ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ФАНЛАР АКАДЕМИЯСИ
МАТЕМАТИКА ВА ИНФОРМАЦИОН ТЕХНОЛОГИЯЛАР ИНСТИТУТИ

Қўлёзма ҳуқуқида
УДК 539.3

АБЖАЛИЛОВ САНАҚУЛ ХЎЖАМОВИЧ

РАДИОЭЛЕКТРОН ҚУРИЛМАЛАРДА ИССИҚЛИК ВА МЕХАНИК ЖАРАЁНЛАРНИ МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАШТИРИШ

05.13.18 – Математик моделлаштиришнинг назарий асослари

физика-математика фанлари номзоди илмий даражасини
олиш учун тақдим этилган диссертация

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т И

Тошкент – 2008

Иш Тошкент ахборот технологиялари университетида бажарилган

Илмий раҳбар: - физика-математика фанлари доктори
Назиров Шодманқул Абдирозикович

Расмий оппонентлар: - физика-математика фанлари доктори,
академик Бондаренко Борис Анисимович

- физика-математика фанлари доктори,
профессор Абдурахимов Бахтиёр Файзиевич

Етакчи ташкилот: - ЎзР ФА Механика ва иншоотлар сейсмик
мустаҳкамлиги институти

Ҳимоя ЎзР ФА Математика ва информацион технологиялар институти ҳузуридаги Д 015.17.02 рақамли кенгашнинг «___» ____________2008 й. соат «___» да ўтадиган мажлисида бўлади. Манзил: 100125, Тошкент ш., Ф.Хўжаев кўч. 29. Тел.: (99871) 262-72-47, факс: (99871) 262-73-21

Диссертация билан ЎзР ФА Математика ва информацион технологиялар институти кутубхонасида танишиш мумкин.

Автореферат «___» ______________ 2008 й.да тарқатилди

Ихтисослашган илмий
кенгаш котиби Исмаилов М.А.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ УМУМИЙ ТАВСИФИ

Мавзунинг долзарблиги. Хозирги вақтда электрон қурилмаларни лойиҳалаш муаммоси энг долзарб масалалардан бири ҳисобланади. Бу муаммо бир қанча сабаблар билан боғлиқ. Бир томондан замонавий электрон қурилмаларнинг мураккаблиги ва ишлатишдаги мураккаб шартлар, уларнинг механик ва иссиқлик таъсирларида чидамлилиги, нормал иссиқлик режимини таъминлаш ва силкинишлардан ишончли ҳимоя қилиш кабилар қурилмаларнинг барқарор ишлашига қўйиладиган талабларни ошганлигини кўрсатада. Бу факторлар электрон қурилмаларни ишлашига жиддий таъсир кўрсатади. Бошқа томондан эса электрон қурилмалардан фойдаланишдаги мураккаб шартлардан вужудга келувчи иссиқлик ва тебранишлар майдонини сонли ва аналитик ҳисоблашлар учун бирмунча ишончли алгоритмларни ишлаб чиқиш талаб қилинади.

Шунинг учун радиоэлектрон қурилмаларни (РЭҚ) лойиҳалашда унумли аналитик усулларни яратиш, шунингдек, анизотроп материалли қурилмаларнинг статик ва динамик ҳолатини ҳисоблашда дастурий-алгоритмик мажмуаларни ишлаб чиқиш муҳим вазифа ҳисобланади.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Турли табиатли майдонларнинг ўзаро таъсири ва иш шароитининг етарлича ўрганилмаганлиги ҳамда ишончли математик моделларни мавжуд эмаслиги сабабли ҳозиргача берилган механик таъсирларда қурилмаларнинг ишга қобилятини баҳолаш асосан зарба таъсири берувчи қурилмалар, центрифуга, тебраткич (вибростенд) ларга моҳирлик билан ўрнатилган наъмуна ва макетлар орқали синовлар асосида олиб борилади. Бу синовлар вақт ва воситаларнинг катта ҳажмдаги харажатларни талаб этади ва ўз навбатида конструктор фойдаланиши учун жуда кам маълумот беради. Айниқса манфий натижалар олинганда барча харажатларнинг бефойдалиги маълум бўлади. Шунинг учун ҳам бундай масалаларни ечишда математик моделлаштиришнинг ўрни беқиёс.

Замонавий ҳисоблаш машиналарининг қўлланилиши ва математик физика масалаларини ечишнинг тақрибий усуллари такомиллашуви кўплаб мураккаб назарий масалаларни ечиш муаммосини келтириб чиқармоқда.

Бугунги кунга келиб дифференциал тенгламалар учун чегаравий масалаларни ечишнинг кўплаб сонли ва аналитик усуллари ишлаб чиқилган. Бу усулларни қўйилган аниқ масалалар учун сонли натижалар олишда ўзига хос ютуқ ва камчиликлари мавжуд. Янги, бирмунча кучли ҳисоблаш усулларининг яратилишига қарамасдан амалиёт учун муҳим кўплаб масалаларни ечиш муаммолигича қолмоқда.

Диссертация ишининг илмий-тадқиқот ишларининг режалари билан боғлиқлиги. С.Х.Абжалиловнинг «Радиоэлектрон қурилмаларда иссиқлик ва механик жараёнларни математик моделлаштириш» мавзусидаги диссертация иши

Тошкент ахборот технологиялари университети Илмий кенгашида тасдиқланган (№12 протокол 24.12.2007й.) бўлиб, Тошкент ахборот технологиялари университетида олиб борилаётган илмий-тадқиқот ишларига мос келади.

Тадқиқот мақсади. РЭҚ элементларининг механик ва иссиқлик хоссаларига кўра анизотроплигини ҳисобга олиб, механик ва иссиқлик жараёнларни ифодаловчи тенгламаларни ечишнинг аналитик усулларини такомиллаштириш.

Тадқиқот вазифалари. РЭҚ элементларининг механик ва иссиқлик тавсифида анизотроплик ва энергия тарқалиши таъсирларида чидамлилигини тадқиқ қилиш.

Тадқиқот объекти ва предмети. Тадқиқот объекти ва предмети РЭҚ ва улардаги стержен, пластинка кўринишидаги элементлари чидамлилигини текшириш ҳисобланади.

Тадқиқот усуллари: тадқиқот РЭҚ элементларидаги механик ва иссиқлик жараёнларни ифодаловчи чизиқли дифференциал тенгламалар ва уларнинг системаларини рекуррент-оператор усулида ечиш орқали олиб борилган.

Ҳимояга олиб чиқиладиган асосий ҳолатлар. Бир қатор модел масалалар ечими баён этилган. Биринчи марта умумлашган (модификацияланган) иссиқлик ўтказиш тенгламасининг икки хил кўринишда янги ечими, термоэластик назариясининг боғлиқсиз тенгламаси, ёпишқоқлик ва энергия тарқалишини ҳисобга олувчи қўшимча ҳадли Ламе тенгламалари, шунингдек, РЭҚ стержен ва пластинка кўринишидаги элементлари тебранишининг янги тўлқинли қўйилган масаласи ечилди. Рекуррент-оператор усулининг алгоритмлашдаги яхши жиҳатлари ва сонли натижалар олишдаги ўзига хос ижобий томонлари кўрсатиб берилди.

Илмий янгилиги:

Диссертация ишининг асосий натижалари қуйидагилардан иборат:

- турли ўзгарувчиларни ажратиш билан умумлашган иссиқлик ўтказиш тенгламаси янги ечимлари топилди ва улар билан маълум ечимлар ўртасида боғланиш ўрнатилди;
- радиоэлектрон қурилма турли элементлари (стержен ва пластинка кўринишидаги) хусусий тебраниш частотасини ҳисоблашда рекуррент-оператор усулининг ўзига хослиги кўрсатилди;
- биринчи марта стержен шаклидаги қурилмалар тебранишининг тўлқинли қўйилган масаласи ечилди;
- ички ва ташқи энергия тарқалишини ҳисобга олувчи умумлашган динамик Ламе тенгламаси ечими олинди.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Диссертациянинг илмий натижалари тўлалигича асосланган, дифференциал тенгламаларнинг олинган ечимларининг тўғрилиги ечимларни тенгламага қўйиб текширилган бўлса, тузилган дастур бўйича олинган сонли натижалар ҳеч қандай шубҳага олиб келмайди.

Натижаларнинг жорий қилиниши. Олинган натижалар радиоэлектрон қурилма элементлари ҳисобини сифатли ва унумли олиб боришга имкон беради. Диссертация иши натижаларидан юқорида кўрсатилган соҳа мутахассислари фойдаланишлари, шунингдек, олий ўқув юртларининг тегишли йўналишларида махсус курсларни олиб боришда фойдаланиш мумкин.

Ишнинг синовдан ўтиши.

