

3.2. Ochiq manbali platformalar va resurslardan foydalanish

• Qimmatbaho dasturiy ta'minotlarni sotib olish o'rniga bepul ochiq manbali resurslardan foydalanish. Masalan, GeoGebra, Desmos kabi matematik vositalar.

• Mahalliy ishlab chiqaruvchilarni qo'llab-quvvatlash va milliy platformalarni yaratish.

3.3. Ta'lim grantlarini kengaytirish

• RDM ishlab chiqish uchun ilmiy-texnik grantlar va xalqaro loyihalar tashkil etish.

• Innovatsion texnologiyalarni rivojlantirishga qaratilgan mablag'larni jalb qilish.

4. O'qituvchilar malakasini oshirish

4.1. Maxsus trening va seminarlar tashkil etish

• O'qituvchilar uchun zamonaviy texnologiyalarni o'rganishga qaratilgan muntazam treninglar tashkil qilish.

• Interaktiv vositalardan foydalanish, raqamli resurslar yaratish va ularni darslarda qo'llash bo'yicha amaliy mashg'ulotlarni tashkil etish.

4.2. Tajriba almashish

• Raqamli didaktik materiallar yaratishda ilg'or tajribaga ega bo'lgan o'qituvchilarning bilim va ko'nikmalarini boshqa pedagoglar bilan bo'lishish imkonini beradigan platformalar yaratish.

• Mahalliy va xalqaro miqyosda onlayn va oflayn konferensiyalar, forumlarni tashkil qilish.

4.3. Pedagoglarning texnologik ko'nikmalarini baholash va rivojlantirish

• O'qituvchilarning texnologiyadan foydalanish darajasini aniqlash uchun diagnostika tizimini joriy qilish.

• Texnologik bilim va ko'nikmalarni rivojlantirish uchun individual o'quv dasturlarini ishlab chiqish.

Raqamli didaktik materiallardan samarali foydalanish uchun muammolarni kompleks hal qilish muhim. Bu yo'lda metodik yondashuvlarni takomillashtirish, texnik infratuzilmani rivojlantirish, moliyaviy qo'llab-quvvatlashni kuchaytirish va o'qituvchilarning malakasini oshirish muhim o'rin tutadi. Ushbu yechimlar ta'lim sifatini oshirishga va matematikani o'qitishda innovatsion yondashuvlarni muvaffaqiyatli amalga oshirishga xizmat qiladi.

Xulosa. Matematika fanida raqamli didaktik materiallarni yaratish va tatbiq etish jarayonida uchraydigan muammolar ta'lim jarayonining sifatiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Ushbu muammolarni hal qilish uchun o'quv dasturlari, texnologiyalar va pedagogik yondashuvlar o'rtasida uzviy bog'liqlikni ta'minlash zarur. Bu esa o'qituvchilarning matematik savodxonligini oshirishda muhim omil bo'ladi.

Adabiyotlar

1. Ahmadov I. "Zamonaviy axborot texnologiyalarining ta'limda qo'llanilishi". 2022.
2. Karimov Sh. "Matematika o'qitishda raqamli platformalar va ularning samaradorligi". 2021.
3. Begimov U. "Didaktik materiallarni yaratishdagi metodologik muammolar". 2023.
4. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining raqamlashtirish bo'yicha qarorlari. 2019-2023.
5. UNESCO. "Digital Tools for Education". 2022.

REZYUME. Ushbu maqolada matematika fanida raqamli didaktik materiallar yaratish va tatbiq etish jarayonida yuzaga keladigan metodik, texnologik, moliyaviy va pedagogik muammolar ko'rib chiqilgan. Shuningdek, mavjud muammolarni hal etish bo'yicha tavsiyalar taqdim etilgan. Muallif raqamli vositalarning ta'lim jarayonidagi ahamiyatini ta'kidlab, ularning samaradorligini oshirish yo'llarini tahlil qiladi.

РЕЗЮМЕ. В статье рассматриваются методические, технологические, финансовые и педагогические проблемы, возникающие при создании и внедрении цифровых дидактических материалов в преподавании математики. Также представлены рекомендации по их решению. Автор подчеркивает важность цифровых инструментов в образовательном процессе и анализирует пути повышения их эффективности.

