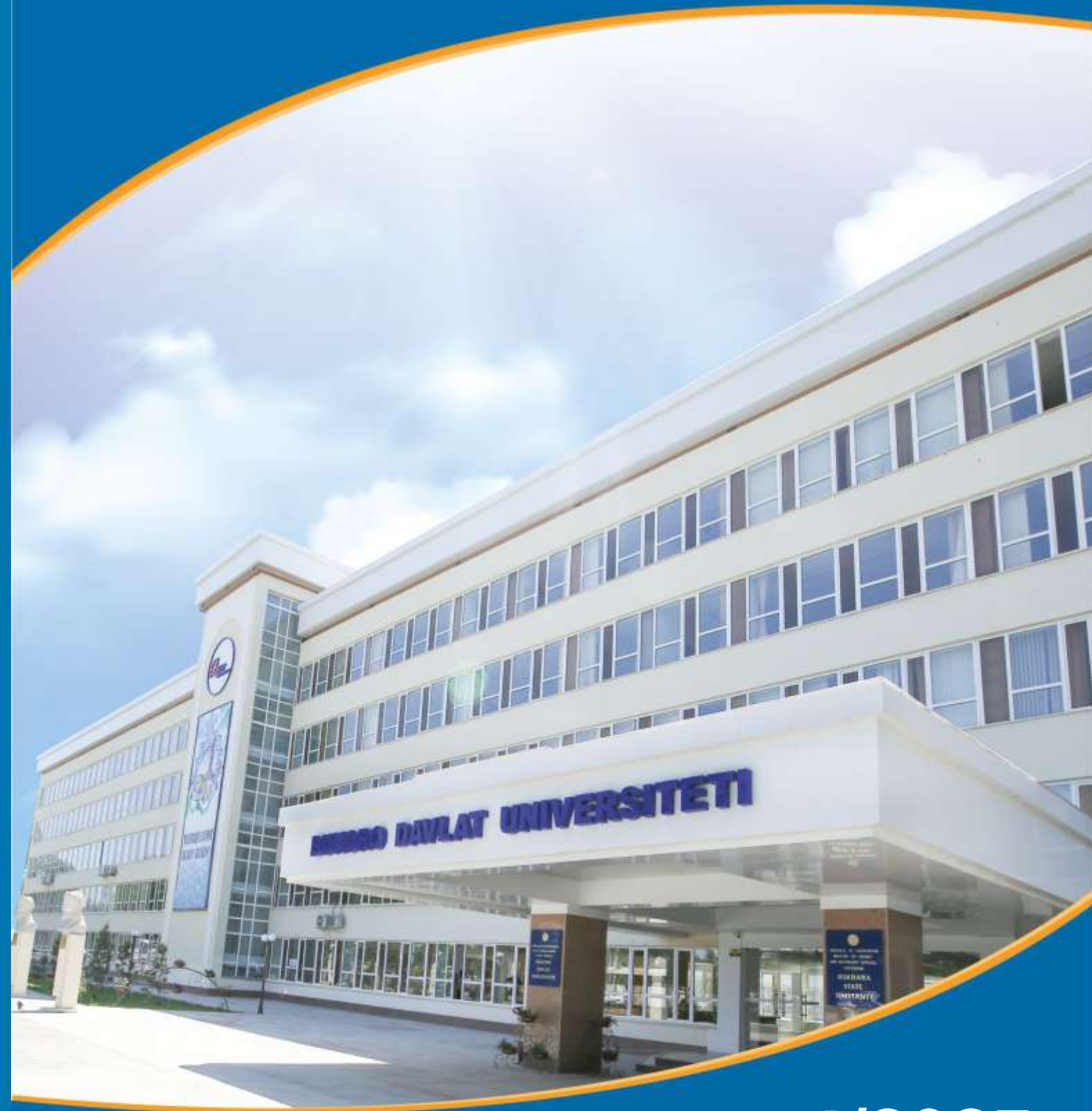


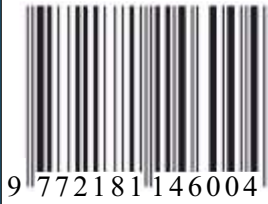
BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI ILMIY AXBOROTI



Научный вестник Бухарского государственного университета
Scientific reports of Bukhara State University

4/2025

E-ISSN 2181-1466



9 772181 146004

ISSN 2181-6875



9 772181 687004



@buxdu_uz



@buxdu1



@buxdu1



www.buxdu.uz

4/2025

<https://buxdu.uz>

BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI ILMIY AXBOROTI
SCIENTIFIC REPORTS OF BUKHARA STATE UNIVERSITY
НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК БУХАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Ilmiy-nazariy jurnal

2025, № 4, aprel

Jurnal 2003-yildan boshlab **filologiya** fanlari bo'yicha, 2015-yildan boshlab **fizika-matematika** fanlari bo'yicha, 2018-yildan boshlab **siyosiy** fanlar bo'yicha, **tarix** fanlari bo'yicha 2023-yil 29-avgustdan boshlab O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar Vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiya ishlari natijalari yuzasidan ilmiy maqolalar chop etilishi lozim bo'lgan zaruriy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Jurnal 2000-yilda tashkil etilgan.

