фойдаланилган:

Unit1 да қатнашадиган асосий функциялар;

void__fastcall TForm1::Natija1Click(TObject *Sender)- асосий функция **u,v,t** ни ҳисоблайди ва қуйидаги жадвал компоненталарига чиқаради.

StringGrid1 жадвал компонентасига **u** ни чиқаради.

StringGrid2 жадвал компонентасига **v** ни чиқаради.

void__fastcall TForm1::X1Click(TObject *Sender)- функцияси қуйидаги вазифаларни бажаради.

u нинг қийматини **X** ўқиға нисбатан графигини **Chart1** компонентаси ёрдамида **Form2** га чиқариб беради.

v нинг қийматини **X** ўқиға нисбатан графигини **Chart2** компонентаси ёрдамида **Form2** га чиқариб беради.

t нинг қийматини **X** ўқиға нисбатан графигини **Chart3** компонентаси ёрдамида **Form2** га чиқариб беради.

void__fastcall TForm1::Graphic2Click(TObject *Sender)- функцияси қуйидаги вазифаларни бажаради.

u нинг қийматини **Y** ўқиға нисбатан графигини **Chart1** компонентаси ёрдамида **Form2** га чиқариб беради.

v нинг қийматини **Y** ўқиға нисбатан графигини **Chart2** компонентаси ёрдамида **Form2** га чиқариб беради.

t нинг қийматини **Y** ўқиға нисбатан графигини **Chart3** компонентаси ёрдамида **Form2** га чиқариб беради.

void__fastcall TForm1::t1Click(TObject *Sender)- функцияси қуйидаги вазифаларни бажаради.

u нинг қийматини **T** га нисбатан графигини **Chart1** компонентаси ёрдамида **Form2** га чиқариб беради.

v нинг қийматини **T** га нисбатан графигини **Chart2** компонентаси ёрдамида **Form2** га чиқариб беради.

t нинг қийматини **T** га нисбатан графигини **Chart3** компонентаси ёрдамида **Form2** га чиқариб беради.

void__fastcall TForm1::Saqlash1Click(TObject *Sender)- функцияси қуйидаги вазифаларни бажаради. Бунда хисобланган **u,v,t** ларнинг қийматини **natija.txt** файлига сақлайди.

void__fastcall TForm1::Ochish1Click(TObject *Sender)- функцияси қуйидаги вазифаларни бажаради. Бу функция **naitja.txt** файлини очиб беради.

void__fastcall TForm1::KORISH1Click(TObject *Sender)- функцияси куйидаги вазифаларни бажаради. Бу функция орқали натижаларнинг визуал кўринишини тасвирловчи **Form3** компонентасини чақирилади.

Unit3 да қатнашадиган асосий функциялар;

void_boya(double *x,double *y,double *p)-функцияси **x,y,p** қийматларига нисбатан сохани бўяб беради. Бунда **x,y** чекли элемент координаталари **p,u,v** ёки **t** нинг қийматлари бўлиши мумкин.

void_clear()- функцияси экранни тозалайди.

void_chizish()- функцияси кўриб чиқиладиган соҳанинг бошланғич ҳолати чизиб беради.

void_chizishU()- функцияси сохани **u** нинг қийматларига нисбатан бўяб беради.

void_chizishV()- функцияси сохани **v** нинг қийматларига нисбатан бўяб беради.

void_chizishT()- функцияси сохани **t** нинг қийматларига нисбатан бўяб беради.

void_TForm3::uv()-функцияси силжиш коэффициентини чиқариб беради.

void_TForm3::element_draw(int i,int j)- функцияси **u,v** функциясидан чақирилган бўлиб, **i** ва **j** га нисбатан силжиш қийматларини қараб чиқаради.

void_hisoblash()- функцияси визуал кўриниши учун керак бўладиган **arrayU, arrayV, arrayT** ларни ҳисоблайди.

Яратилган ушбу функциялар асосида кейинги параграфда келтирилган асосий дастур ишчи ойнаси ва унда жойлашган менюлар ва тугмачаларнинг ишлаш структурасини яратади.

3.2. Дастурий таъминотдан фойдаланиш

Дастурни ишга тушириш билан экранда асосий форма пайдо бўлади ва унинг кўриниши қуйидагича:

The screenshot displays a software window titled "Qo'yilgan masalani yechishning forma ko'rinishi". The interface is divided into several sections:

- Left Sidebar (Menu):** Contains buttons for "FAYL", "NATIJA", "GRAFIK", and "CHIZISH". Below these are input fields for various parameters: "O'ZGARMAS SONLAR" (Lyambda11, Lyambda22, Betta11, Betta22, C1111, C1122, C1212, C2222, Ro, Ce, T0, h1, h2, tao, n).
- Main Area:** Divided into two horizontal sections. The top section is titled "U ning qiymatlari" and contains a table with 5 columns and 4 rows. The bottom section is titled "V ning qiymatlari" and contains a similar table with 5 columns and 4 rows.
- Right Sidebar (Actions):** Contains buttons for "Natiya", "Saqlash", and "Ochish" under the "NATIJA" header. Below these are buttons for "X o'qi bo'yicha o'zgarishi", "Y o'qi bo'yicha o'zgarishi", "T ning vaqt bo'yicha o'zgarishi", and "U,V,T bo'yicha grafik holati" under the "GRAFIK" header.

3.2.1-расм. Асосий форманинг умумий кўриниши.

Асосий форма 4 та менюдан иборат бўлиб, **FAYL** бўлими, **NATIJA** бўлими **GRAFIK** бўлими ва **CHIZISH** бўлимидан ташкил топган.

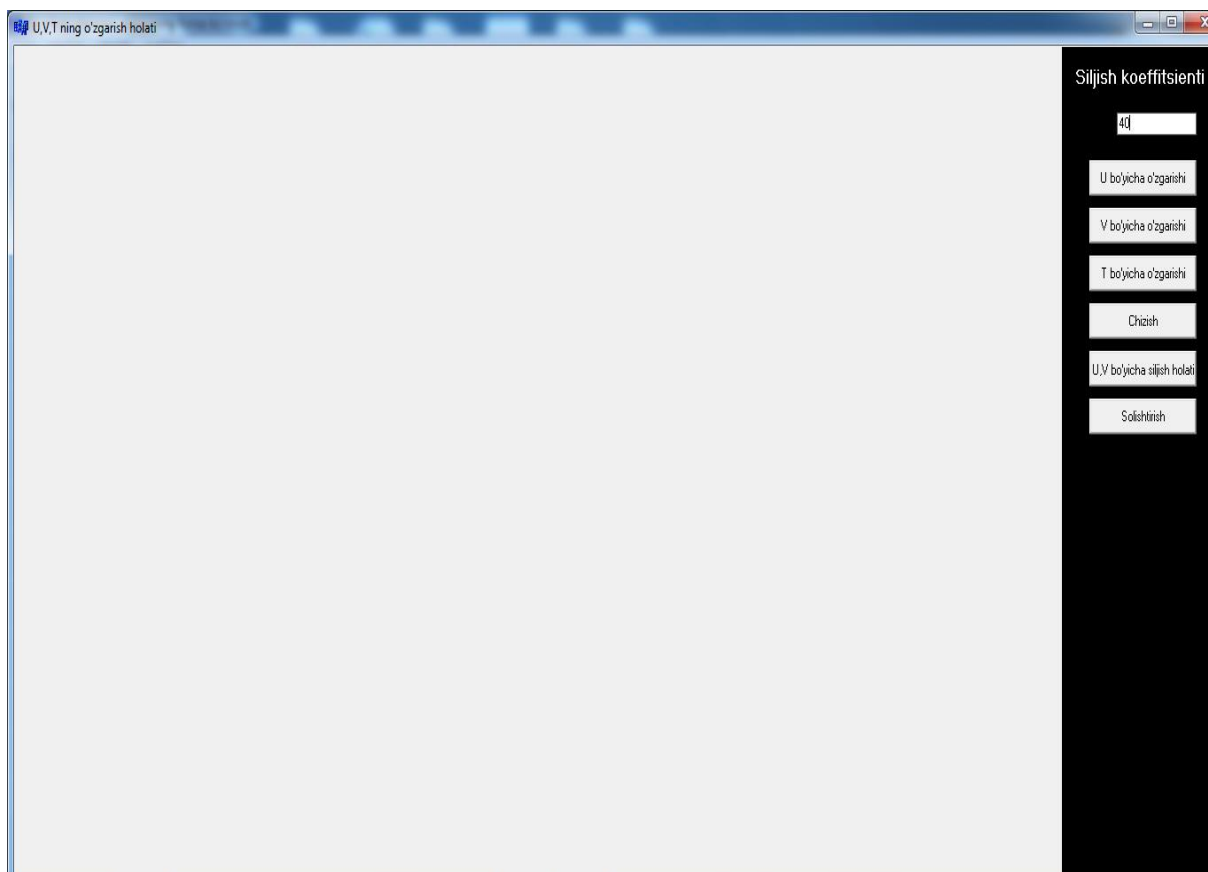
1-FAYL менюсида фақат **Chiqish (Ctrl+W)** бўлими яратилган бўлиб, бу бўлимда дастур ишчи ойнасидан чиқиш вазифаси юклатилган.

2-NATIJA менюси 3 та тугмадан иборат: **Natiya (Ctrl+R)** бу бўлимда олинган натижалар дастур ойнасида жадвал кўринишида чиқарилади, **Saqlash (Ctrl+S)** бу бўлимда натижалар natija.txt файлига сақланади, **Ochish (Ctrl+O)** олинган натижа natija.txt файлига сақлайди ва сақланган natija.txt файлни очиб беради.

3-GRAFIK менюси ҳам учта бўлимдан ташкил топган бўлиб, булар **X o'qi bo'yicha o'zgarishi (Ctrl+X)** бу бўлимда олинган натижалар асосида графикнинг координатадаги **X** ўқи бўйича чизмаси чиқарилади, **Y o'qi**

bo'yicha o'zgarishi (Ctrl+Y) бу бўлимда олинган натижалар асосида графикнинг координатадаги **Y** ўқи бўйича чизмаси чиқарилади, **T ning vaqt bo'yicha o'zgarishi (Ctrl+T)** бу бўлимда олинган натижалар асосида графикнинг координатадаги **Vaqt** бўйича ўзгариши чизмаси чиқарилади.

4-CHIZISH менюси фақат **Ko'rish** бўлимидан ташкил топган бўлиб, бу бўлим очилганда **U,V,T ning o'zgarish holati** дастур ойнаси очилади ва унинг кўриниши қуйидагича:



3.2.2-расм. **U,V,T ning o'zgarish holati** дастур ойнаси

Бу очилган ойна қуйидаги тугмалардан ташкил топган **Siljish koefitsienti**, **U bo'yicha o'zgarishi**, **V bo'yicha o'zgarishi**, **T bo'yicha o'zgarishi**, **CHIZISH**, **U,V bo'yicha siljish holati**, **Solishtirish** тугмаларидан ташкил топган. Қўйилган бу тугмачалар қуйидаги вазифаларни бажаради:

Siljish koefitsienti тугмаси орқали квадрат пластинанинг силжиш коэффициентини ўзгартиришимиз мумкин. **U bo'yicha o'zgarishi** тугмаси орқали квадрат пластинанинг **X** ўқи бўйича дастлабки ҳолатини кўришимиз мумкин. **V bo'yicha o'zgarishi** тугмаси орқали квадрат

пластинанинг **Y** ўқи бўйича дастлабки ҳолатини кўришимиз мумкин. **T bo'yicha o'zgarishi** тугмаси орқали квадрат пластинага қўйилган температуранинг таъсир доирасининг дастлабки ҳолатини кўришимиз мумкин. **CHIZISH** тугмаси орқали квадрат пластинанинг дастлабки ҳолатини кўриш мумкин. **U,V bo'yicha siljish holati** ва **Solishtirish** тугмачалари орқали **U,V** бўйича ўзгаришини ва дастлабки ҳолати билан температура таъсир қилгандан кейинги ҳолатини кўриш мумкин.