SUMMARY. This article addresses the methodological, technological, financial, and pedagogical challenges encountered in the creation and implementation of digital didactic materials in mathematics education. Recommendations for solving these issues are also provided. The author emphasizes the importance of digital tools in the educational process and analyzes ways to enhance their efficiency.

OSESIMMETRIK JISMLARDA NOSTATSIONAR ISSIQLIK TARQALISH MASALASINI CHEKLI ELEMENTLAR USULIDA SONLI MODELLASHTIRISH

Sh.O.Sapayev – tayanch doktorant

Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston milliy universiteti

Tayanch so'zlar: osesimmetrik, nostatsionar, silindirik koordinatalar, diskret model, temperatura.

Ключевые слова: осесимметричный, нестационарный, цилиндрические координаты, дискретная модель, температура.

Key words: axisymmetric, non-stationary, cylindrical coordinates, discrete model, temperature.

Kirish. Bir qator muhim fizik uch o'lchovli masalalar ikki o'lchovli elementlardan foydalanib hal qilinishi mumkin. Turli issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsientlariga ega konsentrik silindrlar orqali radial issiqlik oqimi masalasi bunday masalalarga misol bo'la oladi. Yetarlicha uzun silindrdagi issiqlik oqimi ham radial, ham o'qlar bo'ylab tarqaladi [1].

Ushbu maqola ChEUGa asoslanib, uch o'lchovli osesimmetrik jismlarda issiqlik tarqalishining nostatsionar masalalarini yechishning sonli modeli ishlab chiqilgan, masalani yechish algoritmi va dasturiy ta'minoti yaratilgan.

Bir xil bo'lmagan osesimmetrik jismlar uchun geometrik xususiyatlarning harorat maydoniga ta'siri o'rganiladi, issiqlik oqimi to'rtburchaklar yoki aylana kesmali silindrsimon bo'shliq mavjud bo'lganda tahlil qilinadi.

Masalaning qo'yilishi. Osesimmetrik nostatsionar issiqlik tarqalish masalasi silindrik koordinatalar sistemasi (r, z, θ) quyidagi differensial tenglama bilan aniqlanadi [2]:

$$K_{rr} \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} K_{rr} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{K_{\theta\theta}}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + K_{zz} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + Q = \rho c \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (1)$$

bu yerda $T=T(r,z,\theta,t)$ - temperatura maydoni; $K_{rr}, K_{\theta\theta}, K_{zz}$ - mos yo'nalishlardagi issiqlik o'tkazish koefitsientlari; $Q=Q(r,z,\theta,t)$ - jism ichidagi issiqlik manbalarining quvvati; ρ - materialining zichligi; c - materialning issiqlik sig'imi; r - simmetriya o'qidan elementning markazigacha bo'lgan masofa; θ - azimutal burchak.

Agar uch o'lchamli jism Oz o'qqa nisbatan geometrik simmetriyaga ega bo'lsa, u holda bu jism osesimmetrik jism deb ataladi. Bundan tashqari, o'rganilayotgan fizik miqdor θ azimutal burchakga bog'liq bo'lmasa, u holda (1) differensial tenglama quyidagicha bo'ladi:

$$K_{rr} \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} K_{rr} \frac{\partial T}{\partial r} + K_{zz} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + Q = \rho c \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (2)$$

Masalaning muayyan yechimi uchun boshlang'ich va chegaraviy shartlari ko'rsatilishi kerak. Radiatsiya orqali issiqlik tarqalishining faqat uchta turini hisobga olamiz.

Birinch turdagi chegaraviy shartlar - jismning S_1 sirt yuzasidagi temperatura T_{s_1} :

$$T_{s_1} = T(r, z, t), \quad r, z \in S_1 \quad (3)$$

Ikkinchi turdagi chegaraviy shartlar - jismning S_2 sirt yuzasida q issiqlik oqimi:

$$K_{rr} \frac{\partial T}{\partial r} \ell_r + K_{zz} \frac{\partial T}{\partial z} \ell_z = -q, \quad (4)$$

bu yerda ℓ_r, ℓ_z - S_2 sirtiga tashqi normalning yo'nalishi kosinuslari.