Jurnal 1 yilda 12 marta chiqadi.

Jurnal O'zbekiston matbuot va axborot agentligi Buxoro viloyat matbuot va axborot boshqarmasi tomonidan 2020-yil 24-avgust № 1103-sonli guvohnoma bilan ro'yxatga olingan.

Muassis: Buxoro davlat universiteti

Tahririyat manzili: 200117, O'zbekiston Respublikasi, Buxoro shahri Muhammad Iqbol ko'chasi, 11-uy.

Elektron manzil: nashriyot_buxdu@buxdu.uz

TAHRIR HAY'ATI:

Bosh muharrir: Xamidov Obidjon Xafizovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bosh muharrir o'rinbosari: Samiyev Kamoliddin A'zamovich, texnika fanlari doktori (DSc), dotsent

Mas'ul kotib: Shirinova Mexrigiyo Shokirovna, filologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Kuzmichev Nikolay Dmitriyevich, fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor (N.P. Ogaryov nomidagi Mordova milliy tadqiqot davlat universiteti, Rossiya)

Danova M., filologiya fanlari doktori, professor (Bolgariya)

Margianti S.E., iqtisodiyot fanlari doktori, professor (Indoneziya)

Minin V.V., kimyo fanlari doktori (Rossiya)

Tashqarayev R.A., texnika fanlari doktori (Qozog'iston)

Mo'minov M.E., fizika-matematika fanlari nomzodi (Malayziya)

Mengliyev Baxtiyor Rajabovich, filologiya fanlari doktori, professor

Adizov Baxtiyor Rahmonovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Rasulov To'liqin Husenovich, fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor

Abuzalova Mexriniso Kadirovna, filologiya fanlari doktori, professor

Amonov Muxtor Raxmatovich, texnika fanlari doktori, professor

Barotov Sharif Ramazonovich, psixologiya fanlari doktori, professor, xalqaro psixologiya fanlari akademiyasining haqiqiy a'zosi (akademigi)

Baqoyeva Muhabbat Qayumovna, filologiya fanlari doktori, professor

Bo'riyev Sulaymon Bo'riyevich, biologiya fanlari doktori, professor

Jumayev Rustam G'aniyevich, siyosiy fanlar nomzodi, dotsent

Djurayev Davron Raxmonovich, fizika-matematika fanlari doktori, professor

Durdiyev Durdimurod Qalandarovich, fizika-matematika fanlari doktori, professor

Olimov Shirinboy Sharofovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Qahhorov Siddiq Qahhorovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Umarov Baqo Bafoyevich, kimyo fanlari doktori, professor

Murodov G'ayrat Nekovich, filologiya fanlari doktori, professor

O'rayeva Darmonoy Saidjonovna, filologiya fanlari doktori, professor

Navro'z-zoda Baxtiyor Nigmatovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Hayitov Shodmon Ahmadovich, tarix fanlari doktori, professor

To'rayev Halim Hojiyevich, tarix fanlari doktori, professor

Rasulov Baxtiyor Mamajonovich, tarix fanlari doktori, professor

Eshtayev Alisher Abdug'aniyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Quvvatova Dilrabo Habibovna, filologiya fanlari doktori, professor