Менюлар сатридан ташқари дастур ойнасининг ўнг қисмида фойдаланувчига қулайлик яратиш мақсадида **NATIJA**, **GRAFIK** менюлари яратилган.



3.2.3-расм. **NATIJA** ва **GRAFIK** менюларининг кўриниши.

NATIJA- менюси уч тугмадан ташкил топган бўлиб, булар **Natija**, **Saqlash**, **Ochish** тугмаларидан иборат.

GRAFIK- менюси ҳам учта тугмадан иборат бўлиб, булар **X o'qi bo'yicha o'zgarishi**, **Y o'qi bo'yicha o'zgarishi (Ctrl+Y)**, **T ning vaqt bo'yicha o'zgarishi (Ctrl+T)**, ва **U,V,T bo'yicha grafik holati** тугмаларидан ташкил топган бўлиб, бу тугмалар ҳам юқорида келтирилган вазифаларни бажаради.

O'ZGARMAS SONLAR	
Lyambda11:	
Lyambda22:	
Betta11:	
Betta22:	
C1111:	
C1122:	
C1212:	
C2222:	
Ro:	
Ce:	
T0:	
h1:	
h2:	
tao:	
n:	

3.2.4-расм. **O'ZGARMAS SONLAR** менюсининг кўриниши.

Бу келтирилган меню орқали тенгламага киритиладиган ўзгармас сонлар рўйхати киритилади.

Асосий формасида яна **U ning qiymatlari** ва **V ning qiymatlari** жадвалини кўрсатуви ечимлар ойнаси кўрсатилган.

U ning qiymatlari				

3.2.5-расм. **U ning qiymatlari** жадвали ойнасининг кўриниши.

3.2.5-расмдаги жадвалда тенгламаларни ҳисоблаш натижасида **U ning qiymatlari** ечимлар жадвали экранга чиқади.

V ning qiymatlari				

3.2.6-расм. V **ning qiymatlari** жадвали ойнасининг кўриниши.

3.2.6-расмдаги жадвалда тенгламаларни ҳисоблаш натижасида V **ning qiymatlari** ечимлар жадвали экранга чиқади..

Асосий ишчи ойнадаги **O'ZGARMAS SONLAR** менюсига кейинги параграфдаги қийматлар киритилиб натижалар олинади.

3.3. Киритилувчи константалар

Бу параграфда тенгламага киритилувчи константалар рўйхати келтирилган ва улар қуйидагилардан иборат.

Lyambda11, Lyambda22 - Иссиқлик қуюми тензорлари.

Betta11, Betta22 - Биринчи ва иккинчи ҳаракат тенгламасидаги ҳажмий иссиқлик кенгайиши коэффициентлари.

C1111, C1122, C1212, C2222 - жисмни характерловчи параметрлари.

Ro – Жисм зичлиги.

C_e – Доимий темпратурадаги иссиқлик сиғими.

T₀ – Жисмга қўйиладиган темпратураси.

h₁ - X ўқи бўйича тугун нуқталар орасидаги баландлик.

h₂ - Y ўқи бўйича тугун нуқталар орасидаги баландлик.

tao - Қаламларнинг вақт оралиғи.

n - Қадамлар сони.

Бу келтирилган ўзгармас сонлар асосий дастур ойнасида кўрсатилган **O'ZGARMAS SONLAR** менюсига киритилади.

Бу келтирилган ўзгармас сонларнинг сон қийматларини киритиб оламиз, улар қуйидагича:

Lyambda11 - 0.5, Lyambda22 - 0.3, Betta11 - 0.05, Betta22 – 0.09,

C1111 – 0.75, C1122 – 0.91, C1212 – 0.9, C2222 – 0.89,

Ro – 1.1, C_e – 3.4, T₀ – 5, h₁ – 0.1, h₂ – 0.1, tao – 0.01, n – 10.

Бу сонлар асосий дастур ойнасидаги **O'ZGARMAS SONLAR** менюсига қуйидагича киритилади.

O'ZGARMAS SONLAR	
Lyambda11:	0,5
Lyambda22:	0,3
Betta11:	0,05
Betta22:	0,09
C1111:	0,75
C1122:	0,91
C1212:	0,9
C2222:	0,89
Ro:	1,1
Ce:	3,4
T0:	5
h1:	0,1
h2:	0,1
tao:	0,01
n:	10

3.3.1-расм. **O'ZGARMAS SONLAR** менюсининг тўлдирилган кўриниши.

Бу киритилган сонлар асосида кейинги параграфимизда ҳисоблаш экспериментини ўтказамиз.

3.4. Ҳисоблаш эксперименти

Бу параграфда киритилган сонлар асосида қуйидаги натижаларни оламир:

U ning qiymatlari										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0,101126368	0,185684113	0,252046359	0,293794033	0,306812010	0,289827282	0,244466566	0,175102028	0,089235882	0
0	0,185716123	0,347549633	0,475361001	0,556720139	0,583638414	0,553483529	0,469170091	0,338856295	0,176014518	0
0	0,252108725	0,475393673	0,652158397	0,765182110	0,803379764	0,763016067	0,648003933	0,469500570	0,245683689	0
0	0,293854492	0,556752805	0,765182107	0,898817978	0,944559730	0,897934346	0,763467060	0,554216581	0,291357754	0
0	0,306870364	0,583671075	0,803379761	0,944559730	0,993372560	0,945044918	0,804268499	0,584719229	0,308571029	0
0	0,289883532	0,553516185	0,763016064	0,897934346	0,945044918	0,899740908	0,766418336	0,558025705	0,295640259	0
0	0,244554278	0,469236937	0,648038125	0,763501255	0,804302694	0,766452530	0,653617883	0,476747171	0,253830760	0
0	0,175317995	0,339074559	0,469689119	0,554406119	0,584908540	0,558213598	0,476897556	0,348830372	0,187227178	0
0	0,088738177	0,175702262	0,245366322	0,291036899	0,308247329	0,295314697	0,253503743	0,186880572	0,102176276	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.4.1-расм. U ning qiymatlari нинг жадвалдаги кўриниши

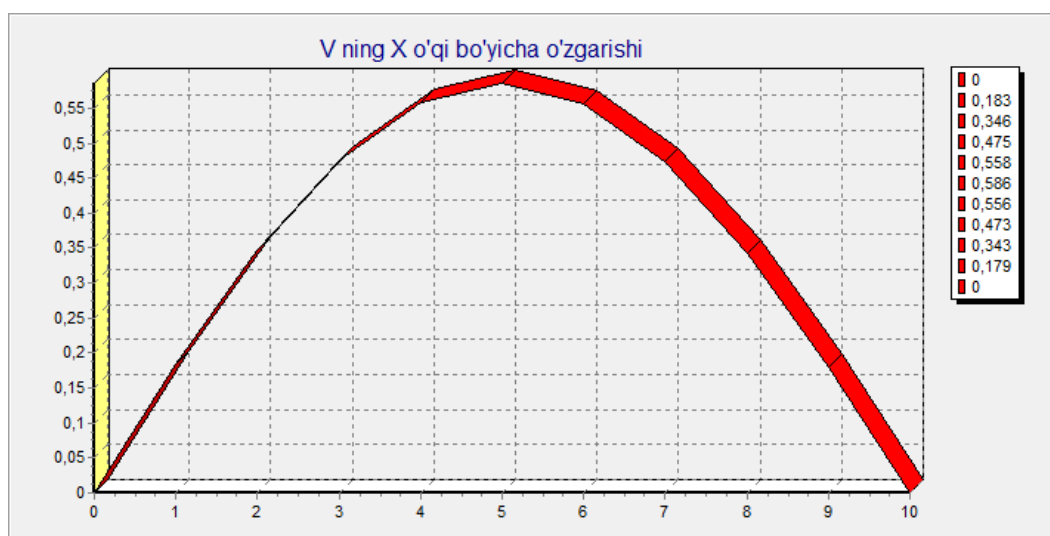
V ning qiymatlari										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0,105549970	0,188964923	0,253809616	0,293853265	0,305197493	0,286732940	0,240245674	0,170251471	0,083279559	0
0	0,188685799	0,349034689	0,475102889	0,554717880	0,580094652	0,548751650	0,463753731	0,333382823	0,170400800	0
0	0,253491026	0,475047234	0,650036831	0,761460485	0,798422663	0,757308887	0,642139591	0,464172251	0,240747894	0
0	0,293544309	0,554667643	0,761468760	0,893806578	0,938740337	0,891876030	0,757796443	0,549611962	0,287572033	0
0	0,304898947	0,580054542	0,798444389	0,938755246	0,987266580	0,939234536	0,799356105	0,581312559	0,306275057	0
0	0,286437936	0,548718727	0,757341270	0,891904370	0,939249425	0,894746628	0,762747868	0,556167422	0,295027770	0
0	0,239960051	0,463717276	0,642171625	0,757828238	0,799377211	0,762755530	0,651544417	0,476628994	0,254928568	0
0	0,169322758	0,332610087	0,463427334	0,548868133	0,580558519	0,555399514	0,475870870	0,349754743	0,189691914	0
0	0,084483256	0,171263843	0,241609536	0,288427854	0,307122398	0,295865076	0,255776242	0,190787565	0,106473675	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.4.2-расм. V ning qiymatlari нинг жадвалдаги кўриниши

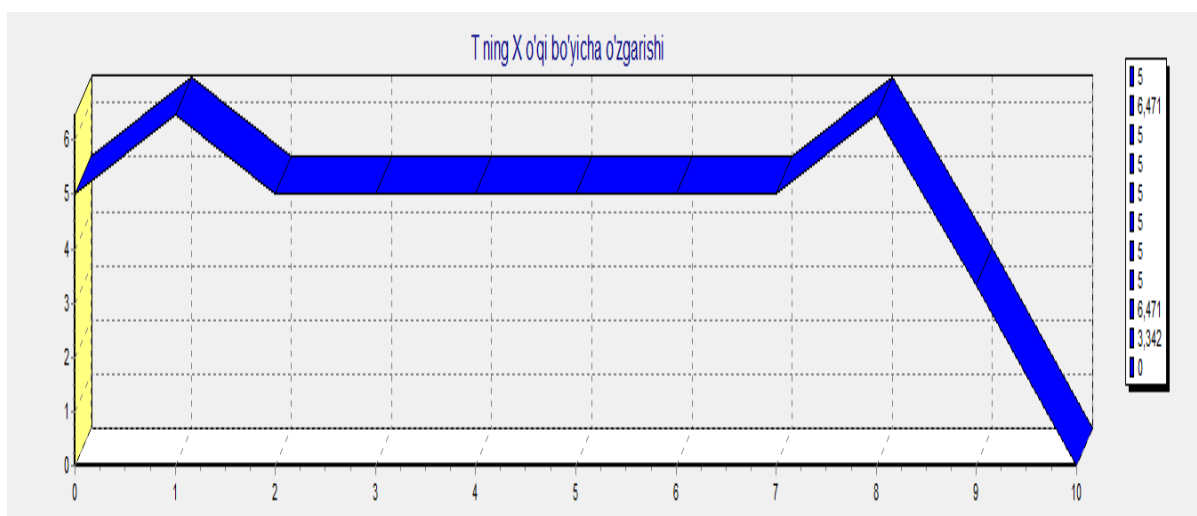
3.3.1, 3.3.2-расмларда келтирилган натижалар асосида қуйидаги график кўринишдаги натижаларни оламир.