Диссертация ишининг асосий натижалари қўйидаги семинар ва илмий анжуманларда маъруза қилинган:

1. «Хусусий ҳосилали дифференциал тенгламалар назариясининг замонавий муаммолари» номли (академик Т.Ж.Жўраев раҳбарлигида, ЎзР ФА Математика ва информацион технологиялар институти) республика семинарида;
2. «Ҳисоблаш математикаси ва математик физиканинг замонавий муаммолари» номли (академик Ш.А.Алимов раҳбарлигида, Ўзбекистон Миллий университети) шаҳар семинарида;
3. Самарқанд давлат университети «Математик моделлаштириш» ва «Дифференциал тенгламалар» кафедраларининг бирлашган семинарида;
4. Тошкент давлат педагогика университетининг «Информатика ва таълимда ахборот технологиялари», «Математик анализ» ва «Физика ва уни ўқитиш методикаси» кафедраларининг бирлашган семинарида;
5. ф-м.ф.д. Ш.А.Назиров раҳбарлигидаги Тошкент ахборот технологиялари университети «Дастурлаш технологиялари» кафедрасидаги «Дастурлаш технологиялари ва алгоритмлаш» номли семинарда;
6. «Фан, техника ва таълимда инфокоммуникацион ва ҳисоблаш технологиялари» номли Халқаро конференцияда, Тошкент 28-30 сентябр 2004й.;
7. «Дифференциальные уравнения с частными производными и родственные проблемы анализа и информатики» номли Халқаро конференцияда, Тошкент 16-19 ноябр 2004й.;
8. «Математик физика ва ахборот технологияларининг замонавий муаммолари» номли Халқаро конференцияда, Тошкент 18-24 апрел 2005й.;
9. «Информационно-Вычислительные технологии в Науке» номли Электрон конференцияда (ИВТН-2006 www.ivtn.ru).

Натижаларнинг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича 12 та илмий иш нашр этилган бўлиб, улардан 5 таси журналларда нашр қилинган. Чоп этилган материаллар диссертация мазмунини тўла ёритган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация ҳажми 116 саҳифани ташкил этиб, 12 та расм ва 23 та жадвални ўз ичига олган кириш, учта бўлим, хулоса, 76 номли фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Киришда мавзуни долзарблиги асосланган, адабиётларни умумлаштирилган мазмуни келтирилган, муаммони ўрганилганлик даражаси ва кейинги тадқиқот мақсади белгиланган.

Биринчи бўлим радиоэлектрон қурилмаларда иссиқлик, механик ва термоэластик жараёнларни математик моделлари тавсифига бағишланган. Бу жараёнларни ифодаловчи асосий тенгламалар келтирилган.

Анизотроп муҳит учун иссиқлик ўтказиш тенгламаси ва умумлашган (модификацияланган) иссиқлик ўтказиш қонунига асосланган умумлашган иссиқлик ўтказиш тенгламаси қаралган.

РЭҚ лардаги механик жараёнларни математик моделлаштиришда қуйидаги вектор-матрицавий тенглама кўринишда берилган динамик Ламе тенгламаларидан фойдаланилади

$$(B_0\partial_x^2 + B_1\partial_{xy}^2 + B_2\partial_{xz}^2 + B_3\partial_y^2 + B_4\partial_{yz}^2 + B_5\partial_z^2 - \rho E\partial_t^2)\vec{u} = \vec{f}\ .$$

$\vec{u} = [u_x, u_y, u_z]^T$ - кўчиш вектори; $\vec{f} = [f_x, f_y, f_z]^T$ - массавий кучлар вектори, B_i - элементлари анизотроп жисм эластик доимийларидан ташкил топган учинчи тартибли матрица.

Бундан ташқари, ёпишқоқликни ҳисобга олувчи қўшимча ҳадли динамик Ламе тенгламалари қаралади:

$$(\lambda+2\mu)\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + (\xi+2\eta)\frac{\partial^3 u}{\partial x^2\partial t} + (\lambda+\mu)\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x\partial y} + \frac{\partial^2 w}{\partial x\partial z}\right) + (\xi+\eta)\left(\frac{\partial^3 v}{\partial x\partial y\partial t} + \frac{\partial^3 w}{\partial x\partial z\partial t}\right) +$$

$$+\mu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right) + \eta\left(\frac{\partial^3 u}{\partial y^2\partial t} + \frac{\partial^3 u}{\partial z^2\partial t}\right) = \rho\frac{\partial^2 u}{\partial t^2};$$

$$(\lambda+2\mu)\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + (\xi+2\eta)\frac{\partial^3 v}{\partial y^2\partial t} + (\lambda+\mu)\left(\frac{\partial^2 w}{\partial y\partial z} + \frac{\partial^2 u}{\partial y\partial x}\right) + (\xi+\eta)\left(\frac{\partial^3 w}{\partial y\partial z\partial t} + \frac{\partial^3 u}{\partial y\partial x\partial t}\right) +$$

$$+\mu\left(\frac{\partial^2 v}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}\right) + \eta\left(\frac{\partial^3 v}{\partial z^2\partial t} + \frac{\partial^3 v}{\partial x^2\partial t}\right) = \rho\frac{\partial^2 v}{\partial t^2};$$

$$(\lambda+2\mu)\frac{\partial^2 w}{\partial z^2} + (\xi+2\eta)\frac{\partial^3 w}{\partial z^2\partial t} + (\lambda+\mu)\left(\frac{\partial^2 u}{\partial z\partial x} + \frac{\partial^2 v}{\partial z\partial y}\right) + (\xi+\eta)\left(\frac{\partial^3 u}{\partial z\partial x\partial t} + \frac{\partial^3 v}{\partial z\partial y\partial t}\right) +$$

$$+\mu\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right) + \eta\left(\frac{\partial^3 w}{\partial x^2\partial t} + \frac{\partial^3 u}{\partial y^2\partial t}\right) = \rho\frac{\partial^2 w}{\partial t^2}.$$

Термоэластик жараёнларни моделлаштиришда боғлиқсиз термоэластик назариясидан фойдаланилган.

<u>Иккинчи бўлим</u> рекуррент-оператор усули асосида РЭҚ да иссиқлик, механик ва термоэластик жараёнлар ҳисобини алгоритмлашга бағишланган.

Текис стационар жараёнларни ифодаловчи умумлашган дифференциал тенглама ечими келтирилган. Шундай қилиб,

$$L_m(\varphi) \equiv \left(\sum_{j=0}^{m} a_j \frac{\partial^m}{\partial x^{m-j} \partial y^j} \right) \varphi = f(x,y), \tag{1}$$

тенглама учун умумий ечим

$$\varphi(x,y) = \sum_{r=0}^{m-1} P_r(g_r(x)) + P_m(f(x,y)),$$

бу ерда $P_r(g_r(x)) = \sum_{i=0}^{\infty} Q_i \frac{d^{i+r}}{dx^{i+r}} g_r(x) y^{i+r,!}, \quad r = 0,1,\dots,m-1,$ - бир жинсли (*f(x,y)=0 да*) (1) тенгламанинг хусусий ечими, $P_m(f(x,y)) = \sum_{i=0}^{\infty} Q_i \frac{\partial^i}{\partial x^i} \frac{\partial^{-(i+m)}}{\partial y^{-(i+m)}} f(x,y)$ - бир жинсли бўлмаган (1) тенгламанинг хусусий ечими.

Бу ерда $g_r(x)$ - ихтиёрий олинган аналитик функция, Q_i - коэффициентлар ушбу $Q_{i+1} = -\sum_{j=0}^{m-1} a_{m-1-j} Q_{i-j} \quad i \ge 0$ рекуррент муносабатлардан ва $i < 0$ бўлса $Q_i = 0$, $Q_0 = 1$ бошланғич шартлардан аниқланади.