Axmedova Shoiri Nematovna, filologiya fanlari doktori, professor

Bekova Nazora Jo'rayevna, filologiya fanlari doktori (DSc), professor

Amonova Zilola Qodirovna, filologiya fanlari doktori (DSc), dotsent

Hamroyeva Shahlo Mirjonovna, filologiya fanlari doktori (DSc), dotsent

Nigmatova Lola Xamidovna, filologiya fanlari doktori (DSc), dotsent

Boboyev Feruz Sayfullayevich, tarix fanlari doktori

Jo'rayev Narzulla Qosimovich, siyosiy fanlar doktori, professor

Xolliyev Askar Ergashovich, biologiya fanlari doktori, professor

Artikova Hafiza To'ymurodovna, biologiya fanlari doktori, professor

Norboyeva Umida Toshtemirovna, biologiya fanlari doktori, professor

Hayitov Shavkat Ahmadovich, filologiya fanlari doktori, professor

Qurbonova Gulnoz Negmatovna, pedagogika fanlari doktori (DSc), professor

Ixtiyarova Gulnora Akmalovna, kimyo fanlari doktori, professor

Rasulov Zubaydullo Izomovich, filologiya fanlari doktori (DSc), dotsent

Mirzayev Shavkat Mustaqimovich, texnika fanlari doktori, professor

Esanov Husniddin Qurbonovich, biologiya fanlari doktori, dotsent

Raupov Soyib Saidovich, tarix fanlari nomzodi, professor

Zaripov Gulmurot Toxirovich, texnika fanlari nomzodi, professor

Jumayev Jura, fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent

Ochilov Alisher To'lis o'g'li, tarix fanlari doktori, dotsent

Klichev Qybek Abdurasulovich, tarix fanlari doktori, dotsent

G'aybulayeva Nafisa Izattullayevna, filologiya fanlari doktori (DSc), professor

MUNDARIJA *** СОДЕРЖАНИЕ *** CONTENTS		
МАТЕМАТИКА *** MATHEMATICS *** МАТЕМАТИКА		
Jumayev J., Qobilova D.O.	Bir o'lvovli holda chegarada radiatsiya orqali issiqlik uzatish masalasini yechish	4
Yusupov I.M.	Sekinroq harakatlanadigan ko'p quvvlovchilar va o'zaro mahkamlangan ko'p qochuvchilarning differensial o'yini	10
Хусенова Ж.Т.	Число и местоположение собственных значений модели Фридрихса с трёхмерным возмущением: одномерный случай	17
Эшонкулов Ж.С., Шоимов Б.С., Мукумов А.Х.	Класс субъективных квадратичных операторов в маломерном симплексе	23
Тешаев М.Х., Жалолов Ф.Б., Нарзуллоев М.А.	Осилган массали С.П. Тимошенко гипотезасига бўйсинувчи тўртбурчакли ортотроп қовушоқ-эластик пластинка тебранишларининг тенгламалари	30
Давлатов Ш.О.	Бошланғич ва чегаравий шартларни дастурга киритиш алгоритми	36
Khayriev U.N., Yusufova G.Sh.	Calculation of coefficients of optimal quadrature formula based on the φ -function method	41
Khasanov I.I., Subkhonova Z.A., Tursunov U.A.	Initial boundary value problem for the wave equation of fractional order	48
Zikirov B.Z., Safarov R.Ch., Turg'unov I.M.	Yarim chegaralangan tor tebranish tenglamasiga qo'yilgan boshlang'ich va Neyman masalasi davom ettirish usuli	53
Насирова Д.А.	Задача с условием Франкля для вырождающегося нагруженного уравнения смешанного типа второго рода	58
Xalxo'jayev A.M., Mahmudov H.Sh.	Ikki zarrachali diskret Shryodinger operatori xos qiymatlari uchun asimptotika	68
Ibragimov S.L., Toshqulova D.A., Boboxonova M.B.	Yarim chegaralangan tor tebranish tenglamasi uchun birinchi chegaraviy masala davom ettirish usuli	76
Abdullayev S.A.	Chiziqli tenglamalar sistemasi orqali ba'zi bir iqtisodiy masalalarni yechish	80

BIR O‘LCHOVLI HOLDA CHEGARADA RADIATSIYA ORQALI ISSIQLIK UZATISH MASALASINI YECHISH

Jumayev Jura,

Buxoro davlat universiteti dotsenti

j.jumayev@buxdu.uz

Qobilova Dildora Odilboyevna,

Buxoro davlat universiteti magistranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada bir o‘lchovli holda issiqlik tarqalishida plastina chegaralarida konveksiya va nurlanishning temperatura o‘zgarishiga ta’siri o‘rganilgan. Issiqlik uzatilishi Stefan-Boltsman nazariyasi asosida deb qaralgan. Buning uchun issiqlik tarqalish masalasi va unga qo‘yilgan III tur chegaraviy shartlar chekli ayirmalar ko‘rinishida yozilib, chegaraviy shartlardagi chiziqli tenglamalarda chegara qiymatini topish ifodalari keltirib chiqarilgan. Olingan natijalar grafiklar ko‘rinishida keltirilib, tegishli xulosalar chiqarilgan.

Kalit so‘zlar: modellash, issiqlik oqimi, issiqlik tarqalish tenglamasi, radiatsiya, chegaraviy shartlar, chekli ayirmalar, haydash usuli, nostasionar masala, matematik model, xususiyl hosilali differensial tenglama.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАДИАЦИОННОГО ТЕПЛОПЕРЕНОСА НА ГРАНИЦЕ В ОДНОМЕРНОМ СЛУЧАЕ

Аннотация. В данной статье исследовано влияние конвекции и излучения на изменение температуры на границах пластины при одномерном распределении тепла. Теплообмен рассматривается на основе теории Стефана-Больцмана. Для этого задача о распределении тепла и наложенные на неё граничные условия III рода записываются в виде конечных разностей и выводятся выражения для нахождения граничного значения в нелинейных уравнениях граничных условий. Полученные результаты представлены в виде графиков и сделаны соответствующие выводы.

Ключевые слова: моделирование, тепловой поток, уравнение теплопроводности, коэффициент теплоотдачи, радиация, граничные условия, конечные разности, метод прогонки, нестационарная задача, математическая модель, дифференциальное уравнение в частных производных.

SOLUTION OF THE PROBLEM OF RADIATIVE HEAT TRANSFER AT THE BOUNDARY IN THE ONE-DIMENSIONAL CASE

Abstract. This article investigates the influence of convection and radiation on the temperature change at the boundaries of the plate with a one-dimensional heat distribution. Heat transfer is considered based on the Stefan-Boltzmann theory. To do this, the problem of heat distribution and the boundary conditions of the third kind imposed on it are written in the form of finite differences and expressions are derived for finding the boundary value in the nonlinear equations of the boundary conditions. The results obtained are presented in the form of graphs and corresponding conclusions are drawn.

Keywords: modeling, heat flow, heat equation, heat transfer coefficient, radiation, boundary conditions, finite differences, sweep method, unsteady problem, mathematical model, partial differential equation.