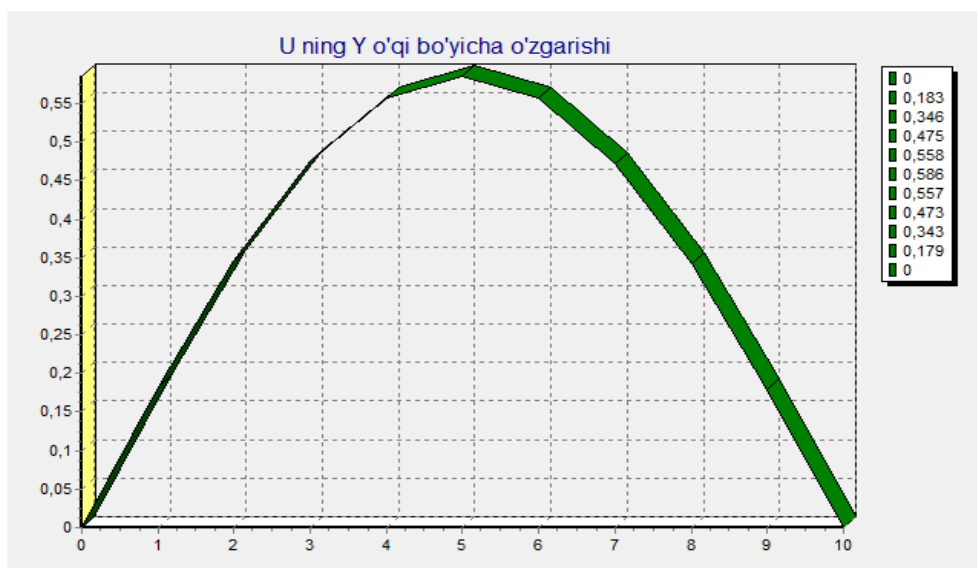
3.4.3-расм. U нинг X ўқи бўйича ўзгариши



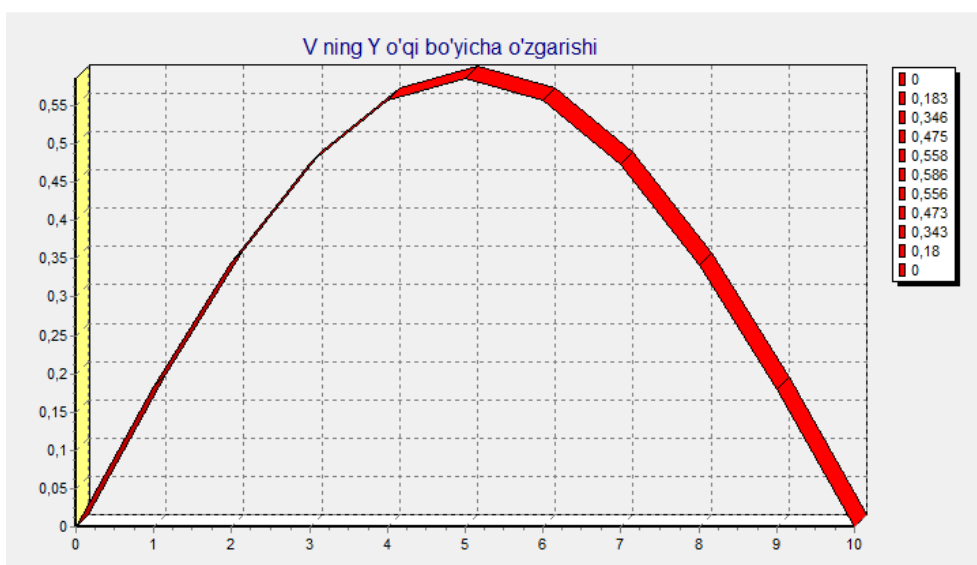
3.4.4-расм. V нинг X ўқи бўйича ўзгариши



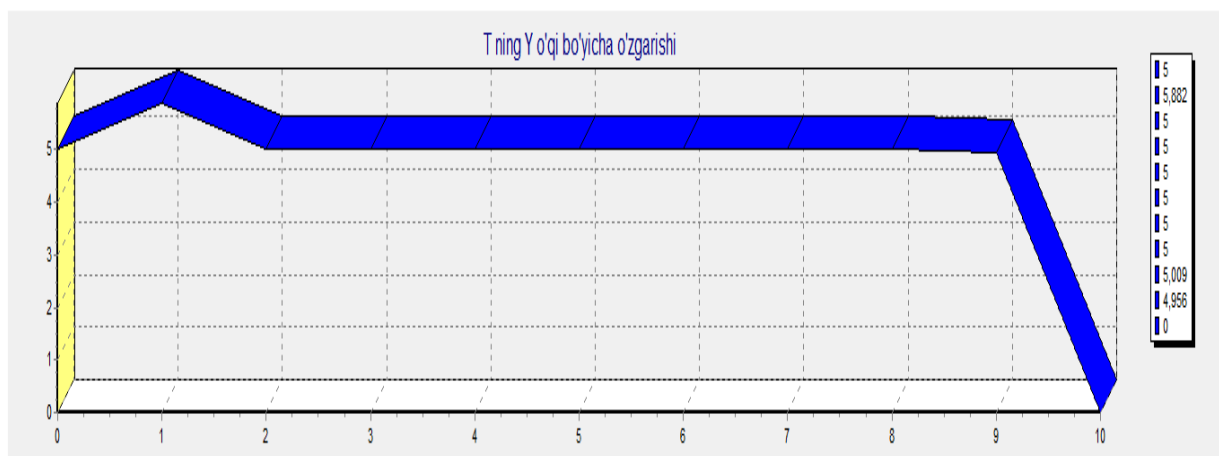
3.4.5-расм. T нинг X ўқи бўйича ўзгариши



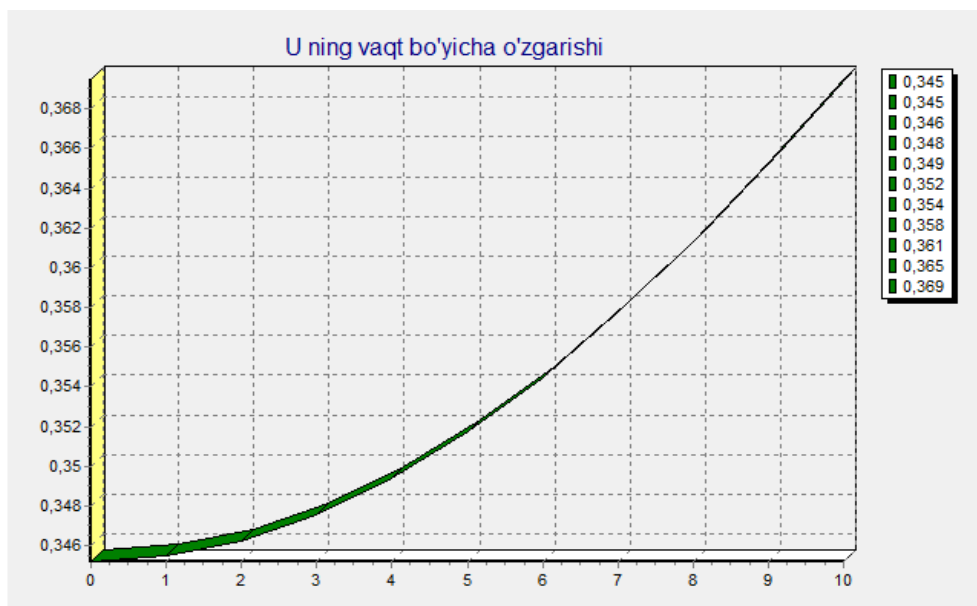
3.4.6-расм. U нинг Y ўқи бўйича ўзгариши



3.4.7-расм. U нинг Y ўқи бўйича ўзгариши



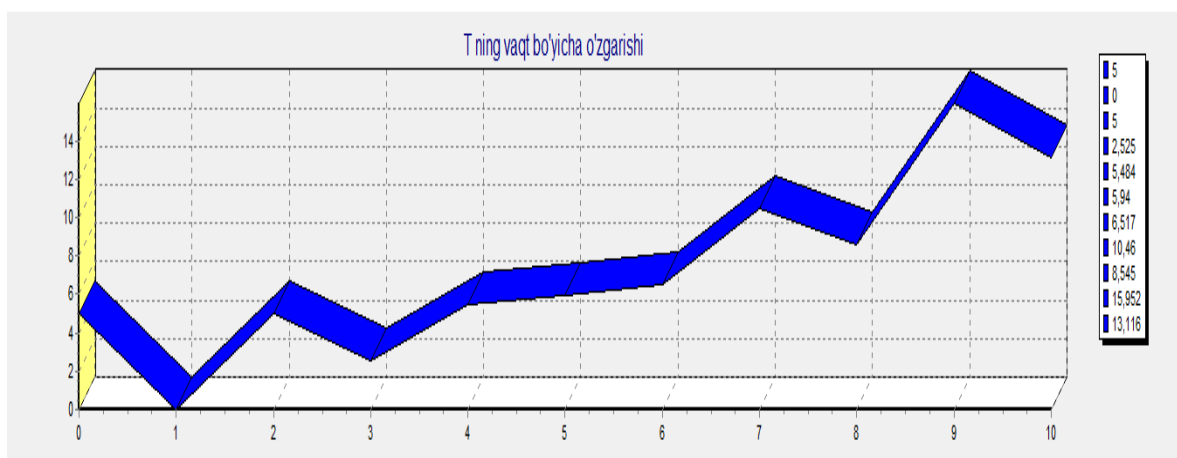
3.4.8-расм. T нинг Y ўқи бўйича ўзгариши