Agar S_2 sirt izolyatsiya qilingan bo'lsa, u holda $q=0$ bo'ladi

Uchinchi turdagi chegaraviy shartlar - konvektiv issiqlik almashinuvi osesimmetrik jismning S_3 yuzasida sodir bo'lsa:

$$K_{rr} \frac{\partial T}{\partial r} \ell_r + K_{zz} \frac{\partial T}{\partial z} \ell_z = -h(T_s - T_b), \quad (5)$$

bu yerda T_s - S_3 sirtidagi temperatura, T_b - jismning ichidagi temperatura, h - issiqlik almashinish koefitsienti.

Dastlabki shartlar - bu t_0 vaqtning o'zida jismning temperaturasi:

$$T_0 = T(r, z, t_0),$$

Bu holda, (1)-tenglama va (3)-(5)-chegara shartlaridan tashkil topgan sistemani yechish funksionalni minimalashtirishga olib keladi [3]:

$$\Phi(r, z) = \int_V \left[r K_{rr} \left(\frac{\partial T}{\partial r} \right)^2 + r K_{zz} \left(\frac{\partial T}{\partial z} \right)^2 - 2rQT + 2\lambda \frac{\partial T}{\partial t} T \right] dV + \int_{S_1} qTdS + \int_{S_2} \frac{h}{2} (T - T_b)^2 dS \quad (6)$$

bu yerda V - hajm; S_1 - issiqlik oqimi berilgan sirt yuzasi; S_2 - konvektiv issiqlik almashinuvi sodir bo'ladigan sirt yuzasi.

Masalaning chekli-elementli yechimi. ChEU da masalani yechishda osesimmetrik sohaning kesimi n ta kichik sohalarga (chekli elementlarga) bo'linadi, ular odatda uchburchak shaklida qabul qilinadi (1-rasm). Keyingi

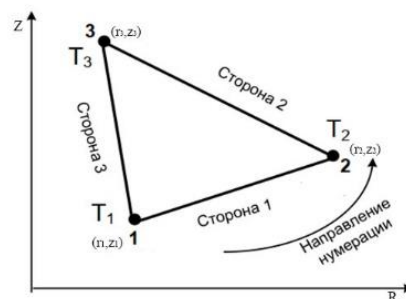
barcha formulalar uchburchak chekli elementlar uchun keltiriladi. Funksional soha barcha chekli elementlarning yig'indisi sifatida yoziladi. Shunda (6) quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\Phi(r, z) = \sum_{e=1}^n \left[\frac{1}{2} \cdot \int_{V^{(e)}} \{g^{(e)}\}^T \cdot [D^{(e)}] \cdot \{g^{(e)}\} dV - \int_{V^{(e)}} \left(rQ^{(e)} - \lambda \frac{\partial T}{\partial t} \right) \cdot T^{(e)} dV + \int_{S_1^{(e)}} T^{(e)} \cdot q^{(e)} dV + \int_{S_2^{(e)}} \frac{1}{2} \cdot [(T^{(e)} - T_b)^2] \cdot h^{(e)} dS \right] \quad (7)$$

bu yerda $\{g^{(e)}\}^T = \left[\frac{\partial T^{(e)}}{\partial x} \quad \frac{\partial T^{(e)}}{\partial y} \right]$,

$$[D^{(e)}] = \begin{bmatrix} rK_{rr}^{(e)} & 0 \\ 0 & rK_{zz}^{(e)} \end{bmatrix} - \text{issiqlik o'tkazuvchanlik matritsasi.}$$

Bunday holda, $r = (r_1 + r_2 + r_3)/3$ simmetriya o'qidan elementning markazigacha bo'lgan masofani anglatadi.



1-rasm. Uchburchak chekli element

Tugun qiymatlari orqali (e) chekli element ichidagi harorat o'zgarishini ifodalaymiz:

$$T^{(e)} = N(r, z)T(t),$$

yoki matritsa shaklida:

$$T^{(e)} = [N_1(r, z) N_2(r, z) N_3(r, z)] \begin{Bmatrix} T_1(t) \\ T_2(t) \\ T_3(t) \end{Bmatrix}, \quad (8)$$