Диссертацияда умумлашган иссиқлик ўтказиш тенгламаси ечими ушбу икки кўринишда олинган:

1) x ўзгарувчини ажратиш билан $(\partial_x^2 + \varepsilon^2 \partial_t^2 - \partial_t)^N T(x,t) = 0$; (2)

2) t ўзгарувчини ажратиш билан $(\partial_t^2 + \frac{1}{\varepsilon^2}\partial_x^2 - \frac{1}{\varepsilon^2}\partial_t)^N T(x,t) = 0$. (3)

(2) ва (3) тенгламаларни ечимлари мос равишда қуйидаги кўринишда бўлади:

$$T_r^{*q}(x, g_r(t)) = \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} (-\varepsilon^2)^{\frac{j-i}{2}} \binom{i+q-1}{q-1} \binom{\frac{i+j}{2}+q-1}{i+q-1} x^{i+j+2(q-1)+r,!} \partial_t^j g_r(t), \; r = 0,1; \; q = \overline{1,N};$$

$$T(t, q_r(x)) = \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} (-1)^{\frac{j}{2}} \frac{1}{\varepsilon^{2i+j}} \binom{\frac{j}{2}+i+q-1}{i+q-1} \binom{i+q-1}{q-1} t^{i+j+2(q-1)+r,!} \partial_x^j (q_r(x)), \quad r = 0,1; \quad q = \overline{1,N},$$

бу ерда $t^{i,!} = \frac{t!}{i!}$ – академик Б.А.Бондаренко томонидан киритилган факториал даража, $g_r(t)$, $q_r(x)$ - мос равишда t ва x ўзгарувчилар бўйича дифференциалланувчи исталган функциялар. Келтирилган ечимлар ва Б.А.Бондаренко томонидан олинган полином ечимлар базис системалари орасида боғлиқлик ўрнатилган. Радиоэлектрон қурилма квадрат $[0 \le x \le a,\; 0 \le y \le a]$ ортотроп платаси учун иссиқлик ўтказиш масаласини аниқ ечими олинган. Ушбу

$$L(T) \equiv \left(a_0 \frac{\partial^2}{\partial x^2} + a_1 \frac{\partial^2}{\partial y^2} - \frac{\partial}{\partial t} \right) T(x, y, t) = 0, \tag{4}$$

иссиқлик ўтказиш тенгламаси

$$T \Big|_{\substack{x=0,a \\ y=0,a}} = 0, \qquad T \Big|_{t=0} = \varphi(x, y) \tag{5}$$

чегаравий ва бошланғич шартларда ечилган,

бу ерда $\varphi(x, y) = \sum_{m=1}^{N} \sum_{n=1}^{N} \sin \frac{(2m-1)\pi}{a} x \sin \frac{(2n-1)\pi}{a} y$ - функция пластинкада температуранинг бошланғич тарқалишини ифодалайди. (4), (5) масаланинг ечими

$$T(x, y, t) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \xi_{3,m,n} e^{\beta_{m,n} t},$$

кўринишда топилади, бу ерда $\xi_{3,m,n} = \sin a_m x \sin b_n y$, $\beta_{m,n} = -(a_0 a_m^2 + a_1 b_n^2)$.

РЭҚ да ортотроп плата хусусий тебраниши ҳақидаги масаласи пластинка эгилиши дифференциал тенгламаси

$$L(w) \equiv \left(b_0 \frac{\partial^4}{\partial x^4} + b_1 \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} + b_2 \frac{\partial^4}{\partial y^4} + \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) w = 0, \tag{6}$$

ҳамда ушбу чегаравий ва бошланғич шартлар асосида ечилган

$$w \Big|_{\substack{x=0,a \\ y=0,b}} = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \Big|_{x=0,a} = \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \Big|_{y=0,b} = 0, \qquad w \Big|_{t=0} = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial t} \Big|_{t=0} = f(x, y). \tag{7}$$

(6)-(7) масаланинг ечими қуйидаги кўринишда олинган

$$w_r[g_r(x, y)] = \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} Q_{i,j} \frac{\partial^{2i+2j}}{\partial x^{2i} \partial y^{2j}} g_r(x, y) \frac{t^{i+j+r}}{(i+j+r)!}, \qquad r = 0, 1.$$

$Q_{s,p}$ коэффициентларни ҳисоблаш учун қуйидаги формулалар топилган:

$$Q_{2i,2j} = (-1)^{i+j} \sum_{s=0}^{i} \frac{(i+j)!}{s!(2i-2s)!(j-i+s)!} b_0^s b_1^{2(i-s)} b_2^{j-i+s},$$

$$Q_{2i+1,2j+1} = (-1)^{i+j+1} \sum_{s=0}^{i} \frac{(i+j+1)!}{s!(2i-2s+1)!(j-i+s)!} b_0^s b_1^{2(i-s)+1} b_2^{j-i+s}.$$

Ички ишқаланиш ва ташқи демпфир (тебранишни пасайтирувчи қурилма)га энергия сарфлашни ҳисобга олувчи динамик Ламе тенгламалари ушбу вектор-матрицавий кўринишда ёзилади:

$$L(\vec{u}) = (L_1 + L_2 + L_3)\vec{u}(x, y, z, t) = 0, \tag{8}$$

бу ерда

$$L_1(\vec{u}) \equiv \left(E\partial_x^2 + A_2\partial_y^2 + A_3\partial_z^2 + A_4\partial_{xy} + A_5\partial_{xz} + A_6\partial_{yz} - A_1^{-1} B_7 \partial_t^2 \right)(\vec{u})$$

$$L_2(\vec{u}) \equiv \partial_t \left(B_1\partial_x^2 + B_2\partial_y^2 + B_3\partial_z^2 + B_4\partial_{xy} + B_5\partial_{xz} + B_6\partial_{yz} \right)(\vec{u})$$

$$L_3(\vec{u}) \equiv \left(C_1\partial_x + C_2\partial_y + C_3\partial_z + C_4\partial_t \right)(\vec{u})$$

$\partial_s^k(\vec{u}) = \dfrac{\partial^k}{\partial s^k}(\vec{u})$; A_i, B_i, C_i-уч ўлчовли матрица бўлиб, элементлари мос равишда λ, μ - Ламе эластик доимийлари, η, ξ - ёпишқоқлик коэффициентлари ва f_x, f_y, f_z - ташқи сўндириш параметрларидан тузилган.

(8) тенгламани ечиш учун рекуррент-оператор усулини қўллаймиз. Унга кўра (8) тенгламанинг ечими ушбу кўринишда қидирилади

$$\vec{u} = \sum_{i=0}^{\infty}\sum_{j=0}^{\infty}\sum_{k=0}^{\infty}\sum_{p=0}^{\infty} Q(i,j,k,p)\, x^{i+j+k+r,!}\partial_y^j \partial_z^k \partial_t^p (g_r(y,z,t)), \qquad r = \overline{0,1}, \tag{9}$$

бу ерда $Q(i,j,k,p)$ ўзгармас матрицавий коэффициентлар матрицавий рекуррент муносабатлардан ва ушбу бошланғич шартлардан топилади $Q(0,0,0,0)=E$, агар $i<0$ ёки $j<0$ ёки $k<0$ ёки $p<0$ бўлса $Q(i,j,k,p)=0$ бўлади. $g_r(y, z, t)$ - кўрсатилган ўзгарувчилар бўйича дифференциалланувчи исталган функция.

(8) тенгламанинг умумий ечими $\vec{u} = \sum_{l=1}^{3}\sum_{r=0}^{1}\vec{u}_{(l)r}(g_{lr})$.

Олтита ихтиёрий танланувчи $g_{lr}(y,z,t)$ функция x=0 бошланғич шартлардан аниқланади:

$$\begin{gathered} u(0,y,z,t) = u_0,\ \ v(0,y,z,t) = v_0,\ \ w(0,y,z,t) = w_0 \\ \sigma_x(0,y,z,t) = X_0,\ \tau_{yx}(0,y,z,t) = Y_0,\ \tau_{zx}(0,y,z,t) = Z_0 \end{gathered} \tag{10}$$

бу ерда u,v,w – $\vec{u}$ кўчиш вектори компоненталари $\sigma_x, \tau_{yx}, \tau_{zx}$ - тензор кучланиш компоненталари; қолган $\sigma_y, \sigma_z, \tau_{yz}$ компонентлар бизга маълум формулалар бўйича ҳисобланади.

(10) тенгламалар системасини g_{lr} ларга нисбатан ечиб, топилган g_{lr} функцияларни (9) га қўямиз ва $u_0, v_0, w_0, X_0, Y_0, Z_0$ берилган бошланғич функциялар орқали ифодаланган Коши масаласининг ($x = 0$ да) аниқ ечимини ҳосил қиламиз.

Баён этилган (9), (10) масалани ечиш алгоритми бир қанча хусусий масалалар ечимларини ўзида мажассамлаштиради:

$$I.\, L_3 = 0; \qquad II.\, L_2 = 0; \qquad III.\, L_2 = 0;\ \ L_3 = 0; \qquad IV.\, L_2 = 0;\ \ L_3 = 0;\ \ A_7 = 0$$

I масала ички ишқаланишни ҳисобга олмаслик, *II* масала ташқи демпфирни ҳисобга олмаслик, *III* ички ишқаланишни ва ташқи демпфирни ҳисобга олмаслик, *IV* масала статик ҳолатни ифодалайди.

