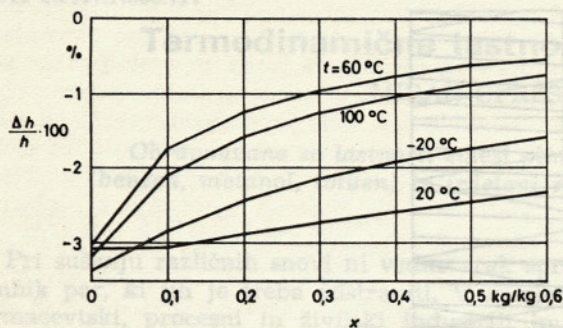
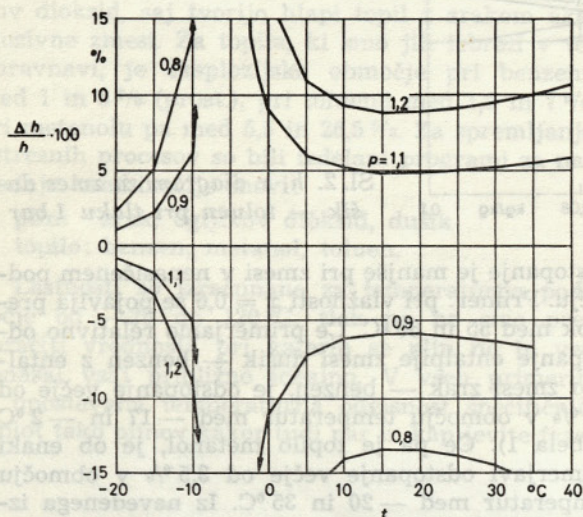




Sl. 4. Relativno odstopanje entalpije zmesi dušik — toluen v primerjavi z entalpijo zmesi zrak — toluen v odvisnosti od vlažnosti



Sl. 5. Relativno odstopanje entalpije zmesi zrak — toluen v področju megle za različne tlake

UDK 536.21

Uporaba postopka robnih elementov pri prevajanju toplote v ravninskih prerezi

POLDE ŠKERGET — FRANC ČUJEŠ — ANDRO ALUJEVIČ

1. UVOD

Pri reševanju tehničnih problemov pogosto uporabljamo numerične postopke. Znani sta metodi končnih elementov (MKE) in končnih razlik (MKR). Za obe je značilna diskretizacija integracijskega območja na številne elemente ozir. vozlišča. Zato ta dva postopka imenujemo območni metodi. Vodilno enačbo problema (pri prevajanju toplote je to Fourierova enačba) aproksimiramo po območju s funkcijami, ki zadoščajo robnim pogojem.

Alternativne metode so robni postopki. Pri njih razdelimo le obris telesa (ozir. prereza pri ravninskih obravnavah) na izbrano število robnih elementov. Nato uporabimo aproksimacijske funkcije, ki zadoščajo vodilni enačbi na območju.

Za osnovo je vzeta entalpija pri 1 bar, vlažnost pa pri $x = 0,3$. Tudi tu vidimo, da lahko storimo veliko napako, če ne upoštevamo spremembe lege izoterm v področju megle ob spremembi tlaka.

Pomembna je še sprejemljivost hlapov pri različnih plinih. Če je izstopno stanje sušilnega sredstva na presečišču izentalpe skozi začetno stanje in linije nasičenja $\varphi = 1$ (največja možna sprejemljivost vlage), dobimo najugodnejše rezultate pri dušiku. V tabeli 2 je prikazana relativna sprejemljivost za temperaturi 20 in 65 °C pri začetni vlažnosti $x = 0,03$. Iz tabele je razvidno, da ogljikov dioksid precej slabše sprejema hlape topila.

Tabela 2: Sprejemljivost vlage

Zmes	20 °C	65 °C
dušik — benzen	100 %	100 %
zrak — benzen	95,9 %	96,6 %
ogljikov dioksid — benzen	67,4 %	79,7 %

Računalniški programi so prirejeni za izračun entalpije, prostornine, gostote, vlažnosti, relativne vlažnosti, vlažnosti nasičenosti in temperature rosišča za poljubne kombinacije zgoraj navedenih plinov in topil v odvisnosti od vstopnih podatkov.

