

ISSN: 2181-404X

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛ ТАДҚИҚОТЛАР

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ \* EXPERIMENTAL STUDIES

**1-СОН**  
ЯНВАРЬ, 2023



ISSN: 2181-404X  
DOI Journal 10.56017/2181-404X

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛ ТАДҚИҚОТЛАР ЖУРНАЛИ

1-ЖИЛД, 1-СОН

ЖУРНАЛ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ТОМ-1, НОМЕР-1

JOURNAL OF EXPERIMENTAL STUDIES  
VOLUME-1, ISSUE-1

ТОШКЕНТ – 2023

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛ ТАДҚИҚОТЛАР ЖУРНАЛИ

ЖУРНАЛ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ | JOURNAL OF EXPERIMENTAL STUDIES

№ 1 (2023) DOI <http://dx.doi.org/10.56017/2181-404X-2023-1>

## Бош муҳаррир:

Касимов И. – тиббиёт фанлари доктори, профессор

## Масъул муҳаррир:

Расулов Х. – физика-математика фанлари номзоди, доцент

## Таҳририят аъзолари:

Мадумаров Т. – биология фанлари доктори, профессор  
Хасанов Ф. – биология фанлари доктори, профессор  
Исмаилов Қ. – физика-математика фанлари доктори, профессор  
Раимова Г. – физика-математика фанлари доктори, профессор  
Мирзакаримов А. – физика-математика фанлари номзоди, доцент  
Рахимов Т. – кимё фанлари доктори, профессор  
Боймирзаев А. – кимё фанлар доктори, доцент  
Ходжанов И. – тиббиёт фанлари доктори, профессор  
Зуфаров М. – тиббиёт фанлари доктори, профессор  
Жалолова Д. – тиббиёт фанлари номзоди, доцент  
Нурходжаев А. – геология-минералогия фанлари доктори  
Ахунджанов Р. – геология-минералогия фанлари доктори  
Акрамова Н. – геология-минералогия фанлари номзоди  
Хайдаров В. – фармацевтика фанлари номзоди, профессор  
Урманова Ф. – фармацевтика фанлари доктори, профессор  
Нуридуллаева К. – фармацевтика фанлари бўйича фалсафа доктори

“Экспериментал тадқиқотлар” илмий-амалий журнали 2022 йил 22 декабрь куни **№ 054835**-сонли гувоҳнома билан оммавий ахборот воситаси сифатида давлат рўйхатидан ўтказилган.

Мазкур журнал **6 та** халқаро маълумотлар базаларида индексланган бўлиб, жорий йил учун **UIF 2023 = 7.4 “импакт-фактор”** кўрсаткичига эга.

Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясининг 2023 йил 24 июлдаги 01-02/1199-сонли хатига мувофиқ ушбу журналда чоп этилган мақолалар **хорижий мақолалар сифатида тан олинади.**

Саҳифаловчи\Page Maker\Верстка: Абдураҳмон Хасанов

Таҳририят манзили: Тошкент шаҳар, Учтепа тумани, “Ватан” МФЙ, Чилонзор 24-мавзеси, 2/27-уй. Почта индекси 100152. Веб-сайт: [www.imfaktor.uz/com](http://www.imfaktor.uz/com)

Телефон номер: +99894-410 11 55, E-mail: [tahririyat@imfaktor.uz](mailto:tahririyat@imfaktor.uz)

© “IMFAKTOR Pages” илмий нашриёти, 2023 йил.

© Муаллифлар жамоаси, 2023 йил.

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛ ТАДҚИҚОТЛАР ЖУРНАЛИ

ЖУРНАЛ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ | JOURNAL OF EXPERIMENTAL STUDIES