3.4.9-расм. U нинг вақт бўйича ўзгариши

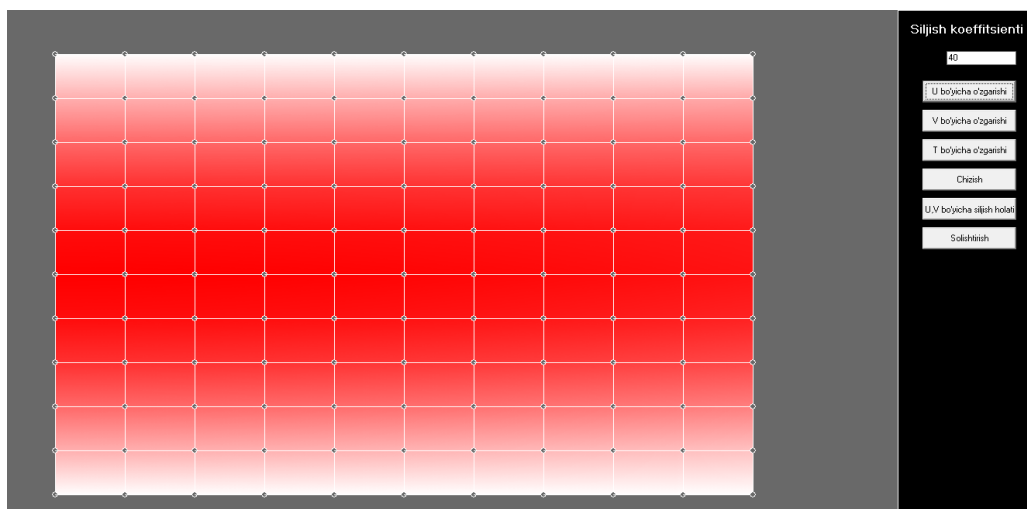


3.4.10-расм. V нинг вақт бўйича ўзгариши

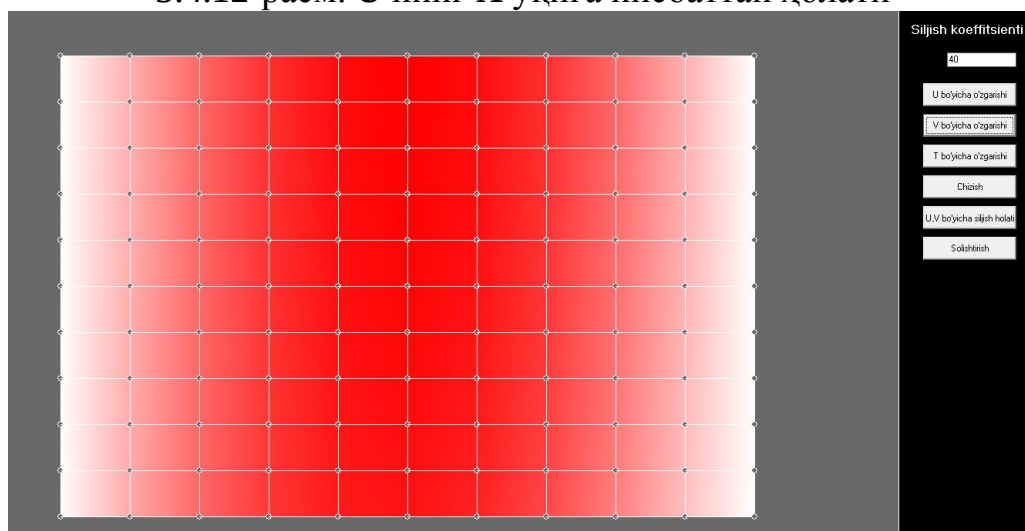


3.4.11-расм. T нинг вақт бўйича ўзгариши

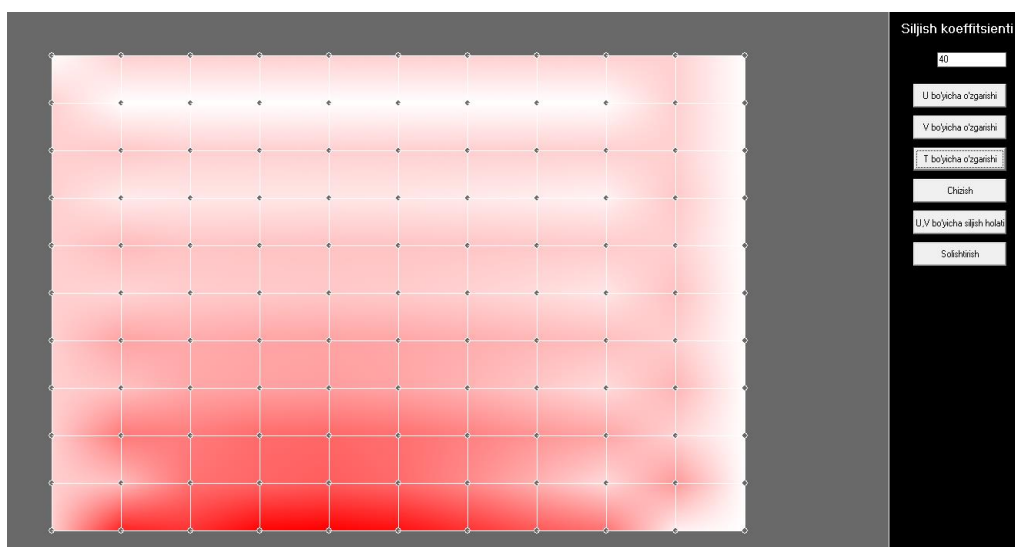
U, V, T ларнинг икки ўлчовли квадрат пластинадаги ўзгариш ҳолатини кўридагича кўришимиз мумкин.



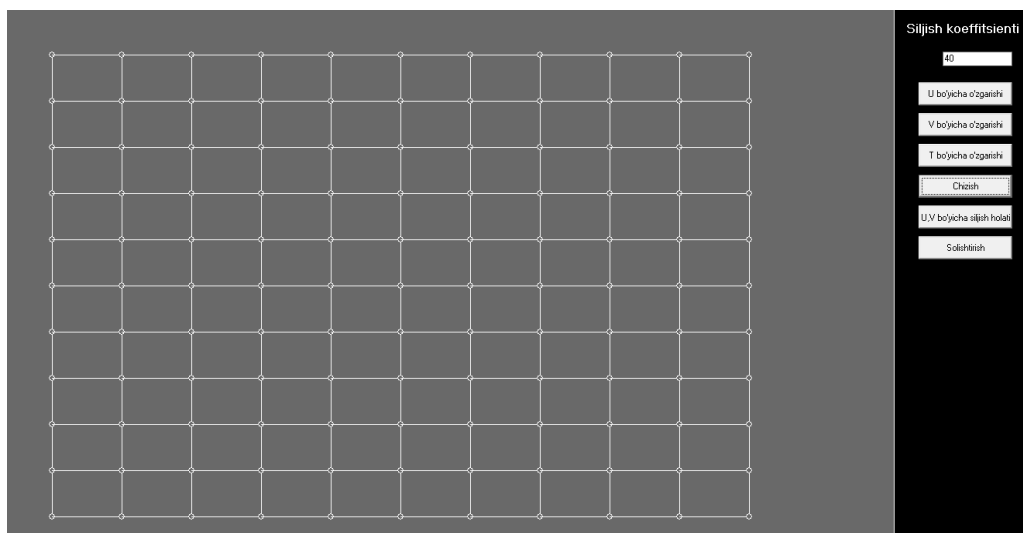
3.4.12-расм. U нинг X ўқига нисбаттан ҳолати



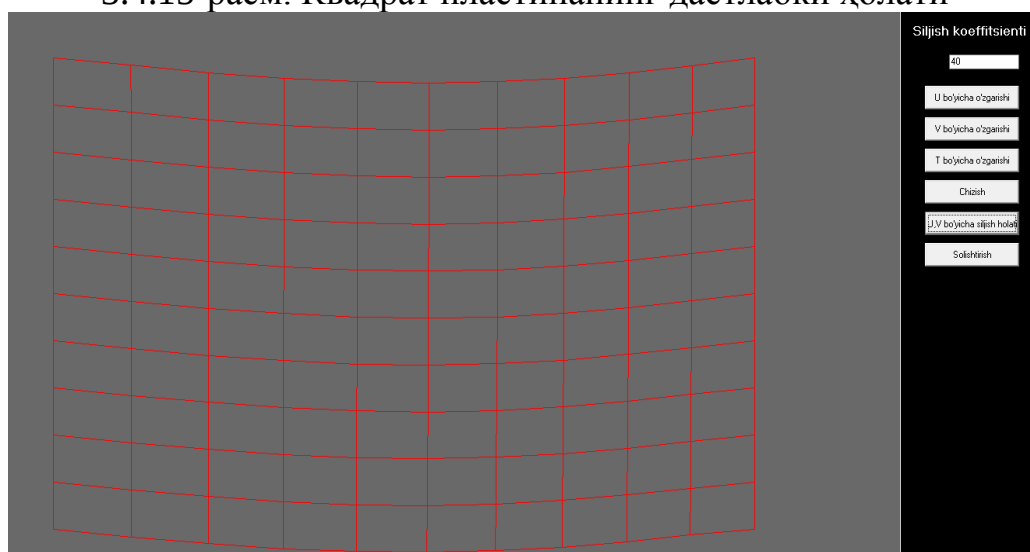
3.4.13-расм. V нинг Y ўқига нисбаттан ҳолати



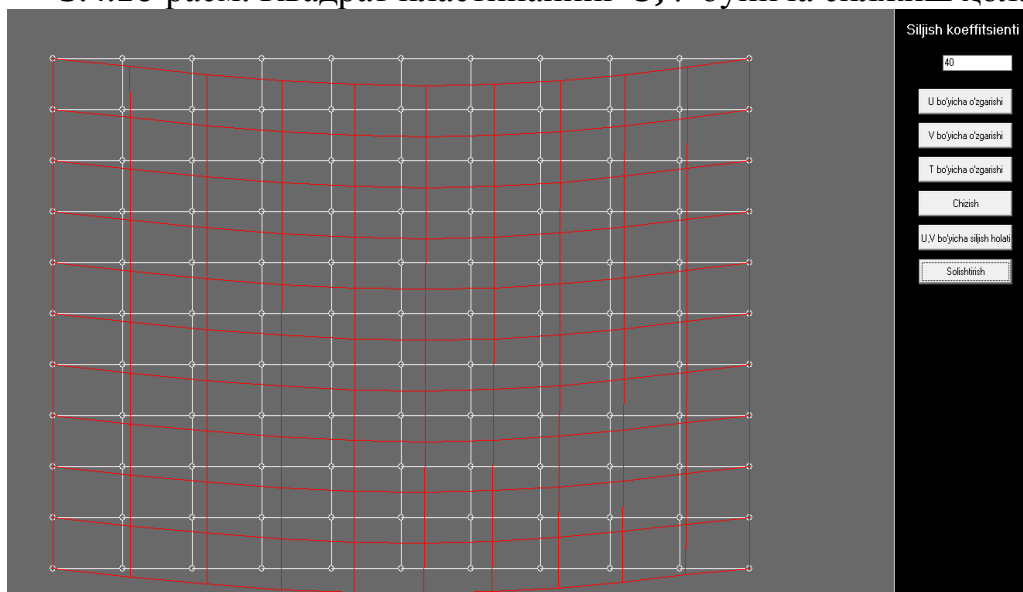
3.4.14-расм. T нинг квадрат пластинага таъсир қилиш ҳолати



3.4.15-расм. Квадрат пластинанинг дастлабки ҳолати



3.4.16-расм. Квадрат пластинанинг U, V бўйича силжиш ҳолати



3.4.17-расм. Квадрат пластинани температура таъсир қилгандаги ҳолати билан солиштириш

III-боб бўйича хулоса

Диссертация ишининг учинчи бобида анизотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик масалани сонли ечишнинг программа таъминоти ёритилган. Бобнинг биринчи параграфида диссертация ишининг олдинги бобларида яратилган алгоритм асосида яратилган композит материалларнинг кучланганлик ҳолатини аниқлашни программа таъминотининг асосий этаплари келтирилган. Иккинчи ва учинчи параграфларда яратилган программа таъминотига киритилувчи ўзгармас сонларнинг тавсифи келтирилган ва шу сонлар асосида ҳисоблаш экспериментидан олинган натижалар таҳлил қилинган.

