

СТЕРЖЕНЬ УЧУН БОҒЛИҚ ТЕРМОЭЛАСТИК ДИНАМИК МАСАЛАНИНГ МАТЕМАТИК МОДЕЛИ ВА СОНЛИ ЕЧИМИ

Нуркулов Жалолиддин Алишер ўғли

Гулистон давлат университети талабаси

АННОТАЦИЯ

Мақолада 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 ошкормас типдаги чекли айирмали схемалар қурилган ва улар икки хил усулда сонли ечилган ва натижаларнинг устма-уст тушишлиги кўрсатилган.

Калит сўзлар: Композицион, конструкция, термоэластик, иссиқлик ўтказувчанлик, деформация, математик модел, динамик, тензор, квадрат пластина.

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена связанная динамическая задача термоупругости для изотропного материала. Рассматриваемая краевая задача состоит из уравнения движения и теплопроводности относящиеся соответственно гиперболическому и параболическому типу, где неизвестными являются перемещение и температура. Составлены явные и неявные разностные схемы и решены численно двумя способами и показано совпадение полученных результатов.

Ключевые слова: Композицион, конструкция, термоупругость, теплопроводность, деформация, математическая модель, динамика, тензор, квадратная пластина.

ABSTRACT

In article the coupled dynamic thermoelastic problem are considered. The considered boundary problem consists of the movement and heat equations correspondingly of hyperbolic and parabolic types, where unknown are displacement and temperature. The explicit and implicit schemes are constructed and are solved numerically by two methods and the coincidence of the received results is shown.

Keywords: Composition, construction, thermoelastic, thermal conductivity, deformation, mathematical model, dynamic, tensor, square plate.

КИРИШ

Конструкциялар ва улар элементларини термоэластик ҳолатларини тадқиқ қилиш деформацияланувчи қаттиқ жисм механикасининг долзарб муаммоларидандир. 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 номалум сифатида киради.

Умумий ҳолда деформацияланувчи қаттиқ жисм механикасининг термомеханик чегаравий масаласи-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 [4].

ТАДҚИҚОТ МАТЕРИАЛЛАРИ ВА МЕТОДОЛОГИЯСИ

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.

Термоэластикликнинг боғлиқ динамик чегаравий масаласини қараб чиқамиз: у ҳаракат тенгламаси

$$\sigma_{ij,j} + X_i = \rho \ddot{u}_i \quad (1)$$

Дюгамель-Нейман муносабати [6]

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

ва умумий ҳолда иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси [4]

$$\lambda_{ij} T_{,ij} - c_\varepsilon \dot{T} - T \cdot \beta_{ij} \cdot \dot{\varepsilon}_{ij} = 0 \quad (3)$$

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

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}) \quad (4)$$

қуйидаги бошланғич

$$u_i|_{t=t_0} = \varphi_i, \quad \dot{u}_i|_{t=t_0} = \psi_i, \quad T|_{t=t_0} = T_0 \quad (5)$$

ва чегаравий шартлардан иборат.

$$u_i|_{\Sigma_1} = u_i^0, \quad T|_{\Sigma_1} = \bar{T}_0, \quad \sigma_{ij} n_j|_{\Sigma_2} = S_i^0 \quad (6)$$

(1)-(6) масала бир ўлчовли ҳолда қуйидаги кўринишни олади

$$(\lambda + 2\mu) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \alpha_T \gamma \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \quad \gamma = 3\lambda + 2\mu \quad (7)$$

$$\lambda_0 \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - c_\varepsilon \frac{\partial T}{\partial t} - T \cdot \beta \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t} = 0 \quad (8)$$

мос равишда бошланғич

$$u(x, t)|_{t=0} = \varphi, \quad \frac{\partial u}{\partial t}|_{t=0} = \psi, \quad T(x, t)|_{t=0} = T_0 \quad (9)$$

ва чегаравий шартлар

$$u(x, t)|_{x=0} = u_0; \quad u(x, t)|_{x=\ell} = \bar{u}_0; \quad (10)$$

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

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

ТАДҚИҚОТ НАТИЖАЛАРИ

(7)-(10) масала учун чекли айирмали тенгламалар (2) да келтирилган.

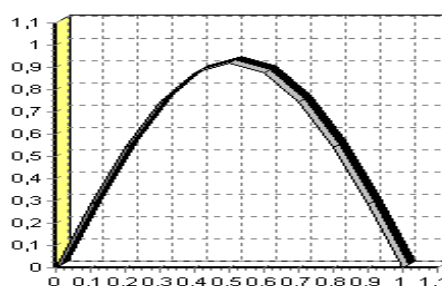
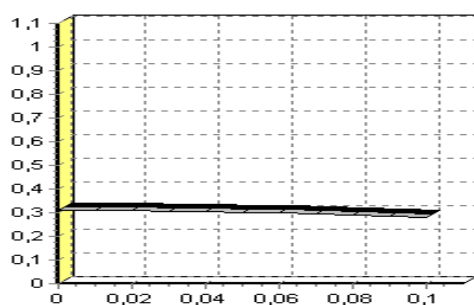
Бу масала, тўрлар усули ва ҳайдаш усуллари билан қуйида келтирилган бошланғич ва чегаравий шартларда сонли ечилган:

$$u(x, t)|_{t=0} = \sin\left(\frac{\pi x}{\ell}\right), \quad \frac{\partial u}{\partial t}|_{t=0} = 0, \quad T(x, t)|_{t=0} = T_0, \quad u(x, t)|_{x=0} = 0, \quad (11)$$

$$u(x, t)|_{x=1} = 0, \quad T(x, t)|_{x=0} = T_0, \quad T(x, t)|_{x=1} = T_0 + a * (\sqrt{1+t(j)})$$