Kirish. Texnikaning turli sohalarida issiqlik ajralib chiqishi bilan bog‘liq jarayonlar uchraydi. Agar issiqlik tashuvchi chegarasi, issiqlik ajralib chiqqan sohalarini qattiq jism sifatida tasavvur qilsak, qizigan qattiq jism o‘zidan nur ham ajratib chiqaradi. Ana shunday issiqlik ajralib chiquvchi ish joylarida ishlovchilarni issiqlik nurlaridan himoya qilish kerak bo‘ladi [1-2]. Shuning bilan birga, issiqlik nuri bilan ishlov berish qishloq xo‘jalik mahsulotlarining mahsuldorligiga ham ta’sir qilar ekan [4]. Shuning uchun bunday jarayonlarni nazariy jihatdan o‘rganish ham nazariy, amaliy ahamiyat kasb etadi.

Bunday jarayonlarni o'rganishga bag'ishlangan bir necha ishlar mavjud. Ayrim adabiyotlar [3]da tadqiqot maydonining konstruksiyasidagi o'zgarishlar tufayli tashqi radiatsion issiqlik uzatishning kuchayishi, shuningdek, gaz-g'isht-metall tizimi uchun pasaytirilgan emissiyaning issiqlik almashinuvida ishtirok etuvchi metall yuzasiga nisbati bilan bog'liqligi ko'rib chiqilgan. Isitish maydoni yuzasining metall yuzasiga nisbati ortib borishi bilan pasaytirilgan emissiyaning o'zgarishi hisoblab chiqilgan. Mis plitalarini isitish uchun yuradigan o'choqli haqiqiy pechning misolidan foydalanib, silliq tomni arra tishli tomga almashtirish ko'rib chilgan.

Ushbu adabiyot [4]da bodring urug'ini ekishdan oldin yuqori chastotali oqimlar bilan ishlov berish unib chiqish energiyasiga va unib chiqishiga ijobiy ta'sir ko'rsatishi aniqlangan. Yuqori chastotali elektromagnit maydonning sezilarli ta'siri nihol energiyasi quyidagi rejimlarda qayd etilgan: 0,5A - 40 s; 0,5A - 30 s; 0,4A - 40 s. Ta'sir rejimining davomiyligini 30 s gacha qisqartirish va 0,6 A da 40 s gacha oshirish unib chiqish energiyasiga salbiy ta'sir qilishi aniqlangan.

Shu kabi ayrim masalalarda chegaraviy shartlar chiziqsiz holga kelib qoladi. Ushbu tadqiqotda chiziqsiz chegaraaviy chartli bir o'lchovli cheksiz plastinkada issiqlik uzatishni ko'rib chiqiladi.

Plastina chegaralarida konveksiya va radiatsiya tufayli issiqlik uzatish modeli tadqiq qilinadi. Bunda radiatsiya orqali issiqlik uzatishni Stefan-Boltsman qonuni asosida deb hisoblanadi.

Metodika. Yuqoridagi keltirilgan farazlarga asoslangan fizik jarayon formulasini matematik jihatdan quyidagicha yozish mumkin[5]:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, \quad 0 < x < L; \quad (1)$$

$$t=0: T=T_0, \quad 0 \leq x \leq L;$$

$$x=0: -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = \kappa_1 (T^{s1} - T) + \varepsilon_1 \sigma ((T^{s1})^4 - T^4),$$

$$t > 0, \quad \kappa_1 > 0;$$

$$x=L: \lambda \frac{\partial T}{\partial x} = \kappa_2 (T^{s2} - T) + \varepsilon_2 \sigma ((T^{s2})^4 - T^4),$$

$$t > 0, \quad \kappa_2 > 0;$$

bu yerda $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – keltirilgan qoralik darajasi, $\sigma = 5.669 \cdot 10^{-8} \text{ Bt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ – Stefan-Boltsman o'zgarmas soni, κ_1, κ_2 – issiqlik uzatish koeffitsiyentlari.

Yuqorida shakllantirilgan chegaraviy masalada asosan chiziqsiz chegaraviy shartlar qiziqish tug'diradi.

Avval ushbu shakllantirilgan III tur chiziqsiz chegaraviy shartlarni $O(h)$ aniqlikda approksimatsiya qilamiz.

Bunda chegaradagi ikki nuqta ishtirok etgani uchun ularni

$$T_1 = \alpha_1 T_2 + \beta_1 \quad (3)$$

ko'rinishda yozib olamiz.

Shunday qilib, (2) dagi ikkinchi ifodadan olamiz:

$$\begin{aligned} -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} &= \kappa_1 (T^{s1} - T|_{x=0}) + \varepsilon_1 \sigma ((T^{s1})^4 - (T|_{x=0})^4); \\ -\lambda \frac{T_2 - T_1}{h} &= \kappa_2 (T^{s1} - T_1) + \varepsilon_1 \sigma ((T^{s1})^4 - (T_1)^4). \end{aligned}$$