ХУЛОСА

Диссертацияда трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик боғлиқ масалани сонли моделлаштириш масаласи кўрилди.

Мазкур ишда амалга оширилган ишларнинг қисқача хулосаси сифатида куйидагиларни келтирамиз:

- трансверсал изотроп ва изотроп жисмлар учун боғлиқ ва боғлиқ бўлмаган масалаларини аниқловчи муносабатлар бир икки ва уч ўлчовли ҳолатларда батафсил келтирилган;
- бошланғич ва чегаравий шартларда берилган масалани деформацияларда ёки кўчишларда ифодалаш муносабатлари ҳам келтирилган;
- трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик масаланинг умумий ҳолда кўйилиши ва бу тенгламалардаги хусусий ҳосилали дифференциал тенгламаларни чекли айирмали тенгламаларга келтириш қоидалари келтирилган;
- чекли айирмали тенгламалардан фойдаланиб номаълум функциянинг тақрибий қийматларини ҳисоблаш имконини берувчи рекурент формулалар келтириб чиқарилган ва улардан фойдаланиб масалани ечиш алгоритми яратилган;
- келтирилган алгоритм асосида C++ Builder 6 дастурлаш муҳитида квадрат пластина учун термоэластик боғлиқ бўлган масалани икки ўлчовли ҳолатига ошкор айирмали схемаларни тадбиқ қилиб, масалани ечишнинг дастурий таъминоти яратилган.

Албаттга амалиётда учрайдиган кўплаб масалаларни математик моделлари термоэластик ёки термопластик боғлиқ ва боғлиқ бўлмаган масалаларни ўрганишга келтирилади, келгусидаги илмий тадқиқотларимизни боғлиқ масалаларга қўшимча ташқи таъсирлар орқали унинг ҳолатини ўзгаришини, уларни сонли ечиш усулларини ўрганиш ва бу масалаларнинг дастурий таъминотини яратиш билан давом эттирамиз.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

I. Ўзбекистон Республикаси қонунлари

1. Ўзбекистон Республикасининг “Таълим тўғрисида” ги 1997-йил 29-августдаги 464-I-сонли қонуни.
2. Ўзбекистон Республикасининг “Кадрлар тайёрлаш миллий дастури”, 1997- йил.
3. Ўзбекистон Республикасининг “Ахборотлаштириш тўғрисида” ги 2003-йил 11- декабрдаги қонуни.
4. Ўзбекистон Республикасининг «Ахборотлаштириш тўғрисида»ги қонуни // Ўзбекистон Республикаси Олий Мажлисининг Ахборотномаси. -2004. -№1-2. -10-м.

II. Ўзбекистон Республикаси Президентининг фармонлари ва қарорлари, Вазирлар Маҳкамасининг қарорлари

5. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2012 йил 24 июлдаги ПҚ-4456-сон “Олий малакали илмий ва илмий-педагог кадрлар тайёрлаш ва аттестациядан ўтказиш тизимини янада такомиллаштириш тўғрисида”ги фармони.
6. Вазирлар Маҳкамасининг 2007-йил 10-сентябрдаги 190-сон “Ўзбекистон Республикаси Олий таълим тизимида магистратура фаолиятини янада такомиллаштириш, унинг самарадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги қарори.

III. Асосий адабиётлар

7. Новацкий В. Динамические задачи термоупругости. -М.: Мир, 1970. - 256 с.
8. Ильюшин А.А. Победря Б.Е. Основы математической теории термовязко упругости. -М.: Наука, 1980. -280 с.

9. Победря Б. Е. Численные методы в теории упругости и пластичности. -М.: МГУ, 1996. – 343 с.
- 10.Коваленко А.Д. Основы термоупругости.-Киев: Наукова думка, 1970. -273 с.
- 11.Коваленко А.Д. Введение в термоупругость.-Киев, 1965. -204 с.
- 12.Коваленко А.Д. Термоупругость.Издательское объединение «Вища школа» Головное издательство.-Киев: Наукова думка, 1975. -216 с.
- 13.Самарский А.А. Теория разностных схем. - М.: Наука, 1983. - 646 с.
- 14.Архангельский А.Я. С++ Builder 6. Справочное пособие. Книга 1. Язык С++. –М.: Бином-Пресс, 2002 г.-544 с.
- 15.Б. Страуструп. Язык программирования С++. Специальное издание.- М.: ООО «Бином-Пресс», 2006.-1104 с.

IV.Қўшимча адабиётлар

- 16.М.И.Исроилов Ҳисоблаш усуллари,-Тош: Иқтисод-Молия, 2008. -320 с.
- 17.Биргер И.А. Теория пластического течения в неизотермических нагружениях // Изв. АН СССР, Механика, -1964. -№ 3. -С.78-83.
- 18.Нахди П.М. Соотношение между напряжениями и деформациями в пластичности и термопластичности. Сб. Пер. Механика, 1962. 1, 71, - С.87-133.
- 19.Коротких Ю.Г., Ивлевич С.М. О решении двумерной термопластической задачи при сложном нагружении. В кн: Тепловые напряжения в элементах конструкций //-Киев. АН УССР, 1963. Том 3, 1.
- 20.Новацкий В. Теория упругости. -М.: Мир, 1975. -872 с.
- 21.Глушаков С.В., Ковал А.В., Смирнов С.В. Язык программирование С++: Учебный курс // Харьков: Фолио; М.: ООО «Издательство АСТ», 2001.- 500 с.
- 22.Культин Н.Б. С++Builder в задачах и примерах.-СПб.: БХВ-Петербург, 2005.-336 с.

V. Илмий журналлардаги мақола ва тезислар.

- 23.Халджигитов А.А., Адамбаев У.Э. Математические модели пластичности и термопластичности в пространствах деформаций и напряжений // Вестник НУУз, Мех-мат серия. -2006. -№2. -С. 75-78.
- 24.Каландаров А.А., Адамбаев У., Худазаров Р.С. Связанные и несвязанные задачи термо-упруго-пластичности // Вестник НУУз, мех-мат серия.-2010.-№3.-С.92-95.
- 25.Адамбаев У.Э., Абдураимов Д.Э.Трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик боғлиқ масалани сонли моделлаштириш // Университет тезислар тўплами. -2013.-Б.4-5.
- 26.Адамбаев У.Э., Абдураимов Д.Э.Трансверсал изотроп жисмлар учун икки ўлчовли термоэластик боғлиқ масалани сонли ечиш // Университет тезислар тўплами. -2014.-Б.68-71.
- 27.Павличко В.М. Решение трехмерной термопластической задачи рпи простых нагружениях // Проблемы прочности, 1986. №1. -С. 77-81.

VI. Интернет сайтлари

28. www.lex.uz
29. www.mathinst.uz
30. www.math-net.ru
31. www.5fan.ru
32. www.esate.ru

ИЛОВАЛАР

1-илова. Асосий ишчи ойнанинг дастур матни.

```
//-----  
#include <vcl.h>  
#include <iostream.h>  
#include <conio.h>  
#include <stdio.h>  
#include <string.h>  
#include <math.h>  
#pragma hdrstop  
#include "Unit1.h"  
#include "Unit2.h"  
#include "Unit3.h"  
//-----  
#pragma package(smart_init)  
#pragma resource "*.dfm"  
TForm1 *Form1;  
double ***u,***v,***t;  
int n;  
//-----  
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)  
    : TForm(Owner)  
{  
}  
//-----  
void __fastcall TForm1::Chiqish1Click(TObject *Sender)  
{  
    this->Close();  
}
```

```
//-----
void __fastcall TForm1::NatiJa1Click(TObject *Sender)
{
    double *x,*y,*z;
    double c1111,c1212,c1122,c2222,h1,h2,tao,T0,gx;
    double lyambda,lyambda11,lyambda22,myu,alfa,beta11,beta22,ce,ro;
    n = Form1->Edit16->Text.ToInt();
    u = new double**[n+1];
    v = new double**[n+1];
    t = new double**[n+1];
    x = new double[n+1];
    y = new double[n+1];
    z = new double[n+1];
    for(int i=0;i<=n;i++){
        u[i] = new double*[n+1];
        v[i] = new double*[n+1];
        t[i] = new double*[n+1];
        for(int j=0;j<=n;j++){
            u[i][j] = new double[n+1];
            v[i][j] = new double[n+1];
            t[i][j] = new double[n+1];
        }
    }
    for(int i=0;i<=n;i++){
        for(int j=0;j<=n;j++){
            for(int h=0;h<=n;h++){
                u[i][j][h] = v[i][j][h] = t[i][j][h] = 0.0;
            }
        }
    }
}
```

```

lyambda11 = this->Edit1->Text.ToDouble();
lyambda22 = this->Edit2->Text.ToDouble();
beta11 = this->Edit3->Text.ToDouble();
beta22 = this->Edit4->Text.ToDouble();
c1111 = this->Edit5->Text.ToDouble();
c1122 = this->Edit6->Text.ToDouble();
c1212 = this->Edit7->Text.ToDouble();
c2222 = this->Edit8->Text.ToDouble();
ro = this->Edit9->Text.ToDouble();
ce = this->Edit10->Text.ToDouble();
T0 = this->Edit11->Text.ToDouble();
h1 = this->Edit12->Text.ToDouble();
h2=this->Edit13->Text.ToDouble();
tao = this->Edit14->Text.ToDouble();
//a =this->Edit15->Text.ToDouble();
x[0] = y[0] = z[0] = 0.0;
for(int i=1;i<=n;i++){
    x[i] = x[0] + i*h1;
    y[i] = y[0] + i*h2;
    z[i] = z[0] + i*tao;
}
for(int i=1;i<n;i++){
    for(int j=1;j<n;j++){
        u[i][j][0] = sin(3.14*x[i])*sin(3.14*y[j]);
        v[i][j][0] = sin(3.14*y[j])*sin(3.14*x[i]);
        t[i][j][0] = T0;
    }
}
for(int j=1;j<=n;j++){
    for(int k=1;k<=n;k++){