Қуйидаги тенгламаларни ечишга келувчи, иссиқлик ва механик хоссаларига кўра ортотроп, шарнир воситасида маҳкамланган пластинка термоэластик тебраниши ҳақидаги бошланғич-чегаравий масаласи аниқ ечими олинган

$$L(w) \equiv \left(b_0 \frac{\partial^4}{\partial x^4} + b_1 \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} + b_2 \frac{\partial^4}{\partial y^4} + \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right) w = \frac{1}{\rho}\left(\alpha_1 \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \alpha_2 \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right),$$

$$\left(a_0\frac{\partial^2}{\partial x^2}+a_1\frac{\partial^2}{\partial y^2}-\frac{\partial}{\partial t}\right)T=0$$

чегаравий ва бошланғич шартлар:

$$T\Big|_{\substack{x=0,l\\y=0,h}}=0\,,\;T\Big|_{t=0}=\varphi(x,y)\,,w\Big|_{\substack{x=0,l\\y=0,h}}=\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\Big|_{x=0,l}=\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\Big|_{y=0,h}=0\,,w\Big|_{t=0}=0,\;\;\frac{\partial}{\partial t}w\Big|_{t=0}=0.$$

Бу масаланинг ечими қуйидаги кўринишда бўлади

$$w_{m,n}=-(\alpha_1 a_m^2+\alpha_2 b_n^2)\sin\,a_m x\sin\,b_n yF_{m,n}(t)\,,$$

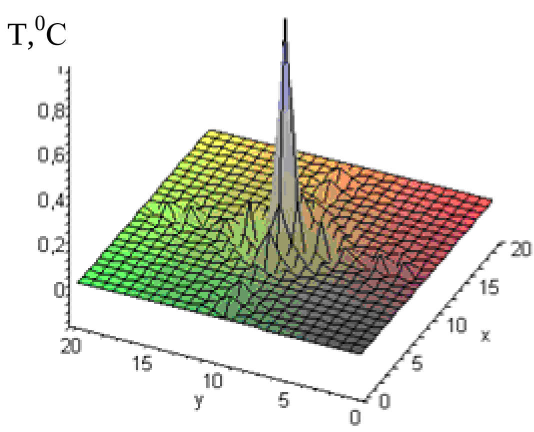
бу ерда $$F_{m,n}(t)=\frac{1}{\delta+\beta^2}\left(\cos\sqrt{\delta}\,t+\frac{\beta}{\sqrt{\delta}}\sin\sqrt{\delta}\,t-e^{\beta t}\right),\quad \delta=b_0 a_m^4+b_1 a_m^2 b_n^2+b_2 b_n^4\,.$$

<u>**Учинчи бўлимда**</u> РЭҚ ларда иссиқлик ва механик жараёнларни тадқиқ этишда рекуррент-оператор усулининг имкониятларини кўрсатувчи қатор модел масалалар, сонли эксперимент натижалари баён этилган. 1-расмда (4)-(5) масаланинг ечими натижалари ушбу бошланғич маълумотлар бўйича берилган: $a=20\,см$, $a_0=0{,}901\cdot 10^{-3}\frac{см^2}{сек}$, $a_1=1{,}44\cdot 10^{-3}\frac{см^2}{сек}$,(жисм стеклотекстолит КАСТ-В).

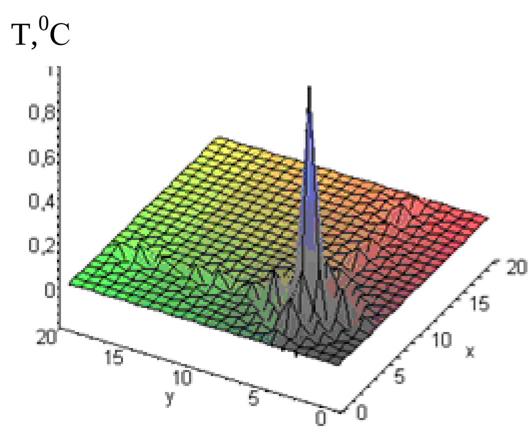
N=10 деб, $t=0$ да нуқтавий қизиш пластинка марказида $(x_0=10\,,\,y_0=10)$ бўлганда бошланғич температуранинг тарқалиши 1а-расмда кўрсатилган. Қизиш пластинка исталган (x_0,y_0) нуқтасида бўлганда ушбу формуладан фойдаланилади

$$T(x,y,t)=T_0\sum_{m=1}^{N}\sum_{n=1}^{N}\sin\,a_m(x-(\frac{a}{2}+x_0))\sin\,b_n(y-(\frac{b}{2}+y_0))\,e^{\beta_{m,n}t}\,.$$

1б-расмда $(x_0=5,\;\;y_0=5)$ нуқта учун температура тарқалишининг дастлабки ҳолати тасвирланган.



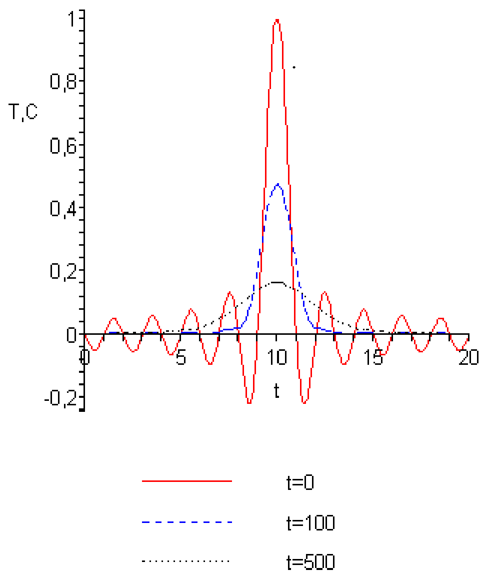
а)



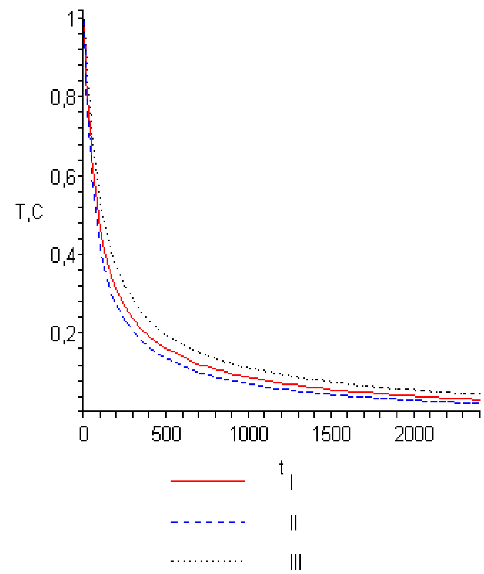
б)

1-расм. Иссиқлик таъсири нуқтавий манбаларининг жойлашиши

2-расмда y=10см кесим бўйича температуранинг вақт бўйича ўзгариши берилган (t=0с,100с,500с). 3-расмда пластинка марказий нуқтасининг температураси ўзгариши берилган шартларда (I эгри чизиқ), шунингдек, $a_0 = a_1 = 1{,}44 \cdot 10^{-3}\, см^2/сек$ (II эгри чизиқ) ва $a_0 = a_1 = 0{,}901 \cdot 10^{-3}\, см^2/сек$ (III эгри чизиқ) шартлардаги температуранинг ўзгариши кўрсатилган. Графиклардан платанинг марказий нуқтаси нуқтавий қиздирилган ҳолати совиши жараёнида иссиқлик ўтказиш коэффициентларининг анизотроплик таъсирини кузатиш мумкин.



2-расм. y=10 кесимда температуранинг ўзгариши



3-расм. Пластинка маркази температурасининг ўзгариши

Тўсинли стержен эркин тебраниши ҳақидаги масала қаралган. Масала ушбу

$$\frac{\partial^4 v(x,t)}{\partial x^4} + a\frac{\partial^2 v(x,t)}{\partial t^2} = 0 \qquad (11)$$

тенгламани

$$\xi = 0 \text{ да:} \quad V(0) = V_0 = 0, \quad V'(0) = \varphi_0 = 0$$

$$\xi = 1 \text{ да:} \quad V''(\beta) = -M_l / EJ, \quad V'''(\beta) = -Q_l / EJ \qquad (12)$$

чегаравий шартларда ечишга келтирилади.