Naslov avtorjev: prof. dr. ing. Miran Oprešnik,
asist. dipl. ing. Uroš Mikoš,
oba: Fakulteta za strojništvo
v Ljubljani

Območne in robne postopke lahko tudi kombiniramo in s tem dosežemo boljši prikaz robnih pogojev v že izdelanih računalniških programih končnih elementov ozir. končnih razlik.

Ena od prednosti metode robnih elementov (MRE) v primerjavi z območnimi postopki je manjši sistem izhodnih linearnih enačb, s tem pa je potreben tudi manjši računalniški spomin, manjše število vhodnih podatkov ter krajši računski čas. Mimo tega je v splošnem dosegljiva tudi večja numerična natančnost rezultatov.

V sestavku želimo prikazati uporabnost postopka robnih elementov na zgledih ravninskega prevajanja toplote, ki smo jih vrednotili na CYBER 72 stroju. Teorije samega postopka ne bomo navajali, ker je na voljo v uporabljeni literaturi (Breibia [1], Zienkiewicz [2]).

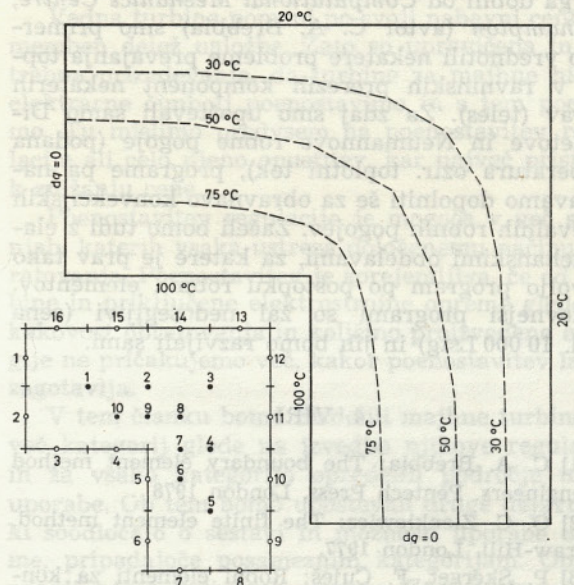
2. PRIMERI

Obdelali smo pet zgledov uporabe metode robnih elementov pri prevajanju toplote v ravninskih prerezi (kvadratna cev, dimniška cev, plavutna cev, valj s pokrovom, cevna prirobnica). Izbrali smo najpreprostejši postopek s »konstantnimi« robnimi elementi, ki imajo vozlišča samo v težiščih daljic, s katerimi smo poligonalizirali obris ravninskih prerezov obravnavanih teles. Pri vsakem vrednotenem zgledu podajamo primerjavo MRE z MKE ozir. MKR v »notranjih« točkah prerezov.

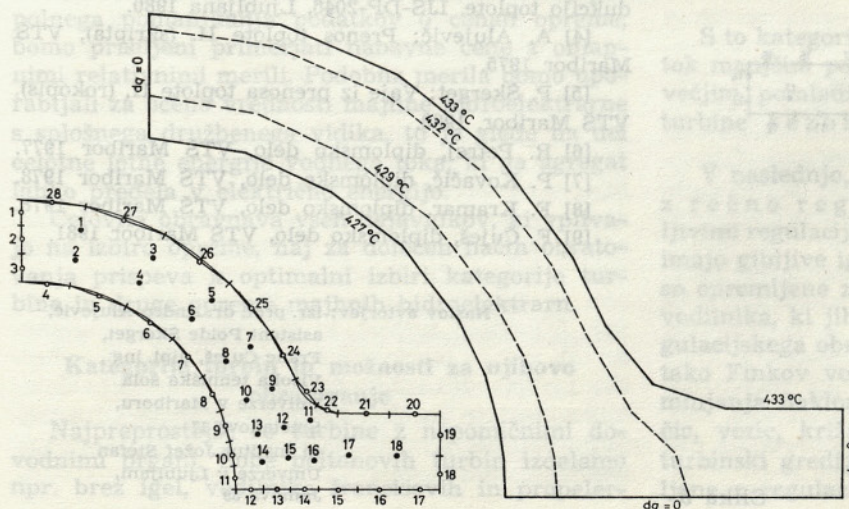
2.1 Kvadratna cev

Točka	MKE	MRE	Točka	MKE	MRE
1.	57,6	57,6	6.	75,9	75,1
2.	51,0	49,8	7.	69,8	67,2
3.	37,2	35,1	8.	57,8	55,3
4.	51,0	49,8	9.	69,8	67,2
5.	57,6	57,6	10.	75,9	75,1

Grafični prikaz rezultatov je podan na sliki 1.