```

```

    u[0][j][k] = 0;
    u[n-1][j][k] = 0;
    v[0][j][k] = 0;
    v[n-1][j][k] = 0;
    t[0][j][k] = T0;
    t[n-1][j][k] = T0;
}
}
for(int i=1;i<=n;i++){
    for(int k=1;k<=n;k++){
        u[i][0][k] = 0;
        u[i][n-1][k] = 0;
        v[i][0][k] = 0;
        v[i][n-1][k] = 0;
        t[i][0][k] = T0;
        t[i][n-1][k] = T0;
    }
}
int k=0;
for(int i=1;i<n;i++){
    for(int j=1;j<n;j++){
        u[i][j][k+1] = (tao*tao/ro*(c1111*(u[i+1][j][k]-2*u[i][j][k]+u[i-1][j][k])/(h1*h1)+c1212*(u[i][j+1][k] - 2*u[i][j][k]+u[i][j-1][k])/(h2*h2)+(c1212+c1122)*(v[i+1][j+1][k]-v[i-1][j+1][k]-v[i+1][j-1][k]+v[i-1][j-1][k])/(4*h1*h2)-beta11*(t[i+1][j][k]-t[i-1][j][k])/(2*h1))+2*u[i][j][k])/2;
        v[i][j][k+1] = (tao*tao/ro*(c2222*(v[i][j+1][k]-2*v[i][j][k]+v[i][j-1][k])/(h2*h2)+c1212*(v[i+1][j][k] - 2*v[i][j][k]+v[i-1][j][k])/(h1*h1)+(c1212+c1122)*(u[i+1][j+1][k]-u[i-1][j+1][k]-u[i+1][j-1][k]+u[i-1][j-1][k])/(4*h1*h2)-beta11*(t[i+1][j][k]-t[i-1][j][k])/(2*h1))+2*v[i][j][k])/2;
    }
}
}

```

```

1][k]+u[i-1][j-1][k])/(4*h1*h2)-beta22*(t[i][j+1][k]-t[i][j-
1][k])/(2*h2))+2*v[i][j][k])/2;
    }
}
for(k=1;k<n;k++){
    for(int i=1;i<n;i++){
        for(int j=1;j<n;j++){
            t[i][j][k+1] = 2*tao/ce*(lyambda11*(t[i+1][j][k]-2*t[i][j][k]+t[i-
1][j][k])/(h1*h1)+lyambda22*(t[i][j+1][k]-2*t[i][j][k]+t[i][j-1][k])/(h2*h2)-
t[i][j][k]*(beta11*(u[i+1][j][k+1]-u[i-1][j][k+1]-u[i+1][j][k-1]+u[i-1][j][k-
1])/(4*h1*tao)+beta22*(v[i][j+1][k+1]-u[i][j-1][k+1]-u[i][j+1][k-1]+u[i][j-
1][k-1])/(4*h2*tao)))+t[i][j][k];
        }
    }
}
for(k=1;k<n;k++){
    for(int i=1;i<n;i++){
        for(int j=1;j<n;j++){
            u[i][j][k+1] = (tao*tao/ro*(c1111*(u[i+1][j][k]-2*u[i][j][k]+u[i-
1][j][k])/(h1*h1)+c1212*(u[i][j+1][k] - 2*u[i][j][k]+u[i][j-
1][k])/(h2*h2)+(c1212+c1122)*(v[i+1][j+1][k]-v[i-1][j+1][k]-v[i+1][j-
1][k]+v[i-1][j-1][k])/(4*h1*h2)-beta11*(t[i+1][j][k]-t[i-
1][j][k])/(2*h1))+2*u[i][j][k])-u[i][j][k-1];
            v[i][j][k+1] = (tao*tao/ro*(c2222*(v[i][j+1][k]-2*v[i][j][k]+v[i][j-
1][k])/(h2*h2)+c1212*(v[i+1][j][k] - 2*v[i][j][k]+v[i-
1][j][k])/(h1*h1)+(c1212+c1122)*(u[i+1][j+1][k]-u[i-1][j+1][k]-u[i+1][j-
1][k]+u[i-1][j-1][k])/(4*h1*h2)-beta22*(t[i][j+1][k]-t[i][j-
1][k])/(2*h2))+2*v[i][j][k]) - v[i][j][k-1];
        }
    }
}

```

```

for(int i=1;i<n;i++){
    for(int j=1;j<n;j++){
        t[i][j][k+1]=2*tao/ce*(lyambda11*(t[i+1][j][k]-2*t[i][j][k]+t[i-1][j][k])/(h1*h1)+lyambda22*(t[i][j+1][k]-2*t[i][j][k]+t[i][j-1][k])/(h2*h2)-t[i][j][k]*(beta11*(u[i+1][j][k+1]-u[i-1][j][k+1]-u[i+1][j][k-1]+u[i-1][j][k-1])/(4*h1*tao)+beta22*(v[i][j+1][k+1]-u[i][j-1][k+1]-u[i][j+1][k-1]+u[i][j-1][k-1])/(4*h2*tao))))+t[i][j][k-1];
    }
}

String str="";
this->StringGrid1->RowCount = n+1;
this->StringGrid2->RowCount = n+1;
this->StringGrid1->ColCount = n+1;
this->StringGrid2->ColCount = n+1;
for(k=3;k<5;k++){
    for(int j=0;j<=n;j++){
        str = "";
        for(int i=0;i<=n;i++){
            //str = str + FloatToStr(v[i][j][k]) + " ";
            if(k == 3){
                this->StringGrid1->Cells[i][j] = FloatToStr(u[i][j][k]);
                ///Form2->Chart1->Series[0]->AddXY(v[i][j][k],t[i][j][k],"",clRed);
            }
            else{
                this->StringGrid2->Cells[i][j] = FloatToStr(v[i][j][k]);
                //Form2->Chart1->Series[0]->AddXY(v[i][j][k],t[i][j][k],"",clGreen);
            }
        }
    }
}

```

```

    }
}
//-----
void __fastcall TForm1::X1Click(TObject *Sender)
{
    n = Form1->Edit16->Text.ToInt();
    Form2->Chart1->Series[0]->Clear();
    Form2->Chart2->Series[0]->Clear();
    Form2->Chart3->Series[0]->Clear();
    Form2->Chart1->Title->Text->Clear();
    Form2->Chart2->Title->Text->Clear();
    Form2->Chart3->Title->Text->Clear();
    for(int k=0;k<=n;k++){
        Form2->Chart1->Series[0]->AddXY(k,u[k][2][2],"",clGreen);
        Form2->Chart2->Series[0]->AddXY(k,v[k][2][2],"",clRed);
        Form2->Chart3->Series[0]->AddXY(k,t[k][2][2],"",clBlue);
    }
    String u = "U ning X o\qi bo'yicha o'zgarishi";
    String v = "V ning X o\qi bo'yicha o'zgarishi";
    String t = "T ning X o\qi bo'yicha o'zgarishi";
    Form2->Chart1->Title->Text->Add(u);
    Form2->Chart2->Title->Text->Add(v);
    Form2->Chart3->Title->Text->Add(t);
    Form2->Top = 0;
    Form2->Left = 0;
    Form2->Width = ClientWidth;
    Form2->Height = ClientHeight;
    Form2->ShowModal();
}
//-----
void __fastcall TForm1::Graphic2Click(TObject *Sender)

```

```

{
    n = Form1->Edit16->Text.ToInt();
    Form2->Chart1->Series[0]->Clear();
    Form2->Chart2->Series[0]->Clear();
    Form2->Chart3->Series[0]->Clear();
    Form2->Chart1->Title->Text->Clear();
    Form2->Chart2->Title->Text->Clear();
    Form2->Chart3->Title->Text->Clear();
    for(int k=0;k<=n;k++){
        Form2->Chart1->Series[0]->AddXY(k,u[2][k][2],"",clGreen);
        Form2->Chart2->Series[0]->AddXY(k,v[2][k][2],"",clRed);
        Form2->Chart3->Series[0]->AddXY(k,t[2][k][2],"",clBlue);
    }
    String u = "U ning Y o\qi bo'yicha o'zgarishi";
    String v = "V ning Y o\qi bo'yicha o'zgarishi";
    String t = "T ning Y o\qi bo'yicha o'zgarishi";
    Form2->Chart1->Title->Text->Add(u);
    Form2->Chart2->Title->Text->Add(v);
    Form2->Chart3->Title->Text->Add(t);
    Form2->Top = 0;
    Form2->Left = 0;
    Form2->Width = ClientWidth;
    Form2->Height = ClientHeight;
    Form2->ShowModal();
}
//-----
void __fastcall TForm1::t1Click(TObject *Sender)
{
    n = Form1->Edit16->Text.ToInt();
    Form2->Chart1->Series[0]->Clear();
    Form2->Chart2->Series[0]->Clear();

```

```

Form2->Chart3->Series[0]->Clear();
Form2->Chart1->Title->Text->Clear();
Form2->Chart2->Title->Text->Clear();
Form2->Chart3->Title->Text->Clear();
for(int k=0;k<=n;k++){
    Form2->Chart1->Series[0]->AddXY(k,u[2][2][k],"",clGreen);
    Form2->Chart2->Series[0]->AddXY(k,v[2][2][k],"",clRed);
    Form2->Chart3->Series[0]->AddXY(k,t[2][2][k],"",clBlue);
}
String u = "U ning vaqt bo'yicha o'zgarishi";
String v = "V ning vaqt bo'yicha o'zgarishi";
String t = "T ning vaqt bo'yicha o'zgarishi";
Form2->Chart1->Title->Text->Add(u);
Form2->Chart2->Title->Text->Add(v);
Form2->Chart3->Title->Text->Add(t);
Form2->Top = 0;
Form2->Left = 0;
Form2->Width = ClientWidth;
Form2->Height = ClientHeight;
Form2->ShowModal();
}
//-----
void __fastcall TForm1::FormClose(TObject *Sender, TCloseAction &Action)
{
    for(int i=0;i<n;i++){
        for(int j=0;j<n;j++){
            delete[] u[i][j];
            delete[] v[i][j];
            delete[] t[i][j];
        }
    }
}

```

```

        delete[] u[i];
        delete[] v[i];
        delete[] t[i];
    }
    delete[] u;
    delete[] v;
    delete[] t;
}
//-----
void __fastcall TForm1::Saqlash1Click(TObject *Sender)
{
    n = n = Form1->Edit16->Text.ToInt();
    FILE* stream;
    stream = fopen("natija.txt", "w+t");
    for(int k=3;k<5;k++){
        for(int j=0;j<=n;j++){
            for(int i=0;i<=n;i++){
                fprintf(stream, "%.3f\t", u[i][j][k]);
            }
            fprintf(stream, "\n");
        }
        fprintf(stream, "\n");
    }
    fclose(stream);
}
//-----
void __fastcall TForm1::Ochish1Click(TObject *Sender)
{
    system (string("natija.txt").c_str());
}

```

```
//-----
void __fastcall TForm1::FormMouseDown(TObject *Sender, TMouseButton
Button,
    TShiftState Shift, int X, int Y)
{
    this->Close();
}
//-----

void __fastcall TForm1::KORISH1Click(TObject *Sender)
{
    Form3->Show();
}
//-----
```

2-илова. Дастурдаги графикларнинг бошланғич матни.

```
//-----  
#include <vcl.h>  
#pragma hdrstop  
#include "Unit2.h"  
//-----  
#pragma package(smart_init)  
#pragma resource "*.dfm"  
TForm2 *Form2;  
//-----  
__fastcall TForm2::TForm2(TComponent* Owner)  
    : TForm(Owner)  
{  
}  
//-----  
void __fastcall TForm2::FormKeyDown(TObject *Sender, WORD &Key,  
    TShiftState Shift)  
{  
    this->Close();  
}  
//-----
```