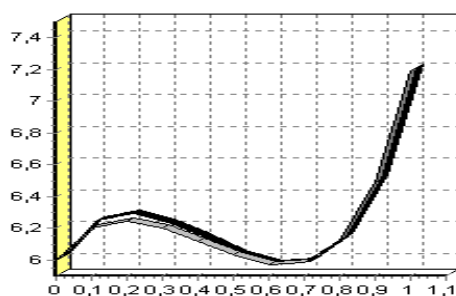
қуйидаги константаларда $\lambda = 1, \lambda_0 = 1, \alpha = 0.05, \beta = 2, \mu = 0.5, \rho = 1, Ce = 3.5, T_0 = 6, h = 0.1, \tau = 0.01, a = 1, \ell = 1$.

■ Тўрлар усули
■ Хайдаш усули

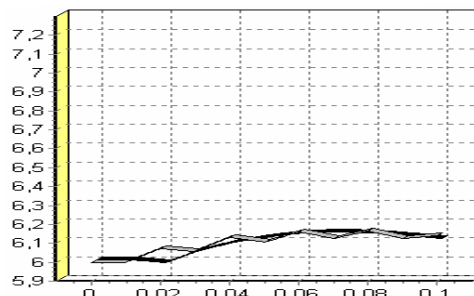


Кўчишларни $x=0.9$ бўлганда вақт бўйича тарқалиши ($u(x, t)$ $t(j)$ бўйича)

Кўчишларни $t = 0.09$ бўлганда ОХ ўқи бўйича тарқалиши ($u(x,t)$ $x(i)$ бўйича)



Температуранинг $t = 0.09$ бўлганда ОХ ўқи бўйича тарқалиши ($T(x,t)$ $x(i)$ бўйича)



Температуранинг $x = 0.8$ бўлганда вақт бўйича тарқалиши ($T(x,t)$ $t(j)$ бўйича)

Расмларда $u(x,t)$ ва $T(x,t)$ функцияларнинг X координата ва t вақт бўйича ўзгариши кўрсатилган. Расмларда кўриниб турибдики, тўрлар усули ва ҳайдаш усули билан олинган натижалар етарлича яқиндир.

ХУЛОСА

Хулоса қилиб айтганда амалиётда учрайдиган кўплаб масалаларни математик моделлари боғлиқ термоэластик динамик ёки термопластик боғлиқ ва боғлиқ бўлмаган масалаларни ўрганишга келтирилади. Келгуси мақолаларимизда боғлиқ масалаларга қўшимча ташқи таъсирлар орқали унинг ҳолатини ўзгаришини, уларни сонли ечиш усуллариини ўрганиш ва бу масалаларнинг дастурий таъминотини яратиш билан давом эттираимиз.

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ (REFERENCES)

- Победря Б.Е. Численные методы в теории упругости и пластичности.-М.: МГУ, 1996. – 343 с.
- Халджигитов А.А., Каландаров А.А., Абдураимов Д.Э. Численное решение динамической краевой задачи теории упругости для ортотропных тел // Инновацион ва замонавий ахборот технологияларини таълим, фан ва бошқарув

соҳаларида қўллаш истиқболлари халқаро конференцияси материаллари 2020 йил 14-15 май, 548-551 бетлар.

9. Абдураимов, Достонбек Эгамназар Ўғли, Малика Норкуловна Норматова, and Рената Фидановна Монасипова. "ЛИБМАН ТИПИДАГИ ИТЕРАЦИН УСУЛНИ ЭЛАСТИКЛИК НАЗАРИЯСИ МАСАЛАСИГА ҚЎЛЛАШНИНГ МАТЕМАТИК МОДЕЛИ." *Science and Education* 2.1 (2021): 15-20.

10. Абдураимов Д. Э. Ў., Адилов А. Н., Турдиев А. П. Ў. АНИЗОТРОП ВА ИЗОТРОП ЖИСМЛАР УЧУН ТЕРМОЭЛАСТИК БОҒЛИҚ МАСАЛАНИНГ ИККИ ЎЛЧОВЛИ ҲОЛАТДАГИ МАТЕМАТИК МОДЕЛИ //Scientific progress. – 2021. – Т. 1. – №. 5. – С. 449-453.

11. Нуркулов Ж. А. Ў. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО ПРОТОКОЛАМ В КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ //Science and innovation. – 2022. – Т. 1. – №. А3. – С. 158-163.

12. Культин Н.Б. С++Builder в задачах и примерах.-СПб.: БХВ-Петербург, 2005.-336 с.