*Физика-математика фанлари*

**АБДУРАИМОВ Достонбек Эгамназар ўғли**

*Гулистон давлат уриверситети,*

*катта ўқитувчи*

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7557003>

## ТЕРМОЭЛАСТИК ДИНАМИК БОҒЛИҚ МАСАЛАНИНГ СТЕРЖЕНЬ УЧУН МАТЕМАТИК МОДЕЛИ ВА СОНЛИ ЕЧИМИ

### АННОТАЦИЯ

Ҳозирги даврда компьютер технологияларининг жадал суратлар билан ривожланиши, жуда кўп ишларни юқори самарадорликда бажаришга 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, харбий авиация, харбий қуrollаниш, самолётсозлик, машинасозлик, автомобилсозлик, қурилиш ва турли соҳаларда кенг фойдаланилмоқда. Келтирилган ушбу мақолада термоэластик динамик боғлиқ масаланинг стержень учун математик модели ва сонли ечими топиш масалалари кўриб чиқилган. Ушбу модел асосида тузилган алгоритм ва унинг дастурий таъминоти асосида олинган натижаси ва унинг визуал кўриниши келтирилиб ўтилган. Бундан ташқари мақолада қаралаётган масала учун ошқор ва ошқормас типдаги чекли айирмалли 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 современную эпоху бурное развитие компьютерных технологий позволяет выполнять большой объем работ с высокой эффективностью. Создание материалов сложной конфигурации с заданными свойствами и использование их в различных областях производства является одной из актуальных научно-технических задач. В настоящее время материалы сложной конфигурации находят широкое применение в различных областях, таких как аэрокосмическая промышленность, атомная энергетика, военная авиация, военное вооружение, авиастроение, машиностроение, автомобилестроение, строительство и различных областях. В данной статье рассмотрены вопросы нахождения математической модели и численного решения связанной с термоупругой динамикой задачи для кормы, представлен результат, полученный в связи с алгоритмом и его программным обеспечением на основе этой модели, и ее внешний вид. Кроме того, для рассматриваемой в статье задачи были построены разностные схемы прозрачного и нераскрывающего типов и численно решены они двумя разными способами, показано перекрытие результатов.

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

**ANNOTATION**

In the modern era, the rapid development of computer technology allows you to perform a large amount of work with high efficiency. The creation of materials of complex configuration with desired properties and their use in various areas of production is one of the urgent scientific and technical problems. At present, complex configuration materials are widely used in various fields, such as aerospace industry, nuclear energy, military aviation, military weapons, aircraft industry, mechanical engineering, automotive industry, construction and various fields. This article discusses the issues of finding a mathematical model and a numerical solution of the problem for the stern associated with thermoelastic dynamics, presents the result obtained in connection with the algorithm and its software based on this model, and its appearance. In addition, for the problem considered in the article, difference schemes of transparent and non-disclosing types were constructed and they were numerically solved in two different ways, the overlap of results is shown.

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

Бугунги замонавий ривожланаётган даврда компьютер технологияларининг жадал суратлар билан ривожланиши, янгидан-янги амалий масалаларни сонли ечишга имкон беради. Олдиндан 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. Келтирилган ушбу 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 ошқормас типдаги чекли айирмали схемалар қурилган ва улар икки хил усулда сонли ечилган ва натижаларнинг устма-уст тушишлиги кўрсатилган.

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 номаълум 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].

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

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

Дюгамель-Нейман муносабати [6]

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

ва умумий холда иссиқлик ўтказувчанлик тенгламаси [4]

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

бу ерда  $c_\varepsilon$  -доимий температурада иссиқлик сиғими,  $\beta_{ij}$  -иссиқлик кенгайиши тензори,  $\lambda_{ij}$  -иссиқлик қуёми тензори ва Коши муносабати

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

қуйидаги бошланғич

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

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 холда қуйидаги кўринишни олади

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

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

(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

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

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

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

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

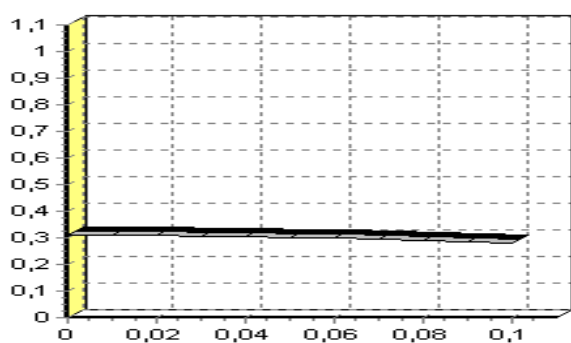
Бу масала, тўрлар усули ва ҳайдаш усуллари билан қуйида келтирилган бошланғич ва чегаравий шартларда сонли ечилган:

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

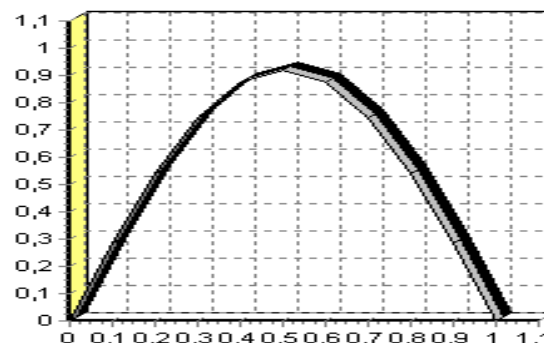
$$u(x,t)|_{x=1} = 0, T(x,t)|_{x=0} = T_0, T(x,t)|_{x=1} = T_0 + a * (\sqrt{1+t(j)})$$