Funksional ekstremum sharti bitta chekli element uchun quyidagi differensial tenglamalar tizimiga olib keladi:

$$[c^{(e)}] \frac{\partial \{T\}}{\partial t} + [k^{(e)}] \{T\} + \{f^{(e)}\} = 0, \quad (9)$$

bu yerda

$$[c^{(e)}] = \int_{V^{(e)}} \lambda [N^{(e)}] [N^{(e)}]^T dV, \quad (10)$$

$$[k^{(e)}] = \int_{V^{(e)}} [B^{(e)}] [D^{(e)}] [B^{(e)}]^T dV + \int_{S_2} h [N^{(e)}] [N^{(e)}]^T dS, \quad (11)$$

$$\{f^{(e)}\} = - \int_{V^{(e)}} (rQ) [N^{(e)}]^T dV + \int_{S_1} q [N^{(e)}]^T dS - \int_{S_2} h T_b [N^{(e)}]^T dS. \quad (12)$$

bu yerda

$V^{(e)}$ - chekli element hajmi;

$[N^{(e)}]$ - shakl funktsiyalarini o'z ichiga olgan matritsa;

$[B^{(e)}]$ - shakl funktsiyasining hosilalarini o'z ichiga olgan matritsa;

Osesimmetrik issiqlik tarqalish masalasini hal qilishda integral (10) quyidagi shaklga ega (issiqlik sig'imi matritsasi):

$$[c^e] = \frac{2\pi\lambda A}{180} \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix}, \quad (13)$$

bu yerda

$$\begin{aligned} c_{11} &= 12r_1^2 + 2r_2^2 + 2r_3^2 + 6r_1r_2 + 6r_1r_3 + 2r_2r_3, \\ c_{11} &= 12r_1^2 + 2r_2^2 + 2r_3^2 + 6r_1r_2 + 6r_1r_3 + 2r_2r_3, \\ c_{12} &= c_{21} = 3r_1^2 + 3r_2^2 + r_3^2 + 4r_1r_2 + 2r_1r_3 + 2r_2r_3, \\ c_{13} &= c_{31} = 3r_1^2 + r_2^2 + 3r_3^2 + 2r_1r_2 + 4r_1r_3 + 2r_2r_3, \\ c_{22} &= 2r_1^2 + 12r_2^2 + 2r_3^2 + 6r_1r_2 + 2r_1r_3 + 6r_2r_3, \\ c_{23} &= c_{32} = r_1^2 + 3r_2^2 + 3r_3^2 + 2r_1r_2 + 2r_1r_3 + 4r_2r_3, \\ c_{23} &= 2r_1^2 + 2r_2^2 + 12r_3^2 + 2r_1r_2 + 6r_1r_3 + 6r_2r_3. \end{aligned}$$

$[k^{(e)}]$ dagi hajm integrali quyidagi formula bilan topiladi:

$$\begin{aligned} [k^{(e)}] &= \frac{2\pi r K_{rr}}{4A} \begin{bmatrix} b_1b_1 & b_1b_2 & b_1b_3 \\ b_2b_1 & b_2b_2 & b_2b_3 \\ b_3b_1 & b_3b_2 & b_3b_3 \end{bmatrix} + \\ &+ \frac{2\pi r K_{zz}}{4A} \begin{bmatrix} c_1c_1 & c_1c_2 & c_1c_3 \\ c_2c_1 & c_2c_2 & c_2c_3 \\ c_3c_1 & c_3c_2 & c_3c_3 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (14)$$

(11) dagi ikkinchi integral, agar chekli elementning 2 va 3 tugunlari orasida konveksiya sodir bo'lsa quyidagicha bo'ladi.

$$\int_{s_{23}} h[N]^T [N] dS = \frac{2\pi h L_{2-3}}{12} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & (3r_2 + r_3) & (r_2 + r_3) \\ 0 & (r_2 + r_3) & (r_2 + 3r_3) \end{bmatrix}. \quad (15)$$

$\{f^{(e)}\}$ da sirt integrali quyidagi ko'rinishga ega:

$$\int_{s_2} h T_\infty [N]^T dS = \frac{2\pi L_{1-2} h T_\infty}{6} \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{Bmatrix}. \quad (16)$$

Agar osesimmetrik jismda issiqlik manbalari bo'lmasa va issiqlik oqimi q elementning 2, 3 tugunlari orasida berilgan bo'lsa, u holda elementning «yuk vektori» (integral (12)) ga teng:

$$\int_{s_1} q[N]^T dS = \frac{2\pi L_{2-3} q}{6} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{Bmatrix}. \quad (17)$$

Agar elementning 1, 2 yoki 3, 1 tugunlari orasidagi tomonlarida konveksiya orqali issiqlik yo'qolsa, u holda matritsa (16) o'zgaradi[2].