Slika 1

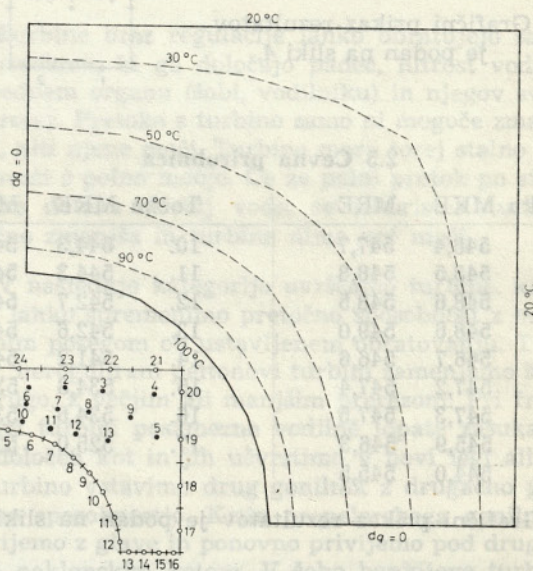


Slika 2

2.2 Dimniška cev

Točka	MKE	MRE	Točka	MKE	MRE
1.	36,5	36,3	8.	45,7	45,4
2.	33,9	33,7	9.	38,5	38,7
3.	29,8	29,7	10.	75,1	74,7
4.	24,5	24,7	11.	72,6	72,1
5.	29,8	29,7	12.	68,3	68,0
6.	54,5	54,2	13.	62,6	62,7
7.	51,2	50,8			

Grafični prikaz rezultatov je podan na sliki 2.



2.3 Plavutna cev

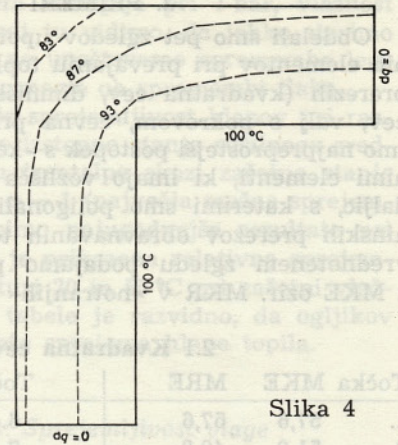
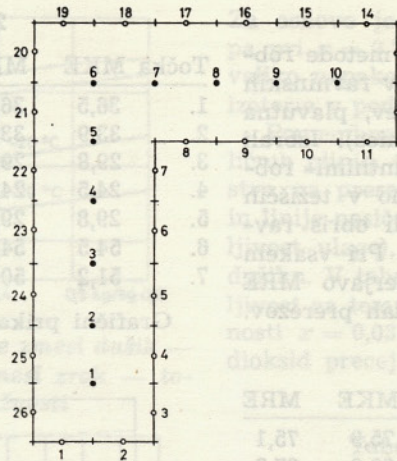
Točka	MKE	MRE
1.	431,2	430,9
2.	429,2	429,3
3.	431,2	430,9
4.	429,2	429,3
5.	431,2	430,9
6.	429,2	429,3
7.	431,2	431,1
8.	429,2	429,3
9.	431,1	431,0
10.	429,1	429,1
11.	432,1	431,9
12.	430,6	430,5
13.	428,9	429,0
14.	428,8	428,8
15.	430,4	430,3
16.	431,6	431,5
17.	432,6	432,6
18.	432,8	432,8

Grafični prikaz rezultatov je podan na sliki 3.

2.4 Valj s pokrovom

Točka	MKR	MRE
1.	93,10	93,31
2.	92,43	93,48
3.	92,71	93,65
4.	92,62	93,24
5.	91,57	91,31
6.	88,06	87,82
7.	91,84	90,93
8.	93,23	92,67
9.	93,66	93,04
10.	93,71	93,09

Grafični prikaz rezultatov je podan na sliki 4.