Ўлчамсиз координаталарга ўтилгандан сўнг ($\xi = x/l$), (11) тенгламанинг ечими рекуррент-оператор усулида ушбу кўринишда топилади

$$y(\alpha\xi,t) = \frac{1}{\alpha^r}\sum_{i=0}^{\infty}(-1)^i\frac{(\alpha\xi)^{4i+r}}{(4i+r)!}\partial_t^{2i}(g_r(t)), \quad r = \overline{0,3}, \; 0 \le \xi \le 1, \quad \alpha = l\sqrt[4]{a} = l\sqrt[4]{\frac{m}{EJ}}. \qquad (13)$$

Хусусий ҳолда $g(t) = \cos\omega t$, $g(t) = \sin\omega t$ десак, у ҳолда (11) тенгламанинг ечимини ўзгарувчилари ажралган кўринишда ҳосил қиламиз

$$y_r(x,t) = \cos\omega t F_r(\beta\xi), \quad y_r(x,t) = \sin\omega t F_r(\beta\xi),$$

бу ерда $F_r(\beta\xi) = \frac{1}{\beta^r}\sum_{i=0}^{\infty}(\beta\xi)^{4i+r,!}$, $\beta = l\sqrt[4]{m\omega^2/EJ}$, $r = \overline{0,3}$ функция А.Н.Крылов функциялари билан устма-уст тушади. Ушбу бошланғич маълумотлар олинган:

$$l = 300 \text{ см}, \quad J = 10^5 \text{ см}^4, \; E = 3 \cdot 10^5, \; m = 0.001, \; \alpha = l \sqrt[4]{\frac{m}{EJ}} \approx 0{,}1282 .$$

(12) чегаравий шартлардан частота тенгламаси трансцендент тенглама кўринишида эмас, балки даражаси (13) қаторнинг олинувчи ҳадлари сонига боғлиқ бўлган алгебраик тенглама кўринишида ҳосил қилинади

$$1 + \left(\frac{2}{4!} - \frac{1}{3!}\right)\beta^4 + \left(-\frac{1}{3!5!} + \frac{2}{8!} + \frac{1}{4!4!} - \frac{1}{7!}\right)\beta^8 + \left(\frac{2}{4!8!} - \frac{1}{5!7!} - \frac{1}{3!9!} + \frac{2}{12!} - \frac{1}{11!}\right)\beta^{12} + \ldots$$

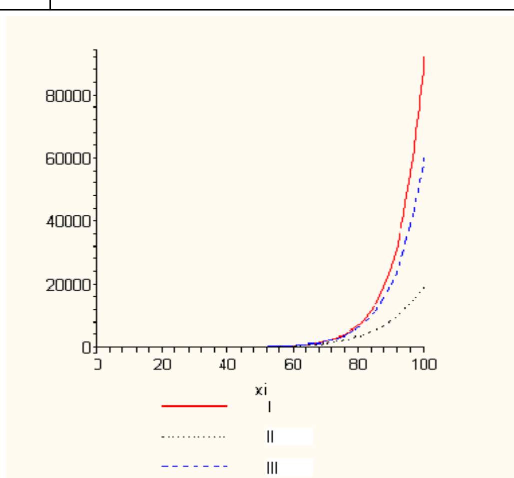
$$+ \left(-\frac{1}{21!19!} - \frac{1}{17!23!} + \frac{1}{20!20!}\right)\beta^{40} + \left(-\frac{1}{21!23!}\right)\beta^{44} = 0.$$

Турли даражали детерминант тенгламаларнинг (частота тенгламаси) кетма-кет олинган ечимлари 1-жадвалда келтирилган.

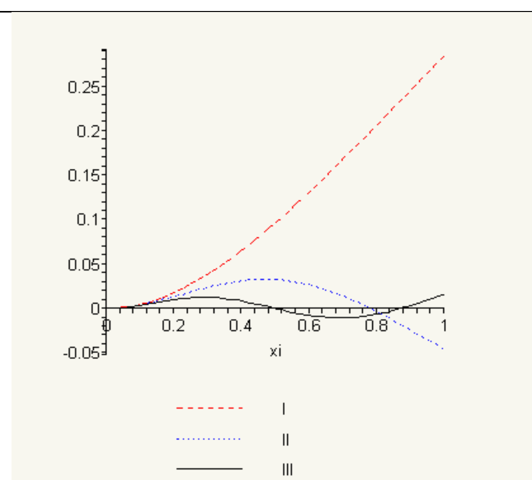
1-жадвал.

n-тартибли детерминант тенглама илдизлари

n=4	$\pm\sqrt[4]{12} \approx \pm 1.86120971\ 8$;
	$\pm i\sqrt[4]{12}$;
n=8	$\pm\sqrt[4]{210 - 6\sqrt{1085}} \approx \pm 1.87516502\ 3$; $\quad \pm\sqrt[4]{210 + 6\sqrt{1085}} \approx \pm 4.49332819\ 2$;
	$\pm i\sqrt[4]{210 \pm 6\sqrt{1085}}$;
n=12	$\pm 1.87510397\ 4$; $\quad \pm 4.70694100\ 5$; $\quad \pm 7.04746019\ 1$;
	$\pm i\,1.87510397\ 4$; $\quad \pm i\,4.70694100\ 5$; $\quad \pm i\,7.04746019\ 1$;
n=44	$\pm 1.87510406\ 9$; $\quad \pm 4.69409117\ 2$; $\quad \pm 7.84676291\ 1$; $\quad \cdots$
	$\pm(9.771540284 \pm i\,1.17995612\ 6)$; $\quad \pm(10.27859272 \pm i\,3.890190037)$; $\pm(10.33433618 \pm i\,7.453161934)$; $\quad \pm(12.76401140 \pm i\,9.770880322)$; $\quad \cdots$



4-расм. А.Н.Крылов функциялари ва рекуррент-оператор усулининг қиёсланиши



5-расм. Тўсинли стержен хусусий тебраниши шакллари

2-жадвалда детерминант тенгламанинг А.П.Филин, А.П.Филиппов монографияларидан олинган ечимлари ва рекуррент-оператор усули (РОУ) даги (1-жадвалдан *n*=44 да олинган) ечимлари, шунингдек,

$$\omega = \beta^2 \sqrt{\frac{EJ}{m\,l^4}}$$

формула ёрдамида юқорида берилган бошланғич маълумотлар ёрдамида ҳисобланувчи хусусий тебраниш частотаси қийматлари қиёсий таққосланган.

2-жадвал.

Тўсинли стержен хусусий тебраниши частоталари таққосланиши.

	Филиппов	Филин	РОУ
β_1 ω_1	1,8751 169,163629 3	1,8751 169,163629 3	1,87510406 9 169,164363 5
β_2 ω_2	4,6941 1060,13897 5	4,6941 1060,13897 5	4,69409117 2 1060,13498 7
β_3 ω_3	$(2k-1)\pi/2 \approx$ 7,85398163 5 2967,82227 1	$(2k-1)\pi/2 \approx$ 7,85398163 5 2967,82227 1	7,84676291 1 2962,36922 9

Ўзгарувчилари ажратилмаган ҳолатида (яъни, масалани тўлқинли қўйилиши ҳолати) (12) чегаравий шартлардан алгебраик тенгламалр системаси ўрнига оддий дифференциал тенгламалар системасини ҳосил қиламиз

$$\begin{cases} C\left(g_2 - \alpha^{4,!} g_{2,t^2} + \alpha^{8,!} g_{2,t^4} - \cdots - \alpha^{20,!} g_{2,t^{10}}\right) + D\left(g_3 - \dfrac{\alpha^4}{5!} g_{3,t^2} + \dfrac{\alpha^8}{9!} g_{3,t^4} - \cdots - \dfrac{\alpha^{20}}{21!} g_{3,t^{10}}\right) = 0, \\ C\left(-\dfrac{\alpha^4}{3!} g_{2,t^2} + \dfrac{\alpha^8}{7!} g_{2,t^4} - \cdots - \dfrac{\alpha^{20}}{19!} g_{2,t^{10}}\right) + D\left(g_3 - \alpha^{4,!} g_{3,t^2} + \alpha^{8,!} g_{3,t^4} - \cdots - \alpha^{20,!} g_{3,t^{10}}\right) = 0. \end{cases}$$

Бу ҳам матрицавий кўринишга келтирилади ва рекуррент-оператор усулида ечилади.

Натижада ечимни қуйидаги ёйилган кўринишда ҳосил қиламиз

$$g = \sum_{i=0}^{\infty} Q(i) t^{2i+r,!}, \qquad r = \overline{0,9}$$

$$\overline{g}_{I,r} = \begin{cases} g_{11(1)} = t^{r,!} + Q_{11(1)}(1) t^{2+r,!} + Q_{11(1)}(2) t^{4+r,!} + Q_{11(1)}(3) t^{6+r,!} + \cdots \\ g_{21(1)} = Q_{21(1)}(1) t^{2+r,!} + Q_{21(1)}(2) t^{4+r,!} + Q_{21(1)}(3) t^{6+r,!} + \cdots \end{cases}$$

$$\overline{g}_{II,r} = \begin{cases} g_{11(1)} = Q_{12(2)}(1) t^{2+r,!} + Q_{12(2)}(2) t^{4+r,!} + Q_{12(2)}(3) t^{6+r,!} + \cdots \\ g_{21(1)} = t^{r,!} + Q_{22(2)}(1) t^{2+r,!} + Q_{22(2)}(2) t^{4+r,!} + Q_{22(2)}(3) t^{6+r,!} + \cdots \end{cases}$$

Шундай қилиб, $r=\overline{0,9}$ да тенгламанинг йигирмата чизиқли эркли вектор-ечимига эга бўламиз. Тенгламанинг умумий ечими қуйидагича бўлади

$$\bar{g}(t)=\begin{bmatrix} g_2(t) \\ g_3(t) \end{bmatrix}=\sum_{r=0}^{9}\left(b_{1,r}\bar{g}_{I,r}(t)+b_{2,r}\bar{g}_{II,r}(t)\right). \tag{14}$$

Умумий ҳолатда ташқи таъсирларни (берилган чегаравий шартларни ҳисобга олувчи $y_0(t)$ эгилиш, $\varphi_0(t)$ бурилиш бурчаги, $M_0(t)$ букувчи момент ва $Q_0(t)$ кўндаланг куч) даражали қаторлар кўринишида ифодаланиши мумкин

$$\vec{U}(t)=\begin{bmatrix} \cos\ \omega t \\ \sin\ \omega t \end{bmatrix}=\sum_{r=0}^{\infty}(-1)^i\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}(\omega t)^{2i}+\sum_{i=0}^{\infty}(-1)^i\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}(\omega t)^{2i+1} \quad . \tag{15}$$

(14) ва (15) ифодаларни тенглаштириш билан қаторнинг жуфт ва тоқ даражали ҳадларига поғонали-учбурчак шаклидаги мос иккита алоҳида алгебраик тенгламалар системасини, яъни, амалда $b_{1,r}, b_{2,r}$ коэффициентларни аниқлашнинг рекуррент жараёнини ҳосил қиламиз.

