Jumaniyozov Sardor Pirnazarovich (Urganch davlat universiteti dotsenti v.b. (PhD), Urganch, 220100, O‘zbekiston; e-mail: sardor7709@mail.ru)

BIR JINSLI BO‘LMAGAN JISMLAR UCHUN IKKI O‘LCHOVLI NOSTATSIONAR ISSIQLIK O‘TKAZUVCHANLIK MASALASINI CHEKLI ELEMENTLAR USULIDA KOMPYUTERLI MODELLASHTIRISH

Annotatsiya. *Maqolada bir jinsli bo‘lmagan material plastinasida ikki o‘lchovli issiqlik o‘tkazuvchanlik masalasini chekli elementlar usuli bilan yechish o‘rganiladi. Asosiy munosabatlar chiziqli uchburchak chekli elementlar uchun keltirilgan. Ikki o‘lchovli issiqlik o‘tkazuvchanlik masalasining sonli yechimi berilgan va temperatura maydonining taqsimlanishi o‘rganildi. Olingan natijalar to‘r usulida olingan natijalar bilan solishtirildi. Plastikadagi temperatura taqsimoti izolinyalari keltirilgan.*

Kalit so‘zlar: *nostatsionarlik, issiqlik o‘tkazuvchanlik, bir jinsli bo‘lmagan jism, chekli elementlar usuli.*

Жуманиязов Сардор Пирназарович (и.о. доцента (PhD) Ургенчского государственного университета, Ургенч, 220100, Узбекистан; e-mail: sardor7709@mail.ru)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУМЕРНЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЗАДАЧ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ НЕОДНОРОДНЫХ ТЕЛ МКЭ

Аннотация. *В статье, на основе решения двумерной задачи теплопроводности, методом конечных элементов, исследуется процесс теплопереноса в пластине из неоднородного материала. Основные соотношения приведены для линейных треугольных конечных элементов. Дано численное решение двумерной задачи теплопереноса и исследовано распределение температурного поля. Полученные результаты сравнивались с результатами, полученными сеточным методом. Приведены изолинии распределения температуры в пластике.*

Ключевые слова: *нестационарность, теплопроводность, неоднородное тело, МКЭ.*

Jumaniyozov Sardor Pirnazarovich (Urganch State University acting associate professor (PhD), Urgench, 220100, Uzbekistan; e-mail: sardor7709@mail.ru)

COMPUTER SIMULATION OF TWO-DIMENSIONAL TRANSIENT HEAT CONDUCTIVITY PROBLEMS FOR HETEROGENEOUS BODIES FEM

Annotation. *The article uses the finite element method to study the solution of the problem of two-dimensional heat transfer in a plate made of inhomogeneous material. The main relationships are given for linear triangular finite elements. A numerical solution of the two-dimensional problem of heat transfer is given and the distribution of the temperature field is studied. The results obtained are compared with the results obtained by the grid method. Isolines of the temperature distribution in plastic are given.*

Key words: *non-stationarity, thermal conductivity, inhomogeneous body, FEM.*

Kirish. Issiqlik uzatish jarayonlarini o‘rganish zamonaviy texnika va texnologiyaning rivojlanishida muhim ahamiyatga ega. Aviatsiya, yadro energiyasi va raketa-kosmik texnologiyalarning rivojlanishi issiqlik almashinuvi masalalarini yangidan ishlab chiqishni talab qiladi. So‘nggi o‘n yilliklar mobaynida issiqlik almashinuvi hodisalarini jadal o‘rganish va qo‘llash sohasi juda kengaydi. Hozirgi vaqtda issiqlik uzatish jarayonlarini nazariy o‘rganish, asosan, kompyuter texnologiyalaridan foydalangan holda, ularni sonli modellashtirishga asoslangan.