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

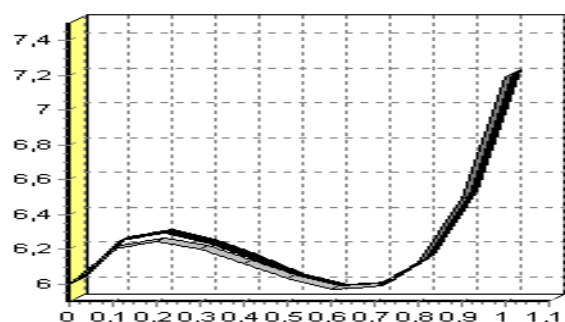
■ Тўрлар усули  
 ■ Хайдаш усули



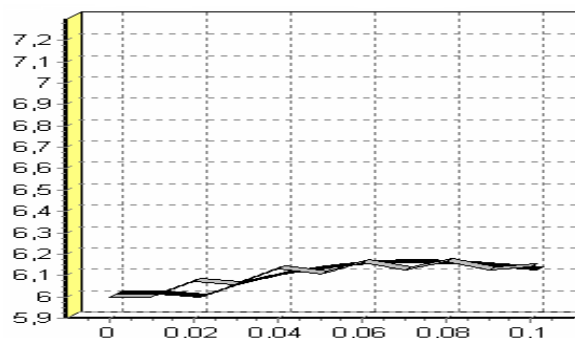
Кўчишларни  $x = 0.9$  бўлганда вақт бўйича тарқалиши ( $u(x,t) t(j)$  бўйича)



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)

**1-Расм.** Масалани тўрлар усули ва ҳайдаш усуллари билан бошланғич ва чегаравий шартларда сонли ечими ва визуал кўриниши.

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

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

## ИҚТИБОСЛАР

1. Победря Б.Е. Численные методы в теории упругости и пластичности. -М.: МГУ, 1996. – 343 с.
2. 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.
3. Qalandarov A. A., Khaldjigitov A. A. Mathematical and numerical modeling of the coupled dynamic thermoelastic problems for isotropic bodies // TWMS Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2020. – Т. 11. – №. 1. – С. 119-126.
4. Культин Н.Б. С++ Builder в задачах и примерах.-СПб.: БХВ-Петербург, 2005.-336 с.
5. Абдураимов Д. Э. Ў., Норматова М. Н., Монасипова Р. Ф. Либман типидаги итерацин усулни эластиклик назарияси масаласига қўллашнинг математик модели // Science and Education. – 2021. – Т. 2. – №. 1. – С. 15-20.
6. Абдураимов Д. Э. Ў., Адиллов 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.
7. Абдураимов Д., Нурқулов Ж. Икки ўлчовли термоэластик боғлиқ масалани математик модели ва унинг дастурий таъминоти // Science and innovation. – 2022. – Т. 1. – №. А4. – С. 90-96.
8. Abduraimov D. Transversal isotropic body for two-dimensional thermoelastics related to the example of the mathematical model and its instructions // Central Asian Journal Of Education And Computer Sciences (CAJECS). – 2022. – Т. 1. – №. 6. – С. 6-11.

ISSN: 2181-404X  
DOI Journal 10.56017/2181-404X

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛ ТАДҚИҚОТЛАР ЖУРНАЛИ

1-ЖИЛД, 1-СОН

ЖУРНАЛ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ТОМ-1, НОМЕР-1

JOURNAL OF EXPERIMENTAL STUDIES  
VOLUME-1, ISSUE-1

«Экспериментал тадқиқотлар» электрон журнали 2022 йил 22 декабрь куни № 054835-сонли гувоҳнома билан оммавий ахборот воситаси сифатида давлат рўйхатидан ўтказилган.

Муассис: «IMFAKTOR Pages» масъулияти чекланган жамияти.

Таҳририят манзили: 100152, Тошкент шаҳри, Учтепа тумани, “Ватан” МФЙ, Чилонзор 24-мавзеси, 2-уй.

Телефон номер: +99894-410 11 55

Эл. почта: [tahririyat@imfaktor.uz](mailto:tahririyat@imfaktor.uz)

Веб-сайт: [www.imfaktor.uz](http://www.imfaktor.uz)