Nostatsionar issiqlik tarqalish masalasini yechish uchun chekli elementlar to'ri uchun oddiy differentsial tenglamalar tizimi yoziladi:

$$[C] \frac{\partial \{T\}}{\partial t} + [K] \{T\} + \{F\} = 0, \quad (18)$$

bu yerda

$$[C] = \sum_e [c^{(e)}]; \quad [K] = \sum_e [k^{(e)}]; \quad [F] = \sum_e [f^{(e)}].$$

(18) tenglamadagi vaqt hosilasini uning chekli farqli analogi bilan almashtirib, issiqlik tenglamasini ChEU yordamida yechish uchun oshkormas sxemasini olamiz [1, 2]:

$$\left(\frac{2}{\Delta t} [C] + [K] \right) \{T\}^{n+1} = \left(\frac{2}{\Delta t} [C] - [K] \right) \{T\}^n - 2\{F\}^{n+1}. \quad (19)$$

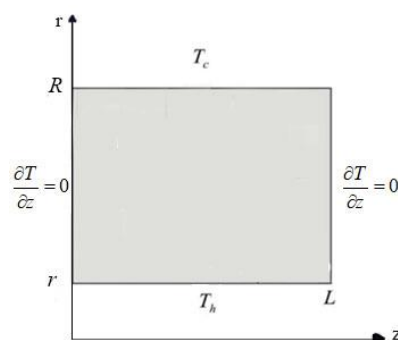
Shunday qilib, agar vaqtning t_n lahzasida harorat vektori $\{T\}^n$ ma'lum bo'lsa, unda osesimmetrik jismning $t_{n+1} = t_n + \Delta t$ vaqt lahzasidagi harorati (19) tenglama tizimini Gauss usuli bilan yechish natijasida aniqlanadi.

Hisoblash eksperimenti va natijalarini muhokama qilish.

1-masala. Bir jinsli bo'lgan po'latdan yasalgan silindrdan nostatsionar issiqlik tarqalish masalasi ko'rib chiqildi (2-rasm). Po'lat silindr o'lchamlari $R = 0.7m$, ichki radius $r = 0.2m$ va $L = 0.5m$. Po'lat quyidagi termofizik xususiyatlarga ega:

$$\lambda = 46 W / (m \cdot C), \quad \rho = 7800 kg / m^3, \quad c = 460 J / (kg \cdot C).$$

Silindrning ichki chegarasida doimiy temperatura saqlanadi: $r = 0.2m$ da $T_h = 100^\circ C$ va $r = 0.7m$ da $T_c = 20^\circ C$ bo'lgan tashqi muhit bilan konveksiya mavjud.



2-rasm. Silindr kesimi va chegaraviy shartlar

Silindrning boshlang'ich temperaturasi $T_0 = 50^\circ C$.

Boshlang'ich va chegaraviy shartlar quyidagicha:

$$t = 0: T = T_0, 0 \leq z \leq L, 0 \leq r \leq R;$$

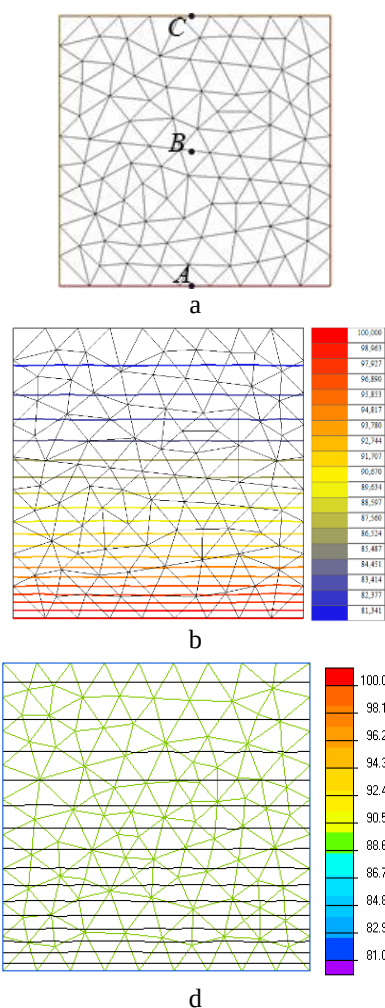
$$z = 0: \frac{\partial T}{\partial z} = 0, t > 0; \quad z = L: \frac{\partial T}{\partial z} = 0, t > 0;$$