Maqolada [1] zamonaviy sonli usullar yordamida issiqlik uzatish masalalarini o‘rganish usullari keltirilgan. Amaliy matematikaning an’anaviy vositalari bilan issiqlik uzatishning matematik modellarini analitik tadqiqotiga asosiy yondashuvlari tavsiflanadi. Statsionar va nostatsionar ko‘p o‘lchovli issiqlik o‘tkazuvchanliki masalalarini yechishning sonli usullari ko‘rib chiqiladi.

Maqolada [3] issiqlik o‘tkazuvchanlik masalalarini chekli elementlar usuli bilan yechishning umumiy yondashuvi tavsifi berilgan, hisoblash modellarini yaratish bo‘yicha bosqichma-bosqich ko‘rsatmalar berilgan.

Tadqiqot metodologiyasi. Ikki o‘lchovli nostatsionar issiqlik tarqalishi tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + Q(x, y) \qquad (1)$$

bunda $T = T(x, y, t)$ – temperatura; λ – issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyentlari; ρ – jism zichligi, c – solishtirma issiqlik sig‘imi, $Q = Q(x, y)$ – ichki issiqlik ajratish manbalarining quvvati. Vaqt bo‘yicha (boshlang‘ich) shartlar jismdagi haroratning boshlang‘ich holatidagi taqsimlanishini o‘z ichiga oladi: $t = 0$: $T_0 = T(x, y, t_0)$ – umumiy holatda.

(1) tenglama bilan ikki turli ko‘rinishdagi chegaraviy shartlar qaraladi. Agar chegaraning bir necha qismida temperatura ma’lum bo‘lsa, quyidagicha tasvirlanadi (Dirixle sharti):

$$T = T_\Gamma(x, y, t), \tag{2}$$

bunda T_Γ – chegaradagi temperatura.

Agarda chegarada q issiqlik oqimi berilganda (Neyman sharti) yoki $h(T - T_{tm})$ konvektiv issiqlik almashishi yuz bersa (Nyuton-Rixman sharti) chegaraviy shart quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial x} l_x + \lambda \frac{\partial T}{\partial y} l_y + q + h(T - T_{tm}) = 0, \tag{3}$$

bunda h – issiqlik almashish koeffitsiyenti; T_∞ – tashqi muhit temperaturasi; l_x, l_y – yo‘nalishlar kosinuslari; q – issiqlik oqimi (agarda issiqlik jismdan tarqalsa musbat hisoblanadi).

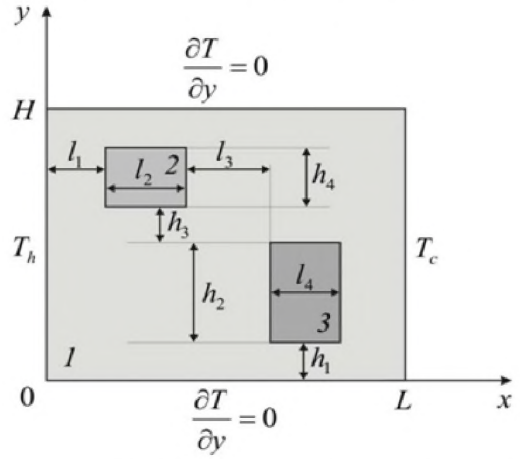
Issiqlik oqimi q va konvektiv issiqlik yo‘qotilishi $h(T - T_{tm})$ yuza chegarasining bir joyida bir vaqtda uchramaydi. Agar konvektiv issiqlik almashish mavjud bo‘lmasa, bundan tashqari, issiqlik oqimi nolga teng bo‘lsa, issiqlik izolatsiyasi chegaraviy sharti quyidagicha bo‘ladi: $\frac{dT}{dn} = 0$.

Tahlil va natijalar. O‘z ichiga ikki qo‘shimcha qoplamani olgan plastinada issiqlik o‘tkazish masalasining nostatsionar jarayoni ko‘rib chiqiladi (1-rasm). Mis plastina o‘lchamlari: $L = H = 0{,}5$ m (1, 1-rasmda). Mis quyidagi termofizik xususiyatlarga ega:

$\lambda = 384\ Vt/(m{\cdot}°C)$, $\rho = 8800\ kg/m^3$, $c = 381\ J/(kg{\cdot}°C)$.