Bu yerda $\frac{\kappa_1 \cdot h}{\lambda} = Bi_1$, belgilash kiritamiz. U holda

$$T_1 - T_2 = Bi_1 \cdot T^{s1} - Bi_1 \cdot T_1 + \frac{\varepsilon_1 \sigma h}{\lambda} (T^{s1})^4 - \frac{\varepsilon_1 \sigma h}{\lambda} (T_1)^4$$

$$T_1 = \frac{1}{1+Bi_1} \cdot T_2 + \frac{Bi_1}{1+Bi_1} \cdot T^{s1} + \frac{\varepsilon_1 \sigma h}{\lambda(1+Bi_1)} ((T^{s1})^4 - (T_1)^4)$$

$$\begin{cases} \alpha_1 = \frac{1}{1+Bi_1}; \\ \beta_1 = \frac{Bi_1}{1+Bi_1} \cdot T^{s1} + \frac{\varepsilon_1 \sigma h}{\lambda(1+Bi_1)} ((T^{s1})^4 - (T_1)^4) \end{cases}$$

yoki

$$\begin{cases} \alpha_1 = \frac{\lambda}{\lambda + h \cdot \kappa_1}; \\ \beta_1 = \frac{h \cdot \kappa_1}{\lambda + h \cdot \kappa_1} \cdot T^{s1} + \frac{\varepsilon_1 \sigma h}{\lambda + h \cdot \kappa_1} ((T^{s1})^4 - (T_1)^4) \end{cases} \quad (4)$$

Oxirgi ifodadan ko'ramizki, β_1 progonka koeffitsiyenti chap chegarada temperaturaga chiziqsiz bo'g'liq bo'lyapti. Bunday hollarda temperatura maydonini hisoblash uchun masalan, oddiy iteratsiya

usulidan foydalanish kerak bo'ladi. Bu yerda asosiy g'oya shundan iboratki, har bir vaqt qatlamida temperatura maydoni $|T_1^{s+1} - T_1^s| \leq \varepsilon$ shart bajarilmaguncha qayta-qayta hisoblanadi, bu yerda s – iteratsiya nomeri, ε – hisoblash aniqligi.

Xuddi shunday usul o'ng tomondagi chegaraviy shart T_N qiymatini aniqlash uchun foydalaniladi:

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=L} = \kappa_2 (T^{\varepsilon 2} - T|_{x=L}) + \varepsilon_2 \sigma ((T^{\varepsilon 2})^4 - (T|_{x=L})^4);$$

$$\lambda \frac{T_N - T_{N-1}}{h} = \kappa_2 (T^{\varepsilon 2} - T_N) + \varepsilon_2 \sigma ((T^{\varepsilon 2})^4 - (T_N)^4);$$

$T_{N-1} = \alpha_{N-1} T_N + \beta_{N-1}$ bo'lgani uchun quyidagini olamiz

$$T_N - \alpha_{N-1} \cdot T_N - \beta_{N-1} = \text{Bi}_2 (T^{\varepsilon 2} - T_N) + \frac{\varepsilon_2 \sigma h}{\lambda} ((T^{\varepsilon 2})^4 - (T_N)^4)$$

$$T_N = \frac{\beta_{N-1} + \text{Bi}_2 T^{\varepsilon 2} + \frac{\varepsilon_2 \sigma h}{\lambda} ((T^{\varepsilon 2})^4 - (T_N)^4)}{1 + \text{Bi}_2 - \alpha_{N-1}}$$

yoki

$$T_N = \frac{\lambda \cdot \beta_{N-1} + h \cdot \kappa_2 T^{\varepsilon 2} + \varepsilon_2 \sigma h ((T^{\varepsilon 2})^4 - (T_N)^4)}{h \cdot \kappa_2 + \lambda \cdot (1 - \alpha_{N-1})} \quad (5)$$

Bundan ko'rinadiki, bu yerda o'ng chegarada temperaturani topish uchun chiziqli tenglamaga ega bo'linyapti. Ushbu tenglamani ham eng oddiy usulda – oddiy iteratsiya usulida yechish mumkin.

Endi chiziqli yozilgan chegaraviy shartlarni $O(h^2)$ aniqlikda approksimatsiya qilamiz. Deylik, chegarada issiqlik tarqalish tenglamasi bajariladi. $T(x)$ funksiyani $x = 0$ nuqta atrofida Teylor qatoriga h ga nisbatan yoyamiz:

$$T_2^{n+1} = T_1^{n+1} + h \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0}^{n+1} + \frac{h^2}{2} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \Big|_{x=0}^{n+1}.$$

$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$ nisbatdan foydalanib quyidagini olamiz:

$$T_2^{n+1} = T_1^{n+1} + h \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0}^{n+1} + \frac{p c h^2}{2 \cdot \lambda} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \Big|_{x=0}^{n+1};$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} \Big|_{x=0}^{n+1} = \frac{T_2^{n+1} - T_1^{n+1}}{h} - \frac{p c h}{2 \cdot \lambda} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \Big|_{x=0}^{n+1} = \frac{T_2^{n+1} - T_1^{n+1}}{h} - \frac{p c h}{2 \cdot \lambda} \cdot \frac{T_1^{n+1} - T_1^n}{\tau}.$$

Oxirgi ifodadan olamiz:

$$T_2^{n+1} = T_1^{n+1} + h \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0}^{n+1} + \frac{p c h^2}{2 \cdot \lambda} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \Big|_{x=0}^{n+1};$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} \Big|_{x=0}^{n+1} = \frac{T_2^{n+1} - T_1^{n+1}}{h} - \frac{p c h}{2 \cdot \lambda} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \Big|_{x=0}^{n+1} = \frac{T_2^{n+1} - T_1^{n+1}}{h} - \frac{p c h}{2 \cdot \lambda} \cdot \frac{T_1^{n+1} - T_1^n}{\tau}.$$