$$r = 0.2: T = T_h, t > 0; \quad r = 0.7: T = T_c, t > 0;$$

3.a – rasmda silindrning kesimining chekli elementlar tasvirining umumiy ko'rinishi keltirilgan. 3.b – 3.d rasmlarda mos ravishda ChEU da yaratilgan algoritm asosidagi natijalar va Elcut dasturiy paketida yechilgan natijalar izoleniyalari keltirilgan. Vaqtning $t = 36000s$ grafik taqqoslash natijalarining yaqinligini ko'rsatadi.

Masalani yechishda chekli elementlar to'ri quyidagi xarakteristiklari qo'llaniladi: 192 ta tugun nuqta, 115 ta chekli element, tenglamalar yechish sistemasining tartibi $n=192$, tenglamalar sistemasining nolga teng bo'lmagan elementlari lentasining kengligi 20, yakuniy vaqt $t = 36000s$. (vaqt qadami $\Delta t = 1800s$).

1-jadvalda silindir kesimining turli nuqtalaridagi temperaturaning sonli qiymatlari $t = 36000s$ da taqqoslanadi. Berilgan natijalar shuni ko'rsatadiki, yechimlar Elcut dasturi natijalariga 98% ga to'g'ri keladi, bu esa ishlab chiqilgan sonli model va masalani yechish algoritmining to'g'riligini tasdiqlaydi.

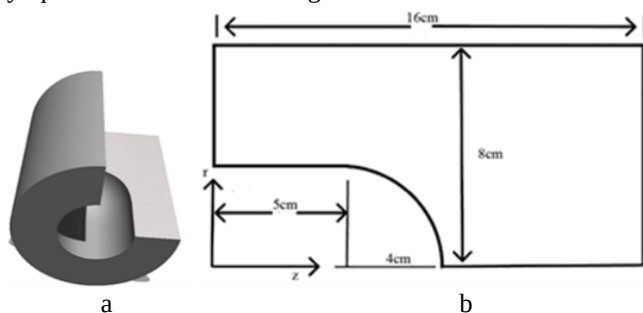


3-rasm. Chekli elementlar tasviri va temperatura izolinyalari

1-jadval. Temperatura maydoning nazorat nuqtalaridagi sonli qiymatlari

Nuqtalar	A	B	C
Elcut	100	87.76	82.82
ChEU	100	86.52	81.86

2-masala. Bir jinsli bo'lmagan po'latdan yasalgan osesimmetrik jismda issiqlik tarqalish masalasi ko'rib chiqiladi, bu yerda jismdagi harorat taqsimotini aniqlash kerak (4.a-rasm): jismning ichki yuzasidan doimiy $T_h = 100^\circ\text{C}$ va tashqi yuzalarida $T_c = 20^\circ\text{C}$ konveksiya mavjud. Jismning simmetriya kesimi va o'lchamlari 4.b-rasmida ko'rsatilgan. Po'latning termofizik xususiyatlar yuqorida 1-masalada keltirilgan.



4-rasm. Osesimmetrik jism (a) va jismning simmetriya kesimi (b)

Jismning boshlang'ich temperaturasi $T_0 = 20^\circ\text{C}$. Boshlang'ich va chegaraviy shartlar quyidagicha:

$$t = 0: T = T_0, 0 \leq z \leq 16, 0 \leq r \leq 8;$$

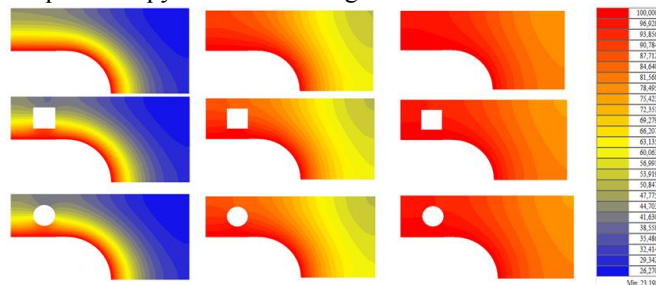
$$r = 4, 0 \leq z \leq 5: T = T_h;$$

$$r = 0, 9 \leq z \leq 16: \frac{\partial T}{\partial r} = 0; 0 \leq r \leq 8, z = 16: T = T_c;$$

$$r = 8, 0 \leq z \leq 16: T = T_c; 4 \leq r \leq 8, z = 0: T = T_c;$$

5-rasmida jismning turli vaqtdagi ($t = 6, 30$ va 60 s) temperatura izotermalari keltirilgan (vaqt qadami $\Delta t = 6$ s).