Qo‘shimcha qoplama materialining termofizik parametrlari: po‘lat (2, 1-rasmda): $\lambda_2 = 46 Vt/(m \cdot °C)$, $\rho_2 = 7800\, kg/m^3$, $c_2 = 460 J/(kg \cdot °C)$ va temir (3, 1-rasmda): $\lambda_3 = 71\ Vt/(m \cdot °C)$, $\rho_3 = 7900\, kg/m^3, c_3 = 460 J/(kg \cdot °C)$.

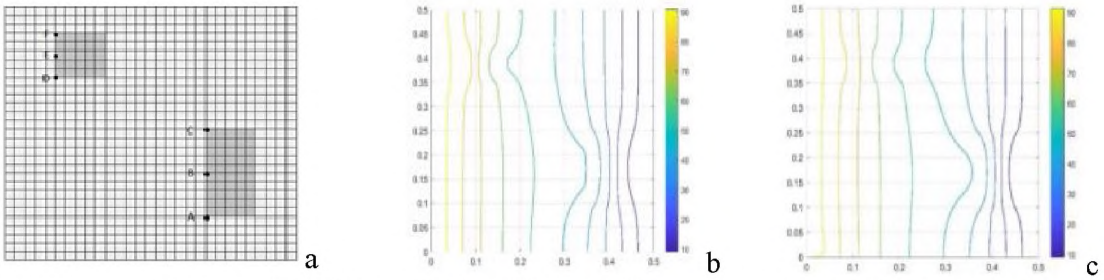
Plastinkaning vertikal chegaralarida doimiy temperaturalar saqlanadi: $x = 0$ da $T_h = 100°C$ va $x = L$ da $T_c = 0°C$ da. Gorizontal chegaralar izolatsiya qilingan [2;73–89-b.].



1-rasm. Yechim sohasi va chegara shartlari.

Yechim maydonining boshlang‘ich temperaturasi T_0=50°C. Boshlang‘ich va chegaraviy shartlar quyidagicha yoziladi:

$$t = 0 : T = T_0,\ 0 \le x \le L,\ 0 \le y \le H;\ \ x = 0 : T = T_h, t > 0;$$
$$x = L : T = T_c, t > 0;\ y = 0 : \frac{\partial T}{\partial y} = 0, t > 0;\ y = H : \frac{\partial T}{\partial y} = 0, t > 0; \quad (4)$$



a b c

2-rasm. Chekli elementli tavsifi ko‘rinishi va temperatura izolinyalari.

2.a-rasmda bir jinsli bo‘lmagan plastinaning chekli elementli tasvirining umumiy ko‘rinishi keltirilgan.

2.b.c-rasmda, mos ravishda, chekli ayirmalar usuli [2;73–89-b.] va chekli elementlar usuli bilan hisoblangan temperatura maydoni taqsimotining izolinyalari ko‘rsatilgan (o‘lchamdagi to‘r kataklari va chekli elementlar bilan bir xil).

Vaqtning t=100 sekunddagi grafik taqqoslash natijalarning yaqinligini ko‘rsatadi. Masalani yechishda chekli elementlar to‘rining quyidagi xarakteristikalari qo‘llaniladi. 900 ta tugun nuqta, 841 ta chekli element, tenglamalar yechish sistemasining tartibi n=900, tenglamalar sistemasining nolga teng bo‘lmagan elementlari lentasining kengligi 32, yakuniy vaqt 600 sek. (vaqt qadami $\Delta t = 5\ sek.$).