Oxirgi ikki nisbatni tenglashtirib olamiz:

$$\frac{T_2^{n+1} - T_1^{n+1}}{h} - \frac{p c h}{2 \cdot \lambda} \cdot \frac{T_1^{n+1} - T_1^n}{\tau} = \frac{\kappa_1}{\lambda} (T_1^{n+1} - T^{\varepsilon 1}) - \frac{\varepsilon_1 \sigma}{\lambda} ((T^{\varepsilon 1})^4 - (T_1^{n+1})^4).$$

$$T_2^{n+1} - T_1^{n+1} - \frac{p c h^2}{2 \cdot \lambda \cdot \tau} \cdot T_1^{n+1} + \frac{p c h^2}{2 \cdot \lambda \cdot \tau} \cdot T_1^n = \frac{h \cdot \kappa_1}{\lambda} \cdot T_1^{n+1} - \frac{h \cdot \kappa_1}{\lambda} \cdot T^{\varepsilon 1} - \frac{\varepsilon_1 \sigma h}{\lambda} ((T^{\varepsilon 1})^4 - (T_1^{n+1})^4)$$

$$T_1^{n+1} \left(1 + \frac{p c h^2}{2 \cdot \lambda \cdot \tau} + \frac{h \cdot \kappa_1}{\lambda} \right) = T_2^{n+1} + \frac{p c h^2}{2 \cdot \lambda \cdot \tau} \cdot T_1^n + \frac{h \cdot \kappa_1}{\lambda} \cdot T^{\varepsilon 1} + \frac{\varepsilon_1 \sigma h}{\lambda} ((T^{\varepsilon 1})^4 - (T_1^{n+1})^4)$$

$$T_1^{n+1} = \frac{2 \cdot \lambda \cdot \tau}{p c h^2 + 2 \cdot \tau (\lambda + h \cdot \kappa_1)} T_2^{n+1} + \frac{p c h^2}{p c h^2 + 2 \cdot \tau (\lambda + h \cdot \kappa_1)} T_1^n + \frac{2 \cdot \tau \varepsilon_1 \sigma h}{p c h^2 + 2 \cdot \tau (\lambda + h \cdot \kappa_1)} ((T^{\varepsilon 1})^4 - (T_1^{n+1})^4).$$

(6)

Ushbu ifodani (3) bilan solishtirganda olamiz:

$$\begin{cases} \alpha_1 = \frac{2 \cdot \lambda \cdot \tau}{p c h^2 + 2 \cdot \tau (\lambda + h \cdot \kappa_1)}; \\ \beta_1 = \frac{p c h^2}{p c h^2 + 2 \cdot \tau (\lambda + h \cdot \kappa_1)} T_1^n + \frac{2 \cdot \tau \varepsilon_1 \sigma h}{p c h^2 + 2 \cdot \tau (\lambda + h \cdot \kappa_1)} T^{\varepsilon 1} + \frac{2 \cdot \tau \varepsilon_1 \sigma h}{p c h^2 + 2 \cdot \tau (\lambda + h \cdot \kappa_1)} ((T^{\varepsilon 1})^4 - (T_1)^4) \end{cases}$$

Endi T_n ni o'ng chegaraviy shartdan foydalanib topamiz.

$$T_{N-1}^{n+1} = T_N^{n+1} - h \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=L}^{n+1} + \frac{h^2}{2} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \Big|_{x=L}^{n+1} = T_N^{n+1} - h \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=L}^{n+1} + \frac{p c h^2}{2 \cdot \lambda} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \Big|_{x=L}^{n+1};$$

$$T_{N-1}^{n+1} = T_N^{n+1} - \frac{h \cdot \kappa_2}{\lambda} (T_{s2} - T_N^{n+1}) - \frac{\varepsilon_2 \sigma h}{\lambda} ((T_{s2})^4 - (T_N^{n+1})^4) + \frac{p c h^2}{2 \cdot \lambda} \cdot \frac{T_N^{n+1} - T_N^n}{\tau}. \quad (7)$$