Issiqlik oqimi, harorat farqlari ta'sirida, jismning ichki yuzasidan tashqi yuzasiga o'tadi. Jismning geometrik xususiyatlarining harorat maydoniga ta'sirini o'rganish uchun qo'yilgan masala to'rtburchak va aylana silindrsimon bo'shliq mavjud bo'lganda ko'rib chiqiladi. Bo'shliqning yuzasi issiqlik izolyatsiyasi bilan qoplangan. Olingan sonli natijalarni tahlil qilish uchun 2-jadvalda bo'shliq chegarasidagi (3sm; 5sm) nuqtaning turli vaqtlarda temperatura qiymatlari ko'rsatilgan.

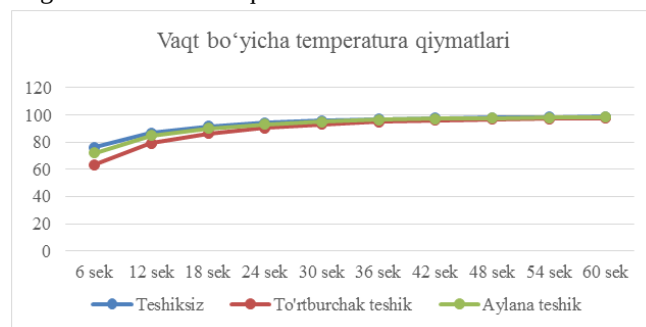


5-rasm. Turli vaqtlardagi temperatura izotermalari ($t = 6, 30$ va 60 s)

2-jadval. Vaqtlar bo'yicha temperatura qiymatlari

Nuqta (3; 5)	6 s	18 s	30 s	48 s	60 s
Teshiksiz	76,279	91,578	95,883	98,069	98,626
To'rtburchak teshik	63,415	86,321	93,186	96,809	97,731
Aylana teshik	72,12	90,301	95,135	97,667	98,339

Osesimmetrik jismning geometrik hususiyatlar o'zgarishi issiqlik oqimini qayta qatsimlanishiga sabab bo'ladi. Bo'shliqning konfiguratsiyasi uning yaqinidagi harorat maydoniga ham ta'sir qiladi. Teshiksiz holatda issiqlik oqimiga qarshi tasirlar bo'lmaydi. To'rtburchak va aylana ko'rinishdagi silindrsimon bo'shliqlar bo'lgan vaqtda jismning bo'shliq atrofidagi temperatura o'zgarishini 6-rasm orqali ko'rish mumkin.



5-rasm. Vaqt bo'yicha temperatura o'zgarish grafigi

XULOSA. ChEU da uch o'lchamli osesimmetrik jismlarda issiqlik tarqalishning nostatsionar masalasini hal qilishning

sonli modeli qurilgan. Murakkab osesimmetrik jismning ikki o'lovli kesimini diskret modelini qurish va masalani yechish algoritmi ishlab chiqildi. 1-masalani yechish orqali olingan sonli natijalar Elcut dasturidan olingan natijalar bilan taqqoslandi va yaratilgan algoritm to'g'ri ekanligi

isbotlandi. Bir jinsli bo'lmagan osesimmetrik jism geometrik xususiyatlarning harorat maydoniga ta'siri o'rganildi va issiqlik oqimi strukturaning tanasida to'rtburchaklar yoki aylana kesmalarning silindrsimon bo'shlig'i mavjudligida tahlil qilindi.

Adabiyotlar

1. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: «Мир», 1975. 452-b.
2. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: «Мир», 1979. 392-b.
3. Иванников Л. М. Решение двумерной задачи теплопроводности методом конечных элементов в Mathcad. Хабаровск: Тихоокеан. гос. ун-та, 2011. -28 b.
4. Икрамов А.М., Жуманиёзов С.П., Сапаев Ш.О. Компьютерное моделирование двумерных стационарных задач теплопроводности с учетом точечных источников тепла МКЭ. //Проблемы вычислительной и прикладной математики, 2021, 3 (33). –С. 44-53.