Икки параллел томони шарнир воситасида маҳкамланган, қолган икки томони ихтиёрий чегаравий шартли тўғри бурчакли ортотроп пластинка эркин тебраниши ҳақидаги масала қаралган. Масала ушбу

$$\left(\frac{\partial^4}{\partial x^4}+a_1^*\frac{\partial^4}{\partial x^2\partial y^2}+a_2^*\frac{\partial^4}{\partial y^4}+a_3^*\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)w(x,y,t)=0 \tag{16}$$

тенгламани

$$W=0;\quad \frac{\partial^2 W}{\partial\eta^2}+\nu\frac{\partial^2 W}{\partial\xi^2}=0\ ,\ \text{агар}\ \eta=0\ \text{ва}\ \eta=b/a\,,\quad W(0,\eta)=0,\quad \left.\frac{\partial^2 W}{\partial\xi^2}\right|_{\xi=0}=0 \tag{17}$$

чегаравий шартларда ечишга келтирилади.

Бу чегаравий масаланинг ечими рекуррент-оператор усулида олинади

$$F_r(\beta\xi)=\sum_{i=0}^{\infty}\left(\sum_{k=0}^{i}(-1)^{i-k}Q_{k,i-k}c^{2(i-k)}\right)\xi^{2i+r,!},\qquad c=n\pi\mu_1,\ \ \mu_1=a/b$$

бу ерда

$$\begin{aligned}
F_0(\beta\xi)&=1+2n^2\pi^2\xi^{2,!}+(3n^4\pi^4+\beta^2)\xi^{4,!}+4((n\pi)^6+(n\pi)^2\beta^2)\xi^{6+r,!}+\ldots\\
F_1(\beta\xi)&=\xi+2n^2\pi^2\xi^{3,!}+(3n^4\pi^4+\beta^2)\xi^{5,!}+4((n\pi)^6+(n\pi)^2\beta^2)\xi^{7+r,!}+\ldots\\
F_2(\beta\xi)&=\xi^{2,!}+2n^2\pi^2\xi^{4,!}+(3n^4\pi^4+\beta^2)\xi^{6,!}+4((n\pi)^6+(n\pi)^2\beta^2)\xi^{8+r,!}+\ldots\\
F_3(\beta\xi)&=\xi^{3,!}+2n^2\pi^2\xi^{5,!}+(3n^4\pi^4+\beta^2)\xi^{7,!}+4((n\pi)^6+(n\pi)^2\beta^2)\xi^{9+r,!}+\ldots
\end{aligned} \tag{18}$$

Бу ерда ҳам частота тенгламаси $s_{2n}th(s_{1n})-s_{1n}th(s_{2n})=0$ трансцендент тенглама кўринишида эмас, балки алгебраик тенглама кўринишида ҳосил қилинади. Унинг илдизлари 3-жадвалда келтирилган.

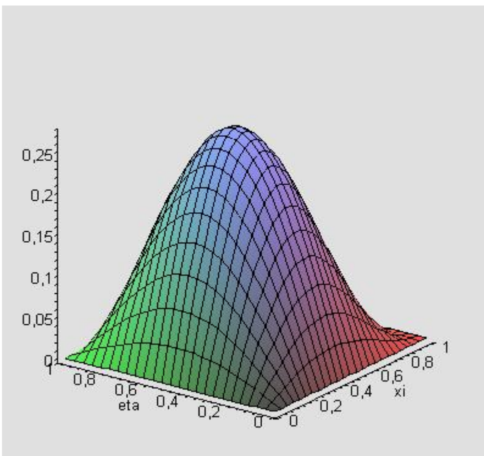
3-жадвал.

Ортотроп пластинка алгебраик частота тенгламаси илдизлари.

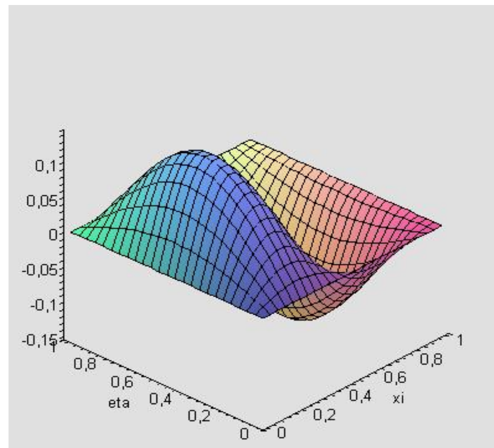
n=1	23,64631953; 58,64636700; 113,2279818; 187,438789; 281,2940738; 389,3594398; ...
n=2	51,67427197; 86,13447451; 140,8459928; 215,2812394; 309,7634625; 388,6441840; ...
n=3	100,2699242; 133,7887673; 188,1403256; 262,1132539; ...

6-расмда бир қанча кўрсатилган параметрлар бўйича рекуррент-оператор усулида олинган пластинка хусусий тебраниши шакллари кўрсатилган.

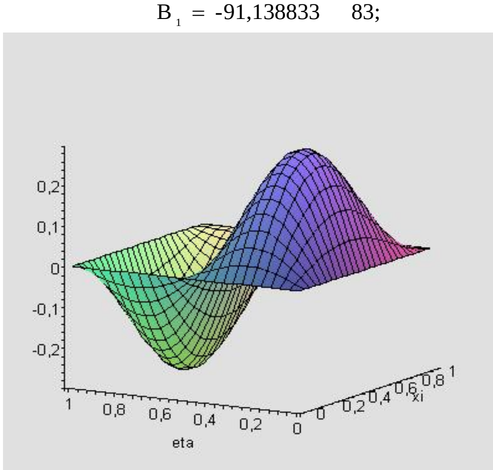
$n = 1, \quad \beta_1 = 23{,}64631953,$ $B_1 = -33{,}27350841;$



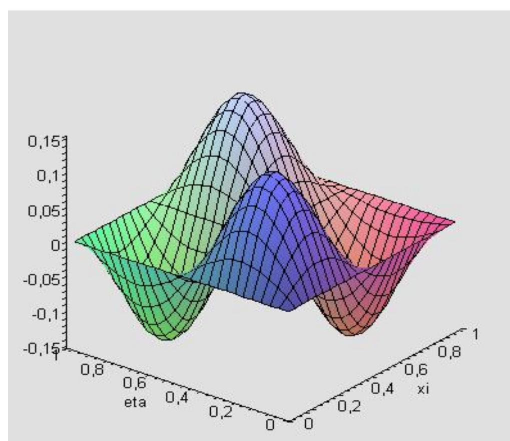
$n = 1, \quad \beta_2 = 58.64636700,$ $B_2 = -68.56156302;$



$n = 2, \quad \beta_1 = 51{,}67427197,$ $B_1 = -91{,}13883383;$



$n = 2, \quad \beta_2 = 86{,}13471703$ $B_2 = -125{,}6171269;$



6-расм. Квадрат пластинка хусусий тебраниши шакли графиклари

(18) функциялар чизиқли комбинацияларини тузиш билан (16) тенгламани қаноатлантирувчи янги ечимларни ҳосил қилиш мумкин. Масалан,

1. $B_1F_1(\beta_1\xi) + D_1F_3(\beta_1\xi) = \sin(m\pi\xi)$ бу ерда $B_1 = m\pi, \quad D_1 = -m\pi^3(m^2 + 2n^2),$
$\beta_1^2 = \pi^4(m^2 + n^2)^2.$

2. $B_2F_1(\beta_2\xi) + D_2F_3(\beta_2\xi) = sh\,\alpha\xi$ бу ерда $B_2 = \alpha,\ D_2 = \alpha^3 - 2\alpha n^2\pi^2,$
$\alpha_s = \pm\sqrt{n^2\pi^2 \pm \beta_2},\ s = \overline{1,4}.$

3. $B_3F_0(\beta_3\xi)+D_3F_2(\beta_3\xi)=\cos(m\pi\xi)$ бу ерда $B_3=1,\ D_3=-\pi^2(m^2+2n^2),$
$\beta_3^2=2m^2\pi^4(m^2+n^2).$

4. $B_4F_0(\beta_4\xi)+D_4F_2(\beta_4\xi)=ch\,\delta\xi$, бу ерда $B_4=1,\ D_4=\delta^2-2n^2\pi^2,$
$\delta_s=\pm\sqrt{n^2\pi^2\pm\beta_4},\quad s=\overline{1,4}$.