Shunday qilib, $T_{N-1} = \alpha_{N-1} \cdot T_N + \beta_{N-1}$ bo'lganligidan

$$\begin{aligned} \alpha_{N-1} \cdot T_N^{n+1} + \beta_{N-1} &= T_N^{n+1} - \frac{h \cdot \kappa_2}{\lambda} T_{s2} + \frac{h \cdot \kappa_2}{\lambda} T_N^{n+1} + \frac{p c h^2}{2 \cdot \lambda \cdot \tau} T_N^{n+1} - \frac{p c h^2}{2 \cdot \lambda \cdot \tau} T_N^n - \frac{\varepsilon_2 \sigma h}{\lambda} ((T_{s2})^4 - (T_N^{n+1})^4); \\ T_N^{n+1} \left(1 - \alpha_{N-1} + \frac{h \cdot \kappa_2}{\lambda} + \frac{p c h^2}{2 \cdot \lambda \cdot \tau} \right) &= \beta_{N-1} + \frac{h \cdot \kappa_2}{\lambda} T_{s2} + \frac{p c h^2}{2 \cdot \lambda \cdot \tau} T_N^n + \frac{\varepsilon_2 \sigma h}{\lambda} ((T_{s2})^4 - (T_N^{n+1})^4); \\ T_N^{n+1} &= \frac{2 \cdot \lambda \cdot \tau \cdot \beta_{N-1}}{2 \cdot \lambda \cdot \tau (1 - \alpha_{N-1}) + 2 \cdot \tau \cdot h \cdot \kappa_2 + p c h^2} + \frac{2 \cdot \tau \cdot h \cdot \kappa_2 \cdot T_{s2}}{2 \cdot \lambda \cdot \tau (1 - \alpha_{N-1}) + 2 \cdot \tau \cdot h \cdot \kappa_2 + p c h^2} + \frac{p c h^2}{2 \cdot \lambda \cdot \tau (1 - \alpha_{N-1}) + 2 \cdot \tau \cdot h \cdot \kappa_2 + p c h^2} T_N^n + \\ &\quad \frac{2 \cdot \tau \cdot \varepsilon_2 \sigma h}{2 \cdot \lambda \cdot \tau (1 - \alpha_{N-1}) + 2 \cdot \tau \cdot h \cdot \kappa_2 + p c h^2} ((T_{s2})^4 - (T_N^{n+1})^4). \end{aligned} \quad (8)$$

Shunday qilib, chap chegara qiymatini (6) ifoda bilan, o'ng chegara qiymatini (8) ifoda bilan, ichki parametrlarni [6] da keltirilgan progonka usulidan foydalanib topamiz. Dasturiy mahsulot sifatida MathCAD dasturidan foydalanildi[7].

Ushbu algoritm asosida tuzilgan dastur yordamida material beton bo'lgan plastinada 600, 1800, 3600 va 7200 sekundlardan keying temperatura maydonini hisoblaymiz. Beton plastina kattaliklarini quyidagicha olamiz:

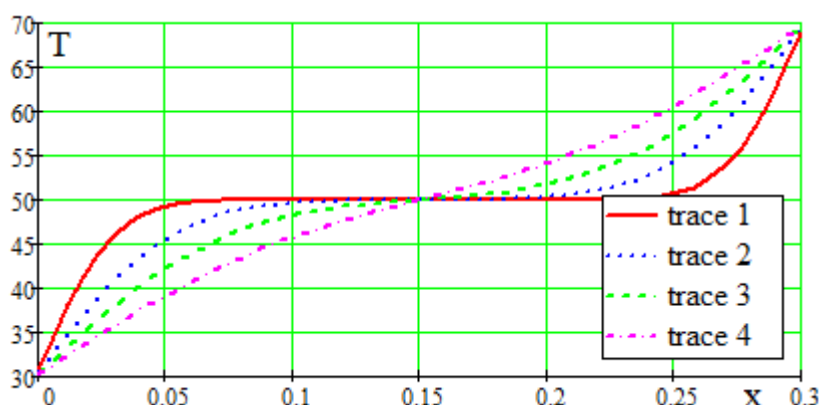
Plastina qalinligi $L = 0,3m$. Plastina boshlang'ich temperaturasi $T_0 = 50^\circ C$.

$\lambda = 0,9 Bm / (m^2 \cdot ^\circ C)$, $\rho = 2000 \kappa\varrho / m^3$, $c = 920 \text{ Дж} / (\kappa\varrho \cdot ^\circ C)$.

Plastinaning $x = 0$ va $x = L$ chegaralarida quyidagi kattaliklar qo'yilgan:

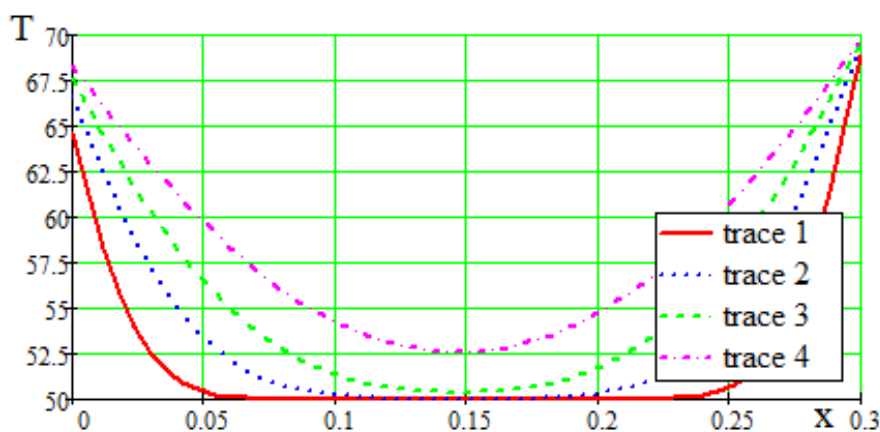
$k_1 = 1000 Bm / (m^2 \cdot ^\circ C)$, $k_2 = 500 Bm / (m^2 \cdot ^\circ C)$, $T^{e1} = 30^\circ C$, $T^{e2} = 70^\circ C$, $\varepsilon_1 = 0,5$, $\varepsilon_2 = 0,5$

1-chizmada yuqoridagi kattaliklar asosida plastinkada temperatura tarqalishi jarayoni aks ettirilgan. Rasmdan ko'rinadiki, radiatsiya va chegaradagi issiqlik uzatish koeffitsiyentlari jarayonga ta'sir etadi. Agar plastinkaning chap yarmiga e'tibor bersak, temperaturaning oraliq bo'ylab baravarlashishi kamayish orqali bo'lyapti. Bu esa chap chegarada issiqlik uzatish koeffitsiyentining katta qo'yilgani oqibatida bo'lyapti.