3-илова. Олинган жисмнинг дастлабки ҳолати ва унга темпратура таъсир етган сўнг, ҳолатини ифодаловчи графигининг дастурий матни келтирилган.

```
//-----  
#include <vcl.h>  
#include <math.h>  
#pragma hdrstop  
#include "Unit1.h"  
#include "Unit3.h"  
//-----  
#pragma package(smart_init)  
#pragma resource "*.dfm"  
TForm3 *Form3;  
double ***arrayU,***arrayV, ***arrayT;  
double *T,*x,*y,pmaxp,pmaxm;  
double delta=20;  
//-----  
__fastcall TForm3::TForm3(TComponent* Owner)  
    : TForm(Owner)  
{  
    Form3->Top=30;  
}  
//-----  
void boya(double *x,double *y,double *p)  
{  
    if(fabs(x[0]-x[1])<=1 && fabs(x[1]-x[2])<=1 &&  
        fabs(x[2]-x[3])<=1 && fabs(x[3]-x[0])<=1 &&  
        fabs(y[0]-y[1])<=1 && fabs(y[1]-y[2])<=1 &&  
        fabs(y[2]-y[3])<=1 && fabs(y[3]-y[0])<=1)  
    {
```

```

if(p[0]>0)
{
/* ShowMessage("x[0] " + x[0]);
ShowMessage("\ny[0] " + y[0]);
ShowMessage("\np[0] " + p[0]);
ShowMessage("\npmaxp " + pmaxp); */
//ShowMessage(y[0]);
Form3->Canvas->Pixels[x[0]][y[0]]=(TColor)RGB(255,255*(1-
p[0]/pmaxp),255*(1-p[0]/pmaxp));
Form3->Canvas->Pixels[x[1]][y[1]]=(TColor)RGB(255,255*(1-
p[0]/pmaxp),255*(1-p[0]/pmaxp));//(TColor)RGB(p[0]/pmaxp*255,0,0);
Form3->Canvas->Pixels[x[2]][y[2]]=(TColor)RGB(255,255*(1-
p[0]/pmaxp),255*(1-p[0]/pmaxp));//(TColor)RGB(p[0]/pmaxp*255,0,0);
Form3->Canvas->Pixels[x[3]][y[3]]=(TColor)RGB(255,255*(1-
p[0]/pmaxp),255*(1-p[0]/pmaxp));//(TColor)RGB(p[0]/pmaxp*255,0,0);
return;
}
if(p[0]<0)
{
Form3->Canvas->Pixels[x[0]][y[0]]=(TColor)RGB(255*(1-
p[0]/pmaxm),255*(1-p[0]/pmaxm),255);
Form3->Canvas->Pixels[x[1]][y[1]]=(TColor)RGB(255*(1-
p[0]/pmaxm),255*(1-p[0]/pmaxm),255);//(TColor)RGB(0,0,p[0]/pmaxm*255);
Form3->Canvas->Pixels[x[2]][y[2]]=(TColor)RGB(255*(1-
p[0]/pmaxm),255*(1-p[0]/pmaxm),255);//(TColor)RGB(0,0,p[0]/pmaxm*255);
Form3->Canvas->Pixels[x[3]][y[3]]=(TColor)RGB(255*(1-
p[0]/pmaxm),255*(1-p[0]/pmaxm),255);//(TColor)RGB(0,0,p[0]/pmaxm*255);
return;
}
if(p[0]==0)

```

```

{
Form3->Canvas->Pixels[x[0]][y[0]]=(TColor)RGB(255,255,255);
Form3->Canvas-
>Pixels[x[1]][y[1]]=(TColor)RGB(255,255,255);//(TColor)RGB(p[0]/pmaxp*2
55,0,0);
Form3->Canvas-
>Pixels[x[2]][y[2]]=(TColor)RGB(255,255,255);//(TColor)RGB(p[0]/pmaxp*2
55,0,0);
Form3->Canvas-
>Pixels[x[3]][y[3]]=(TColor)RGB(255,255,255);//(TColor)RGB(p[0]/pmaxp*2
55,0,0);
return;
}
}

double xmax=x[0],xmin=x[0],ymax=y[0],ymin=y[0];
for( int i=0;i<4;i++)
{
if (xmax<x[i]) xmax=x[i];
if (xmin>x[i]) xmin=x[i];
if (ymax<y[i]) ymax=y[i];
if (ymin>y[i]) ymin=y[i];
}

double *_x; _x=new double [4];
double *_y; _y=new double [4];
double *_p; _p=new double [4];
// for (long kk=0;kk<=100000;kk++);
_x[0]=x[0];                _y[0]=y[0];
_x[1]=(x[0]+x[1])/2;        _y[1]=(y[0]+y[1])/2;
_x[2]=(x[0]+x[1]+x[2]+x[3])/4;  _y[2]=(y[0]+y[1]+y[2]+y[3])/4;
_x[3]=(x[0]+x[3])/2;        _y[3]=(y[0]+y[3])/2;

```

```

//*****

    _p[0]=p[0];
    _p[1]=(p[0]+p[1])/2;
    _p[2]=(p[0]+p[1]+p[2]+p[3])/4;
    _p[3]=(p[0]+p[3])/2;
    boya(_x,_y,_p);

//===== 2 uchun =====

    _x[0]=x[1];                _y[0]=y[1];
    _x[1]=(x[1]+x[2])/2;        _y[1]=(y[1]+y[2])/2;
    _x[2]=(x[0]+x[1]+x[2]+x[3])/4;    _y[2]=(y[0]+y[1]+y[2]+y[3])/4;
    _x[3]=(x[0]+x[1])/2;        _y[3]=(y[0]+y[1])/2;

//*****

    _p[0]=p[1];
    _p[1]=(p[1]+p[2])/2;
    _p[2]=(p[0]+p[1]+p[2]+p[3])/4;
    _p[3]=(p[0]+p[1])/2;
    boya(_x,_y,_p);

//===== 3 uchun =====

    _x[0]=x[2];                _y[0]=y[2];
    _x[1]=(x[2]+x[3])/2;        _y[1]=(y[2]+y[3])/2;
    _x[2]=(x[0]+x[1]+x[2]+x[3])/4;    _y[2]=(y[0]+y[1]+y[2]+y[3])/4;
    _x[3]=(x[1]+x[2])/2;        _y[3]=(y[1]+y[2])/2;

//*****

    _p[0]=p[2];
    _p[1]=(p[2]+p[3])/2;
    _p[2]=(p[0]+p[1]+p[2]+p[3])/4;
    _p[3]=(p[1]+p[2])/2;
    boya(_x,_y,_p);

//===== 4 uchun =====

    _x[0]=x[3];                _y[0]=y[3];

```

```

    _x[1]=(x[3]+x[0])/2;          _y[1]=(y[3]+y[0])/2;
    _x[2]=(x[0]+x[1]+x[2]+x[3])/4;    _y[2]=(y[0]+y[1]+y[2]+y[3])/4;
    _x[3]=(x[2]+x[3])/2;          _y[3]=(y[2]+y[3])/2;
//*****

    _p[0]=p[3];
    _p[1]=(p[3]+p[0])/2;
    _p[2]=(p[0]+p[1]+p[2]+p[3])/4;
    _p[3]=(p[2]+p[3])/2;
    boya(_x,_y,_p);
}

void clear(){
    Form3->Canvas->Brush->Color=clBlack;
    int w = Form3->Width;
    int h = Form3->Height;
    Form3->Canvas->FillRect(Rect(0,0,w,h));
    Form3->Label1->Top = 16;
    Form3->Label1->Left = 16;
    Form3->Label1->Font->Color = clWhite;
    Form3->Label1->Caption = "Siljish koeffitsienti";
}

void chizish(){
    int n = Form1->Edit16->Text.ToInt();
    //Form3->Image1->Canvas->Rectangle(0,0,w,h);
    Form3->Canvas->Pen->Color = clWhite;
    for(int i = 1;i <= n+1;i++){
        for(int j = 1;j <= n+1;j++){
            if(j == 1)
                Form3->Canvas->MoveTo(i*90,j*60);
            else
                Form3->Canvas->LineTo(i*90,j*60);
        }
    }
}

```

```

    }
    for(int i = 1; i <= n+1; i++)
        for(int j = 1; j <= n+1; j++){
            if(j == 1)
                Form3->Canvas->MoveTo(j*90, i*60);
            else
                Form3->Canvas->LineTo(j*90, i*60);
            Form3->Canvas->Ellipse(j*90-4, i*60-4, j*90+4, i*60+4);
        }
}

void chizishU(){
    int n = Form1->Edit16->Text.ToInt();
    double x[4], y[4];
    double p[4];
    clear();
    chizish();
    pmaxp = arrayU[3][0][0]; pmaxm = arrayU[3][0][0];
    for(int i=0; i<=n; i++)
        for(int j=0; j<=n; j++)
        {
            if(arrayU[3][i][j]>0)
                if(arrayU[3][i][j]>pmaxp) pmaxp=arrayU[3][i][j];
            if(arrayU[3][i][j]<0)
                if(arrayU[3][i][j]<pmaxm) pmaxm=arrayU[3][i][j];
            //ShowMessage(T[i]);
        }

    for(int i = 1; i <= n; i++)
        for(int j = 1; j <= n; j++){
            x[0] = (j)*90;
            x[1] = (j+1)*90;

```

```

        x[2] = (j+1)*90;
        x[3] = (j)*90;
        y[0] = (i+1)*60;
        y[1] = (i+1)*60;
        y[2] = (i)*60;
        y[3] = (i)*60;
        p[0] = arrayU[3][i][j-1];
        p[1] = arrayU[3][i][j];
        p[2] = arrayU[3][i-1][j];
        p[3] = arrayU[3][i-1][j-1];
        boya(x,y,p);
    }
chizish();
}

void chizishV(){
    int n = Form1->Edit16->Text.ToInt();
    double x[4],y[4];
    double p[4];
    clear();
    chizish();
    pmaxp=arrayV[3][0][0];pmaxm=arrayV[3][0][0];
    for(int i=0;i<=n;i++)
        for(int j=0;j<=n;j++)
        {
            if(arrayV[3][i][j]>0)
                if(arrayV[3][i][j]>pmaxp) pmaxp=arrayV[3][i][j];
            if(arrayV[3][i][j]<0)
                if(arrayV[3][i][j]<pmaxm) pmaxm=arrayV[3][i][j];
            //SendMessage(T[i]);
        }
}

```

```

for(int i = 1;i <= n;i++)
    for(int j = 1;j <= n;j++){
        x[0] = (j)*90;
        x[1] = (j+1)*90;
        x[2] = (j+1)*90;
        x[3] = (j)*90;
        y[0] = (i+1)*60;
        y[1] = (i+1)*60;
        y[2] = (i)*60;
        y[3] = (i)*60;
        p[0] = arrayV[3][j-1][i];
        p[1] = arrayV[3][j][i];
        p[2] = arrayV[3][j][i-1];
        p[3] = arrayV[3][j-1][i-1];
        boya(x,y,p);
    }
chizish();
}
void chizishT(){
    int n = Form1 ->Edit16->Text.ToInt();
    double x[4],y[4];
    double p[4];
    clear();
    chizish();
    pmaxp=arrayT[3][0][0];pmaxm=arrayT[3][0][0];
for(int i=0;i<=n;i++)
    for(int j=0;j<=n;j++)
    {
        if(arrayT[3][i][j]>0)
        if(arrayT[3][i][j]>pmaxp) pmaxp=arrayT[3][i][j];
    }
}