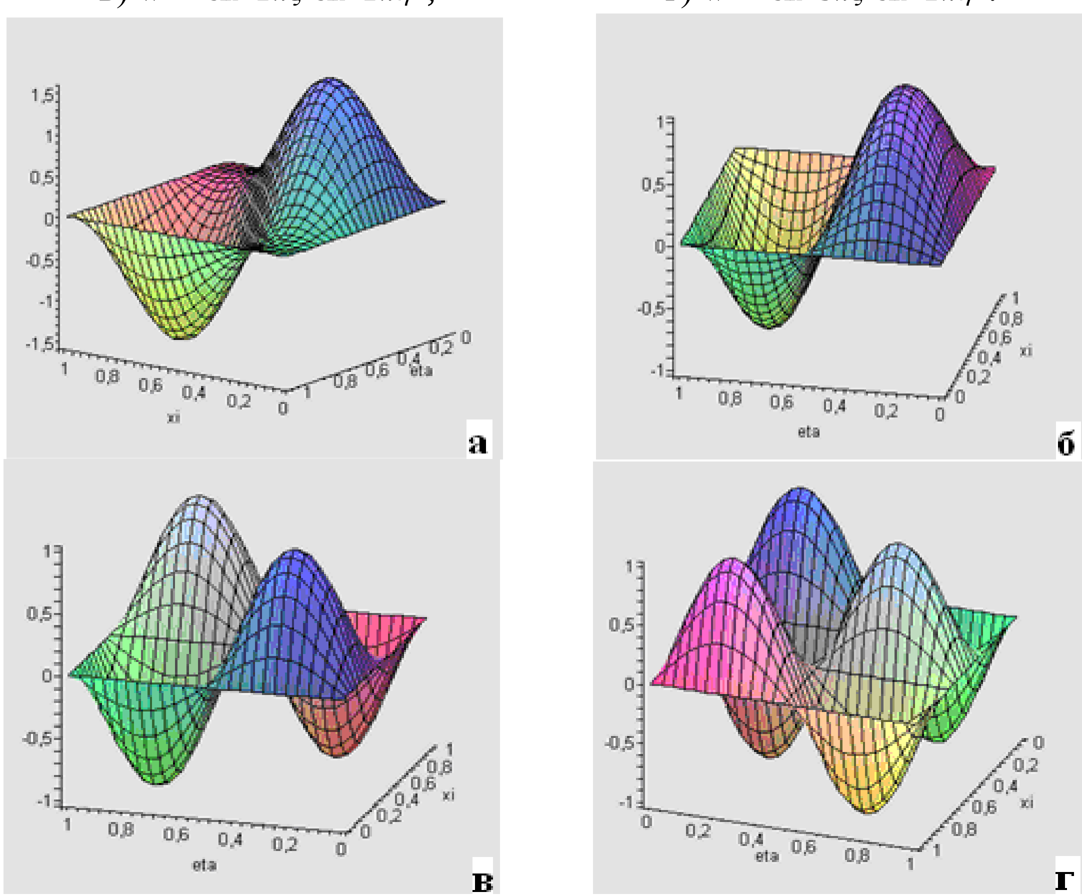
Келтирилган чизиқли комбинациялардан кўринадики, шарнир воситасида маҳкамланган пластинка

$$w=0;\ \frac{\partial^2 w}{\partial\xi^2}+\nu\frac{\partial^2 w}{\partial\eta^2}=0\ ,\quad \xi=0 \text{ ва } \xi=1 \text{ да },\ w=0;\ \frac{\partial^2 w}{\partial\eta^2}+\nu\frac{\partial^2 w}{\partial\xi^2}=0\quad \eta=0 \text{ ва } \eta=\frac{b}{a} \text{ да,}$$

чегаравий шартларни қаноатлантиради, бу ерда ν – Пуассон коэффициенти. Юқоридаги чизиқли комбанациялардан биринчисини олиш керак. У ҳолда (16) тенгламанинг ечими $W_{mn}(\xi,\eta)=\sum_m\sum_n A_{mn}\sin m\pi\xi\sin n\pi\mu_1\eta$ кўринишда бўлади. m,n лар учун турли қийматларни бериш билан, квадрат пластинка ўрта текислигининг эркин тебраниши турли шаклларини ҳосил қилиши мумкин.

а) $W=\sin\pi\xi\sin2\pi\eta+\sin2\pi\xi\sin\pi\eta$; б) $W=\sin\pi\xi\sin2\pi\eta$;

в) $W=\sin2\pi\xi\sin2\pi\eta$; г) $W=\sin3\pi\xi\sin2\pi\eta$.



7-расм. Шарнир воситасида маҳкамланган квадрат пластинка эркин тебраниши шакллари

ХУЛОСА

Диссертация иши бўйича асосий хулоса ва натижалар қуйидагилардан иборат:

1. Радиоэлектрон қурилмаларни лойиҳалаштиришда зарур бўлган радиоэлектрон қурилма элементларида температура майдони, кучланиш-деформацион ҳолат (механик, тебранма ва иссиқлик таъсирлари) таҳлили ўтказилди;
2. РЭҚ ларни лойиҳалаштиришда фойдаланиладиган турли математик моделлар атрофлича қараб чиқилди;
3. РЭҚ ларда фойдаланиладиган жисмларнинг механик ва иссиқлик хоссаларида анизотропликни ҳисобга олувчи, шунингдек, ички ишқаланиш ва ташқи демпфир (тебранишни пасайтирувчи қурилма)га энергия сарфлашни ҳисобга олувчи чизиқли дифференциал тенгламалар ва уларнинг системаларини ечишда рекуррент-оператор усулининг имкониятлари тадқиқ қилинган;
4. Умумлашган иссиқлик ўтказиш тенгламасининг x ва t ўзгарувчилари ажратилган тенгламанинг янги хусусий ечимлари қурилди ва олинган ечимлар билан маълум ечимлар ўртасида боғланиш ўрнатилди;
5. Ечимни тугал ифода кўринишида олиш мақсадида йиғинди тартибини ўзгартириш ва ички йиғиндини тескарисидан йиғиш билан умумлашган иссиқлик ўтказиш тенгламасининг оператор кўринишидаги ечими топилди;
6. Рекуррент-оператор усули ёрдамида термоэластик назарияси боғлиқсиз масаласини ечиш алгоритми яратилди ва механик ва иссиқлик хоссалари бўйича ортотроп пластинка учун температуравий кучланишни аниқлашнинг бошланғич-чегаравий масаласи ечилди;
7. Кўриб ўтилган чегаравий масалаларнинг сонли натижалари, частота тенгламасининг илдизларини аниқлашда тақрибий усулларни қўлламасдан топиш имконияти кўрсатилди;
8. Ўтказилган тадқиқотлар натижаларидан қурилмалар ишончлилиги ва сифатини таъминловчи автоматлаштирилган системаларда фойдаланилиши мумкин.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РУЙХАТИ