REZYUME. Maqolada ChEU ga asosanib, osesimmetrik jismlarda issiqlik tarqalishining nostatsionar masalalarini yechishning sonli modeli ishlab chiqilgan, masalani yechish algoritmi va dasturiy ta'minoti yaratilgan.

РЕЗЮМЕ. В статье на основе ЧЭУ разработана численная модель решения нестационарной задачи распределения тепла в осесимметричных телах, созданы алгоритм и программное обеспечение для решения задачи.

SUMMARY. In the article, based on FEM, a numerical model for solving non-stationary problems of heat dissipation in axisymmetric bodies is developed, and an algorithm and software for solving the problem are created.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ ДЛЯ КАРАКАЛПАКСКОГО ЯЗЫКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ Wav2Vec

Н.У.Утеулиев – доктор физико-математических наук, профессор

Ж.К.Кудайбергенов – докторант

Т.К.Кудайбергенов – магистрант

Нукусский филиал Ташкентского университета информационных технологий

Таянч сўзлар: ASR, Wav2Vec, таниб олиш, модел, частота, метрика.

Ключевые слова: ASR, Wav2Vec, распознавание, модель, частота, метрика.

Key words: ASR, Wav2Vec, recognition, model, frequency, metrics.

Введение. В настоящее время растет число исследований, посвященных автоматической обработке малоресурсных языков. Следует отметить, что современные технологии обработки естественного языка активно развиваются и находят применение в различных областях, включая автоматическое распознавание речи. Но отсутствие развитых речевых технологий для малоресурсных языков остаётся актуальной проблемой сегодняшнего дня. Системы автоматического распознавания речи (ASR) достигли значительного прогресса в последние годы, преимущественно для широко распространенных языков. Однако многие языки, такие как каракалпакский, по-прежнему остаются недостаточно представленными в исследованиях ASR. Предлагаемая статья направлена на устранение этой проблемы путем разработки структуры сбора данных, которая захватывает аудио экземпляры и их соответствующие текстовые представления. Используя модель Wav2Vec, мы стремимся создать эффективную систему ASR, которая переводит устный каракалпакский язык в письменный текст.

Каракалпакский язык [3] – язык каракалпакского народа, это один из тюркских языков, который используется в основном в Узбекистане. Несмотря на его культурное значение, язык не имеет достаточных цифровых ресурсов, что делает его сложной целью для разработки ASR.

Wav2Vec – это фреймворк само обучаемый вид обучения, разработанный Facebook AI Research, который произвел революцию в области распознавания речи. Модель работает, обучаясь представлениям сырых звуковых волн, что позволяет ей захватывать

нюансы речи без необходимости в больших размеченных наборах данных. Wav2Vec использует двухступенчатый процесс обучения:

Предварительное обучение: На этом этапе модель обучается предсказывать замаскированные сегменты аудио из окружающего контекста, используя большое количество неаннотированных аудио данных. Этот шаг помогает модели понять фонетические и лингвистические особенности, присущие речи.

Тонкая настройка: После предварительного обучения модель проходит тонкую настройку на меньшем размеченном наборе данных, где она учится сопоставлять аудио представления с текстом. Этот подход трансферного обучения значительно снижает количество необходимых размеченных данных, что делает его особенно эффективным для языков с ограниченными ресурсами, таких как каракалпакский. Wav2Vec показал передовые результаты по различным стандартам, превосходя традиционные методы ASR. Его архитектура включает свёрточные слои, которые извлекают признаки из аудиовхода, за которыми следуют слои Transformer, которые захватывают дальние зависимости в данных. Это сочетание позволяет Wav2Vec обрабатывать разнообразные речевые паттерны, что делает его подходящим для языков с богатым фонетическим разнообразием.

Сбор данных. Первым шагом было создание Java-приложения для захвата аудио потоков с микрофона. Приложение читает предложения построчно из заранее определенного текстового файла и записывает аудио в формате WAV.

Реализация захвата аудио. Java-код использует пакет javax.sound.sampled для захвата аудио. Каждое