```

```

if(arrayT[3][i][j]<0)
    if(arrayT[3][i][j]<pmaxm) pmaxm=arrayT[3][i][j];
    //ShowMessage(T[i]);
}

for(int i = 1;i <= n;i++)
    for(int j = 1;j <= n;j++){
        x[0] = (j)*90;
        x[1] = (j+1)*90;
        x[2] = (j+1)*90;
        x[3] = (j)*90;
        y[0] = (i+1)*60;
        y[1] = (i+1)*60;
        y[2] = (i)*60;
        y[3] = (i)*60;
        p[0] = arrayT[3][j-1][i];
        p[1] = arrayT[3][j][i];
        p[2] = arrayT[3][j][i-1];
        p[3] = arrayT[3][j-1][i-1];
        boya(x,y,p);
    }
chizish();
}

void TForm3::uv(){
    Canvas->Pen->Color=clGreen;
    int n = Form1->Edit16->Text.ToInt();
    for(int i=1;i<=n;i++)
        for(int j=1;j<=n;j++)
            element_draw(i,j);
}

void TForm3::element_draw(int i,int j){

```

```

Canvas->MoveTo(90*i+arrayU[3][i-1][j-1]*delta,60*j+arrayV[3][i-1][j-1]*delta);
Canvas->LineTo(90*(i+1)+arrayU[3][i][j-1]*delta,60*(j)+arrayV[3][i][j-1]*delta);
Canvas-
>LineTo(90*(i+1)+arrayU[3][i][j]*delta,60*(j+1)+arrayV[3][i][j]*delta);
Canvas->LineTo(90*(i)+arrayU[3][i-1][j]*delta,60*(j+1)+arrayV[3][i-1][j]*delta);
Canvas->LineTo(90*(i)+arrayU[3][i-1][j-1]*delta,60*(j)+arrayV[3][i-1][j-1]*delta);
}
void hisoblash(){
    double *x,*y,*z;
    int n;
    double c1111,c1212,c1122,c2222,h1,h2,tao,T0,gx;
    double lyambda,lyambda11,lyambda22,myu,alfa,beta11,beta22,ce,ro;
    n = Form1->Edit16->Text.ToInt();
    arrayU = new double**[n+1];
    arrayV = new double**[n+1];
    arrayT = new double**[n+1];
    x = new double[n+1];
    y = new double[n+1];
    z = new double[n+1];
    for(int i=0;i<=n;i++){
        arrayU[i] = new double*[n+1];
        arrayV[i] = new double*[n+1];
        arrayT[i] = new double*[n+1];
        for(int j=0;j<=n;j++){
            arrayU[i][j] = new double[n+1];
            arrayV[i][j] = new double[n+1];

```

```

        arrayT[i][j] = new double[n+1];
    }
}
for(int i=0;i<=n;i++){
    for(int j=0;j<=n;j++){
        for(int h=0;h<=n;h++){
            arrayU[i][j][h] = arrayV[i][j][h] = arrayT[i][j][h] = 0.0;
        }
    }
}

lyambda11 = Form1->Edit1->Text.ToDouble();
lyambda22 = Form1->Edit2->Text.ToDouble();
beta11 = Form1->Edit3->Text.ToDouble();
beta22 = Form1->Edit4->Text.ToDouble();
c1111 = Form1->Edit5->Text.ToDouble();
c1122 = Form1->Edit6->Text.ToDouble();
c1212 = Form1->Edit7->Text.ToDouble();
c2222 = Form1->Edit8->Text.ToDouble();
ro = Form1->Edit9->Text.ToDouble();
ce = Form1->Edit10->Text.ToDouble();
T0 = Form1->Edit11->Text.ToDouble();
h1 = Form1->Edit12->Text.ToDouble();
h2=Form1->Edit13->Text.ToDouble();
tao = Form1->Edit14->Text.ToDouble();
//a =this->Edit15->Text.ToDouble();
x[0] = y[0] = z[0] = 0.0;
for(int i=1;i<=n;i++){
    x[i] = x[0] + i*h1;
    y[i] = y[0] + i*h2;
    z[i] = z[0] + i*tao;
}

```

```

}
for(int i=1;i<n;i++){
    for(int j=1;j<n;j++){
        arrayU[i][j][0] = sin(3.14*x[i])*sin(3.14*y[j]);
        arrayV[i][j][0] = sin(3.14*y[j])*sin(3.14*x[i]);
        arrayT[i][j][0] = T0;
    }
}
for(int j=1;j<=n;j++){
    for(int k=1;k<=n;k++){
        arrayU[0][j][k] = 0;
        arrayU[n-1][j][k] = 0;
        arrayV[0][j][k] = 0;
        arrayV[n-1][j][k] = 0;
        arrayT[0][j][k] = T0;
        arrayT[n-1][j][k] = T0;
    }
}
for(int i=1;i<=n;i++){
    for(int k=1;k<=n;k++){
        arrayU[i][0][k] = 0;
        arrayU[i][n-1][k] = 0;
        arrayV[i][0][k] = 0;
        arrayV[i][n-1][k] = 0;
        arrayT[i][0][k] = T0;
        arrayT[i][n-1][k] = T0;
    }
}
int k=0;
for(int i=1;i<n;i++){

```

```

    for(int j=1;j<n;j++){
        arrayU[i][j][k+1] = (tao*tao/ro*(c1111*(arrayU[i+1][j][k]-
2*arrayU[i][j][k]+arrayU[i-1][j][k])/(h1*h1)+c1212*(arrayU[i][j+1][k]
-
2*arrayU[i][j][k]+arrayU[i][j-
1][k])/(h2*h2)+(c1212+c1122)*(arrayV[i+1][j+1][k]-arrayV[i-1][j+1][k]-
arrayV[i+1][j-1][k]+arrayV[i-1][j-1][k])/(4*h1*h2)-beta11*(arrayT[i+1][j][k]-
arrayT[i-1][j][k])/(2*h1))+2*arrayU[i][j][k])/2;
        arrayV[i][j][k+1] = (tao*tao/ro*(c2222*(arrayV[i][j+1][k]-
2*arrayV[i][j][k]+arrayV[i][j-1][k])/(h2*h2)+c1212*(arrayV[i+1][j][k]
-
2*arrayV[i][j][k]+arrayV[i-
1][j][k])/(h1*h1)+(c1212+c1122)*(arrayU[i+1][j+1][k]-arrayU[i-1][j+1][k]-
arrayU[i+1][j-1][k]+arrayU[i-1][j-1][k])/(4*h1*h2)-beta22*(arrayT[i][j+1][k]-
arrayT[i][j-1][k])/(2*h2))+2*arrayV[i][j][k])/2;
    }
}
for(k=1;k<n;k++){
    for(int i=1;i<n;i++){
        for(int j=1;j<n;j++){
            arrayT[i][j][k+1] = 2*tao/ce*(lyambda11*(arrayT[i+1][j][k]-
2*arrayT[i][j][k]+arrayT[i-1][j][k])/(h1*h1)+lyambda22*(arrayT[i][j+1][k]-
2*arrayT[i][j][k]+arrayT[i][j-1][k])/(h2*h2)-
arrayT[i][j][k]*(beta11*(arrayU[i+1][j][k+1]-arrayU[i-1][j][k+1]-
arrayU[i+1][j][k-1]+arrayU[i-1][j][k-
1]))/(4*h1*tao)+beta22*(arrayV[i][j+1][k+1]-arrayU[i][j-1][k+1]-
arrayU[i][j+1][k-1]+arrayU[i][j-1][k-1]))/(4*h2*tao))+arrayT[i][j][k];
        }
    }
}
for(k=1;k<n;k++){
    for(int i=1;i<n;i++){

```

```

        for(int j=1;j<n;j++){
            arrayU[i][j][k+1] = (tao*tao/ro*(c1111*(arrayU[i+1][j][k]-
2*arrayU[i][j][k]+arrayU[i-1][j][k])/(h1*h1)+c1212*(arrayU[i][j+1][k]
-
2*arrayU[i][j][k]+arrayU[i][j-
1][k])/(h2*h2)+(c1212+c1122)*(arrayV[i+1][j+1][k]-arrayV[i-1][j+1][k]-
arrayV[i+1][j-1][k]+arrayV[i-1][j-1][k])/(4*h1*h2)-beta11*(arrayT[i+1][j][k]-
arrayT[i-1][j][k])/(2*h1))+2*arrayU[i][j][k])-arrayU[i][j][k-1];
            arrayV[i][j][k+1] = (tao*tao/ro*(c2222*(arrayV[i][j+1][k]-
2*arrayV[i][j][k]+arrayV[i][j-1][k])/(h2*h2)+c1212*(arrayV[i+1][j][k]
-
2*arrayV[i][j][k]+arrayV[i-
1][j][k])/(h1*h1)+(c1212+c1122)*(arrayU[i+1][j+1][k]-arrayU[i-1][j+1][k]-
arrayU[i+1][j-1][k]+arrayU[i-1][j-1][k])/(4*h1*h2)-beta22*(arrayT[i][j+1][k]-
arrayT[i][j-1][k])/(2*h2))+2*arrayV[i][j][k]) - arrayV[i][j][k-1];
        }
    }
    for(int i=1;i<n;i++){
        for(int j=1;j<n;j++){
            arrayT[i][j][k+1]=2*tao/ce*(lyambda11*(arrayT[i+1][j][k]-
2*arrayT[i][j][k]+arrayT[i-1][j][k])/(h1*h1)+lyambda22*(arrayT[i][j+1][k]-
2*arrayT[i][j][k]+arrayT[i][j-1][k])/(h2*h2)-
arrayT[i][j][k]*(beta11*(arrayU[i+1][j][k+1]-arrayU[i-1][j][k+1]-
arrayU[i+1][j][k-1]+arrayU[i-1][j][k-
1]))/(4*h1*tao)+beta22*(arrayV[i][j+1][k+1]-arrayU[i][j-1][k+1]-
arrayU[i][j+1][k-1]+arrayU[i][j-1][k-1])/(4*h2*tao)))+arrayT[i][j][k-1];
        }
    }
}

void __fastcall TForm3::FormCreate(TObject *Sender)
{

```

```

    Form3->Left = 0;
    Form3->Top = 0;
    clear();
    hisoblash();
}
//-----
void __fastcall TForm3::FormResize(TObject *Sender)
{
    chizish();
}
//-----
void __fastcall TForm3::Button1Click(TObject *Sender)
{
    chizishU();
}
//-----
void __fastcall TForm3::BitBtn1Click(TObject *Sender)
{
    delta=Edit1->Text.ToDouble();
    clear();
    uv();
}
//-----
void __fastcall TForm3::Button2Click(TObject *Sender)
{
    chizishV();
}
//-----
void __fastcall TForm3::Button3Click(TObject *Sender)
{

```

```

        clear();
        chizish();
    }
//-----

void __fastcall TForm3::Button4Click(TObject *Sender)
{
    chizishT();
}
//-----

void __fastcall TForm3::Button5Click(TObject *Sender)
{
    clear();
    delta=Edit1->Text.ToDouble();
    chizish();
    uv();
}
//-----

```