1. Улукназаров М.Ж., Абжалилов С.Х. Квазиполиномиальные решения модифицированного уравнения теплопроводности и его итерации. //Вопр. выч. и прик. математики: Сборн. науч. тр. Ташкент 2003. Вып. 112.- с.64-73.
2. Абжалилов С.Х. Радиоаппарат қурилмаларида резонансли тебранишларни ҳисоблаш. «Аспирант, магистр ва бакалаврларнинг илмий техник анжумани». Маърузалар тўплами. - Тошкент 2004. - 75-76 б.
3. Назиров Ш.А., Рожкова Е.В., Абжалилов С, Рахманов К.С. К вопросу о моделировании динамических процессов в приборах с учетом диссипативных сил. «Инфокоммуникационные и вычислительные технологии в науке, технике и образовании», г. Ташкент 28-30 сентября 2004г.-с.242-247.
4. Назиров Ш.А., Рожкова Е.В., Абжалилов С, Рахманов К.С. Компьютерная реализация решений линейных дифференциальных уравнений. «Инфокоммуникационные и вычислительные технологии в науке, технике и образовании», г. Ташкент 28-30 сентября 2004г. – с.372-376.
5. Назиров Ш.А., Рожкова Е.В., Абжалилов С, Рахманов К.С. Решение динамических уравнений Ламе с учетом рассеянии энергии и внешнего затухания. Тр. межд. науч. конф. «Дифференциальные уравнения с частными производными и родственные проблемы анализа и информатики», г. Ташкент 16-19 ноября 2004г. – с.58-60.
6. Абжалилов С.Х. Исследование динамических процессов в электронных приборах с учетом диссипативных сил. Тр. межд. науч. конф. «Современные проблемы математической физики и информационных технологий», г. Ташкент 18-24 апреля 2005г. - с. 293-297.
7. Абжалилов С.Х., Рахмонов К.С. Моделирование тепловых процессов в ортотропных платах радиоэлектронных устройств. Электронный конф., Инфор.-Вычис. техн. в Науке www.ivtn.ru, ИВТН-2006.
8. Назиров Ш.А., Абжалилов С.Х. К моделированию температурных процессов в ортотропных платах радиоэлектронных устройств рекуррентно-операторным методом. //Узб. журнал «Проблемы информатики и энергетики». - Ташкент – 2006, - №1, - с.84-91.
9. Абжалилов С.Х. К моделированию механических колебаний ортотропных плат в радиоэлектронных устройствах. //Узб. журнал «Проблемы информатики и энергетики». - Ташкент – 2006, - №1. - с.95-100.
10. Абжалилов С.Х. Решение модифицированного уравнения теплопроводности и его итераций рекуррентно-операторным методом. //Узб. журнал «Проблемы информатики и энергетики». - Ташкент – 2006, - №5. - с.86-94.
11. Назиров Ш.А., Улукназаров М.Ж., Абжалилов С.Х., Рахманов К.С. Решение задачи о термоупругих колебаниях ортотропной пластинки. //Узб. журнал «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент – 2007, - №2. - с.50-57.
12. Назиров Ш.А., Абжалилов С. Х., Рожкова Е. В. Определение динамических характеристик элементов конструкций радиоэлектронной аппаратуры, приводимых к системам с распределенными параметрами. // ДАН РУз. - Ташкент. – 2008. - №2. - с.39-45.

РЕЗЮМЕ

диссертации **Абжалилова Санакула Хужамовича** на тему “Математическое моделирование тепловых и механических процессов в радиоэлектронных конструкциях” на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 - Теоретические основы математического моделирования

Ключевые слова: математическое моделирование, рекуррентно-операторный метод, рекуррентные уравнения, анизотропия, диссипация, теплопроводность, матричные представления систем дифференциальных уравнений, характеристические уравнения, модифицированные уравнения теплопроводности, обобщенное уравнение Ламе, задача Коши.

Объекты исследования: исследование тепловых и механических процессов в электронных платах с учетом анизотропии механических и тепловых характеристик электронных плат.

Цель работы: разработка алгоритмов решения начально-краевых задач анизотропные теории упругости и численная реализация краевых задач применительно к расчету элементов радиоэлектронной аппаратуры (РЭА).

Методы исследования: использован новый рекуррентно-операторный метод решения линейных дифференциальных уравнений и их систем с учетом анизотропии, диссипации и теплопроводности.

Полученные результаты и их новизна: построены новые решения модифицированных уравнений теплопроводности в двух вариантах, уравнений несвязанной теории термоупругости, уравнения Ламе, дополненные членами, учитывающими вязкость и диссипацию энергий, а также впервые решены задачи колебания стержневых и плоских конструкций РЭА в новой волновой постановке.

Практическая значимость: полученные результаты аналитического решения краевых задач позволяет с одной стороны оценить точность численных методов решения этих задач, а с другой стороны получить более достоверные результаты, для их учета при проектировании РЭА.

Степень внедрения и экономическая эффективность: результаты работы внедряются в учебный процесс и могут быть включены в автоматизированную систему обеспечения надежности и качества аппаратуры, что позволяет в итоге снизить затраты при автоматическом проектировании РЭА.

Область применения: полученные результаты могут бить применены не только при проектировании РЭА, но и в других отраслях техники, где исследуется тепловые и механические процессы в анизотропных строительных конструкциях, в кораблестроении, машиностроении и другие.

Физика-математика фанлари номзоди илмий даражасига талабгор **Абжалилов Санақул Хўжамовичнинг** 05.13.18 – “Математик моделлаштиришнинг назарий асослари” ихтисослиги бўйича “Радиоэлектрон қурилмаларда иссиқлик ва механик жараёнларни математик моделлаштириш” мавзусидаги диссертациясининг

РЕЗЮМЕСИ

Таянч сўзлар: математик моделлаштириш, рекуррент-оператор усули, рекуррент тенгламалар, анизотроп, диссипация, иссиқлик ўтказиш, дифференциал тенгламалар системасининг матрицавий кўриниши, характеристик тенглама, қўшимча ҳадли иссиқлик ўтказиш тенгламаси, умумлашган Ламе тенгламалари, Коши масаласи.

Тадқиқот объектлари: электрон платаларда уларнинг иссиқлик ва механик анизотроп тавсифларини ҳисобга олувчи иссиқлик ва механик жараёнларни тадқиқ қилиш.

Ишнинг мақсади: радиоэлектрон қурилма (РЭҚ) элементларини ҳисоблаш учун анизотроп эластиклик назарияси бошланғич-чегаравий масалаларини ечиш ва чегаравий масалаларни сонли амалга оширишга қўлланиладиган алгоритмларни ишлаб чиқиш.

Тадқиқот усули: анизотроп, диссипация ва иссиқлик ўтказишни ҳисобга олувчи чизиқли дифференциал тенгламалар ва уларнинг системаларини ечишда янги рекуррент-оператор усулидан фойдаланилган.

Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги: қўшимча ҳадли иссиқлик ўтказиш тенгламаси икки хил кўринишда, термоэластик назариясининг боғлиқсиз тенгламаси, ёпишқоқлик ва энергия диссипациясини ҳисобга олувчи қўшимча ҳадлар билан тўлдирилган Ламе тенгламаларининг ечими топилди, шунингдек, биринчи марта РЭҚ стержен ва текис қурилмалари тебраниши масалаларининг тўлқинли қўйилган масаласи ечилди.

Амалий аҳамияти: чегаравий масалаларни аналитик ечими натижаларининг РЭҚларни лойиҳалаштиришда ҳисобга олиш бир томондан бу масалалар ечимини сонли баҳолаш аниқлиги бўлса, бошқа томондан бирмунча ишончли натижаларни олишдир.

Татбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги: диссертация иши натижаларини ўқув жараёнида ва пировардида РЭҚларни автоматик лойиҳалаштиришда харажатни камайтириш имконини берувчи қурилмалар ишончлилиги ва сифатини таъминлашнинг автоматлаштирилган системаларида қўллаш мумкин.

Қўлланиш соҳаси: олинган натижалар нафақат РЭҚларни лойиҳалаштиришда, балки иссиқлик ва механик жараёнларни тадқиқ қилувчи анизотроп қурилмаларни қуриш, кемасозлик, машинасозлик ва техниканинг бошқа соҳаларида қўлланилиши мумкин.

RESUME

Thesis of **Sanakul Khujamovich Abjalilov** on the scientific degree competition of the doctor of sciences in physics-mathematical specialty 05.13.18 – Theoretical bases of mathematical modeling subject: “Mathematical modeling heat and mechanical processes in radio electronic hardware design equipments”.

Key words: mathematical modeling, recurrence-operators method, recurrence equations, anisotropy, dissipation, heat conductivity, matrix presentations of the systems of the differential equations, indicative equations, modified equations of heat conductivity, generalized equation to Lame, problem Cauchy.

Subjects of the inquiry: the study heat and mechanical processes in electronic charge with provision for anisotropies mechanical and heat features of the electronic charges.

Aim of the inquiry: the development algorithm decisions initial-marginal problems to anisotropic theories to bounce and the numerical realization of the marginal problems with reference to calculation element radio electronics equipments (REE).

Method of inquiry: it is used new recurrence-operators method of the decision of the linear differential equations and their systems with provision for anisotropies, dissipation and heat conductivity.

The results achieved and their novelty: Constructed the new decisions of the modified equations of heat conductivity will built in two variants, equations unbound theories heat elasticity, equations to Lame, complemented member, taking into account viscosity and dissipation energy, as well as is for the first time solved problems of the fluctuation pivotal and flat design REE in new wave production.

Practical value: the got results of the analytical decision of the boundary problems allows on the one hand to value accuracy of the numerical methods of the decision of these problems, but will on the other hand get the more reliable results, for their account when designing REE.

Degree of embed and economic effectivity: the results of the work are introduced in the training processes and can be enclosed in automated system of the provision to stability and quality of the equipment that allows in total to reduce the expenses under automatic designing REE.

Sphere of usage: the got results can be using not only when designing REE, but also in the other branch of the technology, where is researched heat and mechanical processes in anisotropic building design, in shipbuilding, machine building and others.