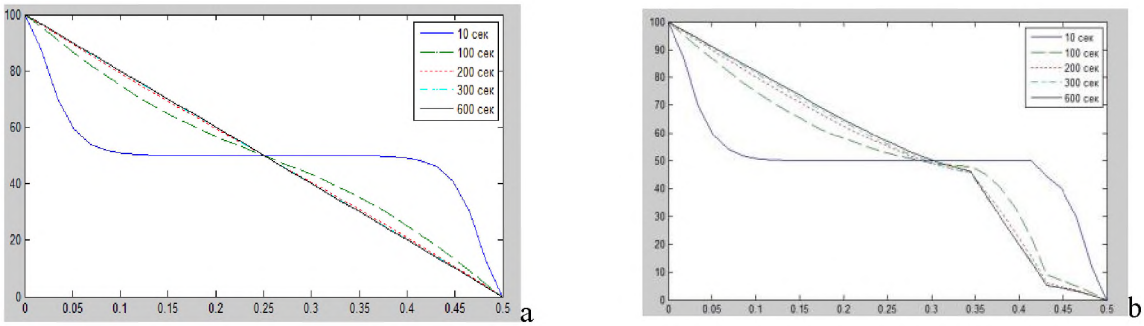
1-jadvalda plastinaning turli nuqtalaridagi temperaturaning sonli qiymatlari $t = 100$ sekundda taqqoslanadi. Berilgan natijalar shuni ko‘rsatadiki, yechimlar 97,55%ga to‘g‘ri keladi, bu esa ishlab chiqilgan model va masalani yechish algoritmining to‘g‘riligini tasdiqlaydi.

1-jadval

Temperatura maydonining sonli qiymatlari

Nuqtalar	A	B	C	D	E	F
[2]	40.7506	46.2112	40.3930	81.16045	84.5502	81.1529
uchburchak element	41.0089	46.6383	40.8315	80.3831	82.4752	80.8405
to‘rtburchak element	41.2625	47.8751	40.8712	80.8140	83.8631	80.8084

3-rasmda a, b gorizontal chiziq (y=0,1724) bo‘ylab bir jinsli va bir jinsli bo‘lmagan plastinadagi temperatura o‘zgarishining t= 10, 100, 200, 300 va 600 sekunddagi grafiklari ko‘rsatilgan.

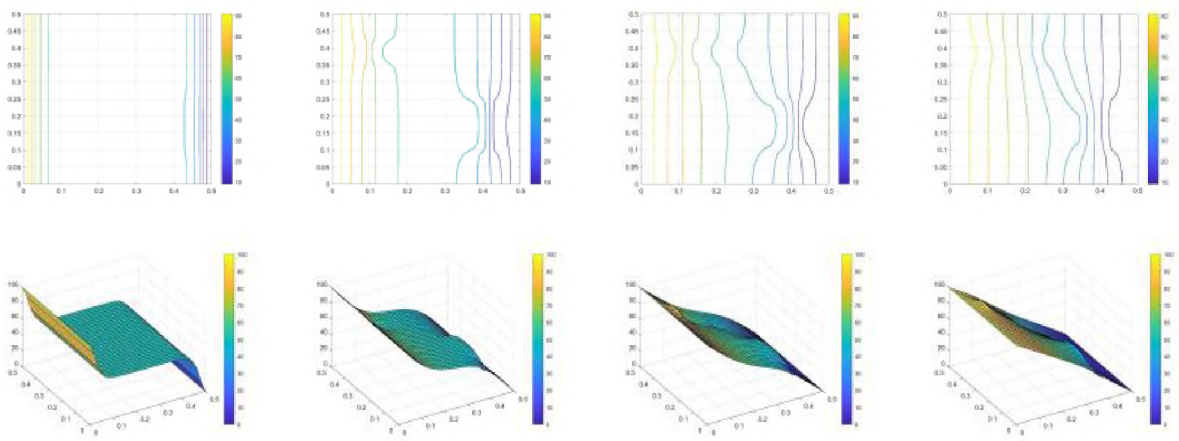


a b

4-rasm. Plastina temperaturasining y=0,1724 gorizontali bo‘yicha o‘zgarishi.