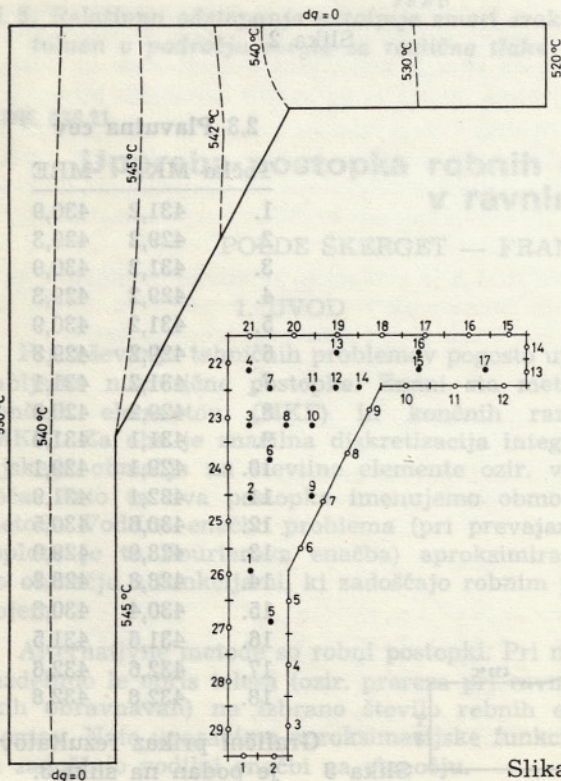


Slika 4

2.5 Cevna prirobnica

Točka	MKE	MRE	Točka	MKE	MRE
1.	548,4	547,7	10.	544,3	544,8
2.	548,5	548,8	11.	544,3	544,9
3.	548,6	548,5	12.	542,7	543,4
4.	548,6	549,0	13.	542,6	543,4
5.	546,7	546,6	14.	541,2	542,3
6.	547,2	547,4	15.	534,8	538,7
7.	547,3	547,5	16.	534,6	536,5
8.	545,9	546,3	17.	525,0	527,7
9.	544,0	545,5			

Grafični prikaz rezultatov je podan na sliki 5.



Slika 5

3. SKLEPI

S programom po metodi robnih elementov, ki smo ga dobili od *Computational Mechanics Centre, Southampton* (avtor C. A. Brebbia) smo primerjalno vrednotili nekatere probleme prevajanja toplote v ravninskih prerezih komponent nekaterih naprav (teles). Za zdaj smo upoštevali samo Dirichletove in Neumannove robne pogoje (podana temperatura ozir. toplotni tok), programe pa nameravamo dopolniti še za obravnavo konvekcijskih in sevalnih robnih pogojev. Začeli bomo tudi z elastomehanskimi obdelavami, za katere je prav tako na voljo program po postopku robnih elementov. Zahtevnejši programi so žal nedosegljivi (cena pribl. 10 000 Lstg) in jih bomo razvijali sami.

4. VIRI

- [1] C. A. Brebbia: The boundary element method for engineers. Pentech Press, London 1978.
- [2] O. C. Zienkiewicz: The finite element method. McGraw-Hill, London 1977.
- [3] P. Škerget, F. Čuješ: Robni elementi za kondukcijo toplote. IJS-DP-2046, Ljubljana 1980.
- [4] A. Alujevič: Prenos toplote II. (skripta), VTŠ Maribor 1975.
- [5] P. Škerget: Vaje iz prenosa toplote II. (rokopis), VTŠ Maribor, 1980.
- [6] R. Petrej, diplomsko delo, VTŠ Maribor 1977.
- [7] P. Kovačič, diplomsko delo, VTŠ Maribor 1978.
- [8] F. Kramar, diplomsko delo, VTŠ Maribor 1978.
- [9] F. Čuješ, diplomsko delo, VTŠ Maribor 1981.

Naslov avtorjev: izr. prof. dr. Andro Alujevič,
asistent Polde Škerget,
Franc Čuješ, dipl. ing.,
Visoka tehniška šola
Univerze v Mariboru,
Smetanova 17
in Institut Jožef Stefan
Univerze v Ljubljani,
Jamova 39