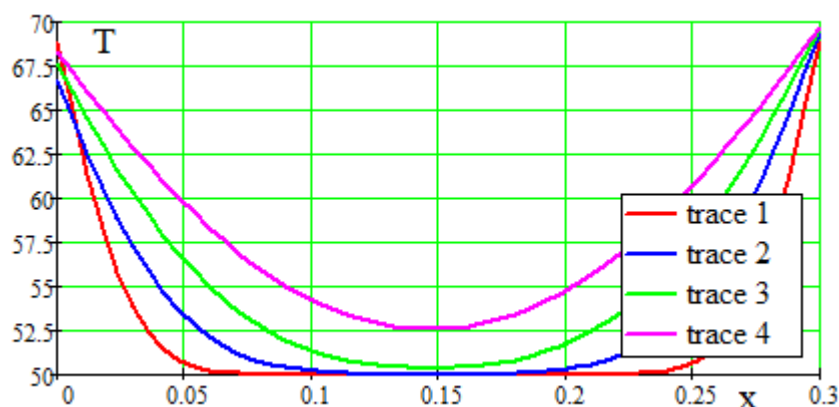
1-chizma. Plastinka bo'ylab issiqlik tarqalishi vaqtning turli qiymatlarida ko'rinishi. 1-600c, 2-1800c, 3-3600c, 4-7200c

2-chizmada chap chegarada katta temperatura qo'yilgan holda issiqlik uzatish koeffitsiyenti katta bo'lganda temperatura tarqalish jarayoni keltirilgan. Chizmadan ko'rinadiki, jarayon avvalida nurlanish va issiqlik uzatish koeffitsiyentining kattaligi hisobidan chegarada issiqlik kamaygani, vaqt o'tis'i bilan esa baravarlashgani ko'rinadi.



2-chizma. Chap chegarada $k_1 = 2000 Bm / (m^2 \cdot ^0 C)$ bo'lganda temperatura tarqalish jarayoni

3-chizmada chap chegarada radiatsiya ko'effitsiyenti katta $k_1 = 5,2$ bo'lganda temperatura tarqalish jarayoni keltirilgan. Chizmadan ko'rinadiki, agar chegarada radiatsiya oqimi katta bo'lsa, temperaturaning tashqariga tarqalishiga sababchi bo'lar ekan.



3-chizma. Chap chegarada radiatsiya ko'effitsiyenti katta $k_1 = 5,2$ bo'lganda temperatura tarqalish jarayoni

Xulosa. Maqolada chiziqsiz holda berilgan 3 – turdagi chegaraviy shartlarni $O(h^2)$ aniqlikda approksimatsiya qilindi va oshkormas usulni qo'llagan holda progonka(haydash) usulidan foydalangan holda yechimlar olindi. Olingan natijalardan xulosa qilish mumkinki, chegaradagi radiatsiya chegara sohadagi temperaturaga sezilarli ta'sir qilar ekan. Agar nurlanish ko'effitsiyenti ortib borsa, vaqt o'tishi bilan chegaradan chiquvchi temperatura oqimi oshib borar ekan.

ADABIYOTLAR:

1. Разностные методы решения задач теплопроводности: учебное пособие. / Г.В. Кузнецов, М.А. Шеремет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 172 с.
2. Крайнов А.Ю., Рыжих Ю.Н., Тимохин А.М. Численные методы в задачах теплопереноса: учебно-методическое пособие. Томск. Том. ун-т, 2009. 114 с.
3. Иванова М.В., Казяев М. Д. Влияние различных факторов на теплообмен излучением в рабочем пространстве печи // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве: сборник докладов VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2018) с международным участием (Екатеринбург, 17–18 мая 2018 г.). – Екатеринбург: ООО АМК «День РА», 2018. – С. 122-127.
4. Сергоманов С.В., Аветисян А.Т. Влияние тока высокой частоты на продуктивность огурца тепличного// Вестник КрасГАУ. 2007. № 1. С. 247-250.
5. Пулькина Л.С., Стригун М.В. Две начально-краевые задачи с нелинейными граничными условиями для одномерного гиперболического уравнения // Вестник СамГУ-Естественнонаучная серия. 2011, № 2(83), с.46-55.

6. Jumayev J., Fatilloeva M.N. Manbasiz turli materialli bir o'lchovli sohalarda issiqlik tarqalishini sonli o'rganish // BuxDU ilmiy axboroti, 2023, № 9, 35-43 betlar.
7. Жумаев Ж., Опокина Н.А. Решение математических задач в пакетах математических программ Maxima и Mathcad. Электронное учебное пособие. «Казанский (Приволжский) федеральный университет». Казань. 2021. 227 с.