Temperaturani taqsimlanishining egri chiziqlarini taqqoshlash shuni ko‘rsatadiki, vaqt o‘tishi bilan natijaviy egri chiziqlar barqarorlashadi.

Aniqlik uchun 5-rasmda t = 10, 50,100 va 600 sekunddagi izolinyalar va temperatura sirtlari ko‘rsatilgan. Vaqt o‘tishi bilan bir jinsli bo‘lmagan plastinadagi qo‘shimchalarning ta’siri aniq kuzatiladi.



5-rasm. t = 10, 50, 100 va 600 sekunddagi izolinyalar va temperatura sirtlari.

Xulosa va takliflar. Ikkita qoplamani o‘z ichiga olgan plastinada issiqlik uzatish jarayoni o‘rganildi. Masalani yechish algoritmining to‘g‘riligi to‘r usuli bilan olingan sonli qiymatlarni taqqoslash orqali isbotlanadi. Qo‘shimchalarning bir jinsli bo‘lmagan temperaturali maydon hosil bo‘lishiga ta’siri o‘rganildi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

[1]. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. М., Едиториал УРСС, 2003, 784 с.

[2]. Кузнецов Г.В., Шеремет М.А. Разностные методы решения задач теплопроводности. Томск, изд-во ТПУ, 2007, 172 с.

[3]. Жуков Н.П., Майникова Н.Ф., Никулин С.С., Антонов О.А. Решение задач теплопроводности методом конечных элементов. Тамбов, изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014, 80 с.

[4]. Люкшин П.Л., Люкшин R.A., Матолыгина Н.Ю., Панин С.В. Определение эффективных теплофизических характеристик композиционного материала. Физическая мезомеханика, 11 5 (2008), 103–110 с.

Хасанов Музаффар Машарипович, Дониёр Бахромович Азимов, Исмаилов Охунжон Бахромович (Ургенчский государственный университет; e-mail: hmuzaffar@mail.ru; doniyor.azimov.97@bk.ru; bakhromboyevich.oxunjon@gmail.com)

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО НЕЛИНЕЙНОГО УРАВНЕНИЯ КОРТЕВЕГА-ДЕ ФРИЗА С ИСТОЧНИКОМ В КЛАССЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Аннотация. *В работе рассматривается решение задачи Коши для модифицированного нелинейного уравнения Кортевега-де Фриза (мНКдФ) с добавлением источника в классе периодических функций. Исследуются условия существования и единственности решений, а также поведение решений с течением времени. Используются методы функционального анализа и теории дифференциальных уравнений. Особое внимание уделяется влиянию источника на динамику решения, включая формирование периодических волн и устойчивость полученных решений. Полученные результаты могут быть применимы к моделированию различных физических процессов, таких как распространение волн в плазме и гидродинамике.*

Ключевые слова*: модифицированное уравнение Кортевега-де Фриза, самосогласованный источник, оператор Дирака, обратная спектральная задача, система уравнений Дубровина, формулы следов.*

DAVRIY FUNKSIYALAR SINFIDA MOSLANGAN MANBALI NOCHIZIQLI MODIFITSIRLANGAN KORTEVEG-DE FRIZ TENGLAMASI UCHUN QO‘YILGAN KOSHI MASALASINI YECHISH

Annotatsiya. *Mazkur ishda Korteveg-de Frizning modifikatsiyalangan nochizili tenglamasi (mKdV) uchun qo‘shimcha manba bilan birga Koshining masalasi davriy funksiyalar sinfida yechilishi ko‘rib chiqiladi. Yechimlarning mavjudligi va yagona bo‘lish shartlari hamda vaqt o‘tishi bilan ularning o‘zini tutishi o‘rganiladi. Funksional tahlil va differensial tenglamalar nazariyasi usullari qo‘llaniladi. Manbaning yechim dinamikasiga, xususan, davriy to‘lqinlarning shakllanishi va olingan yechimlarning barqarorligiga*