KFKI-1979-85

TÓTH I.
DÚS M.

BIOT2 - HÁROM DIMENZIÓS HŐVEZETÉSI KÓD IDŐFÜGGŐ FELADATOK MEGOLDÁSÁRA

Hungarian Academy of Sciences

CENTRAL RESEARCH INSTITUTE FOR PHYSICS

BUDAPEST

KFKI-1979-85

BIOT2 - HÁROM DIMENZIÓS HŐVEZETÉSI KÓD IDŐFÜGGŐ FELADATOK MEGOLDÁSÁRA

Tóth I., Dus M.
Magyar Tudományos Akadémia Központi Fizikai Kutató Intézete
1525 Budapest Pf. 49.

HU ISSN 0368 5330
ISBN 963 371 610 1

KIVONAT

A BIOT2 program 3-dimenziós stacioner és időfüggő hővezetési feladatok megoldására szolgál. A verzió a BIOT kód [6] javitott és modernizált változata.

A program két fő részből áll. Az előkészitő program az input adatok felhasználásával különböző segédmennyiségeket számol a program további része számára. A második rész oldja meg a hővezetési egyenletet valamely, előre rögzitett geometriában.

A hőforrás megválasztásának nagy a flexibilitása. A program alkalmazható fűtőelemek hőmérsékleteloszlásának számitására.

Az anyagi jellemzők és a hőátadási együtthatók a hely függvényei, nem függnek az időtől és a hőmérséklettől.

A program jelen verziója 700 rácspont kezelésére alkalmas, de megfelelő számitógép memória esetén tetszőlegesen bővithető.

АННОТАЦИЯ

Программа BIOT2 служит для решения трехмерных стационарных и нестационарных задач теплопроводности. Она является улучшенным и усовершенствованным вариантом программы BIOT [6].

Программа состоит из двух главных частей: одна подпрограмма подготавливает нужные для расчета данные на основании входных данных, другая подпрограмма решает уравнение теплопроводности для заданной геометрии.

Возможности при задании источника тепла широкие. Программа хорошо применима для расчета температурного поля в ТВЭЛ-ах. Материальные параметры и коэффициенты теплоотдачи в программе являются функциями от места и считаются независимыми от температуры и времени.

Программа в настоящей форме вычисляет температурное поле в 700 узлах, однако это можно увеличить в зависимости от объема памяти располагаемой ЭВМ.

ABSTRACT

BIOT2 is a three-dimensional steady-state and transient heat conduction code written in FORTRAN. This code is a repaired and modernized version of the BIOT code [6].

The code consists of two main parts. The preparatory program computes several auxiliary quantities using input data for the other part of the code. The heat conduction equation is solved in the second part for a given geometry.

There is a great flexibility in the choise of heat source. The code can calculate temperature distribution in fuel elements.

Material properties and heat transfer coefficients are spatial functions, without temperature and time dependence.

In this version the maximum number of mesh points is 700, but it can be extended in case of sufficient computer memory.

Bevezetés

Gyakran előforduló feladat, hogy a reaktor fütőelemek hőmérséklet-eloszlását kell meghatározni. Az analitikus megoldás nem jelentene problémát egyszerü geometria esetén, /henger, gyürü, hasáb/ mert Laplace transzformációval instacioner esetben is pontos analitikus megoldást kaphatunk. Nagy nehézséget jelent viszont, hogy a gyakorlatban az üzemanyagrudakat burkolat veszi körül, s a résben már kontakt hővezetéssel és hősugárzással adódik át a hőenergia. Pontos számitásoknál nemcsak az axiális és radiális, hanem az azimutális hőmérséklet eloszlás is érdekes lehet, aminek analitikus számitása ismét csak nehézkes. Egy-egy fütőelemnél a burkolat mentén nem lesz állandó térben /és időben, ha instacioner/ a hütőközeg-sebességeloszlás, ez viszont a helyi hőátadási tényező értékét befolyásolja. Igy a külső burkolatra a hőfluxuseloszlás /a harmadfaju peremfeltétel/ nem lesz állandó, ez viszont maga után vonja, hogy a peremfeltétel sem adható meg egyszerü módon. Ezek után nyilvánvaló, hogy analitikus megoldással nem kaphatunk a gyakorlat számára elegendően pontos megoldást, más utat kell választani.

A hővezetési feladatok megoldásának széles körben használt számitási módszere a megfelelő parciális differenciál egyenletek numerikus integrálása. [2, 3, 4] Ezt használja a GHT program [1] is, de nagyon sok input adatot igényel. Ezeket viszonylag egyszerüen ki lehet számitani derékszögü hálózat esetén, de henger geometriára ez hosszadalmas müvelet lenne. A BIOT2 program maga számitja ki ezeket a mennyiségeket, pl. a hőeloszlás számitásakor egy fütőanyagot, rést és burkolatot tartalmazó fütőelemben.

I. SZÁMITÁSI MÓDSZER

A tranziens hővezetési differenciál egyenlet a következő alakban irható fel:

$$\mathrm{div}\left[k/x,y,z/\mathrm{grad}\ T\right] + q/x,y,z,\tau/ = C/x,y,z/. \frac{\partial T}{\partial \tau} \qquad /1/$$

Ennek az egyenletnek a program által kezelhető peremfeltételei a következő alakban irhatók:

$$a./ \qquad T_b = F/x,y,z,\tau/ \qquad /2/$$

az un. elsőfaju peremfeltétel, vagy

$$b./ \qquad -k\left[\frac{\partial T}{\partial x}\right]_b = \alpha\left[T_b - F/x,y,z,\tau/\right], \qquad /3/$$

az un. harmadfaju peremfeltétel, ahol:

- k - hővezetési együttható
- T - hőmérséklet
- q - térfogati hőforrássürüség
- τ - idő
- C - hőkapacitás, $C = \varrho \cdot c_p$
- c_p - fajhő
- F - a hely és az idő valamilyen ismert függvénye
- α - effektiv hőátadási tényező.

A stacioner hővezetési egyenlet /1/ -ből származtatható a következő alakban:

$$\mathrm{div}\left[k/x,y,z/\mathrm{grad}\ T\right] + q/x,y,z/ = 0 \qquad /4/$$

Ennek a program által kezelhető lehetséges peremfeltételei - az időfüggéstől eltekintve - megegyeznek /1/ -ével.

A. <u>Stacioner egyenletek</u>

/1/ és /4/ megoldása a véges differenciák módszerével történik. /4/ -et differencia formára hozva a j-edik rácspontra a következő összefüggés adódik:

$$\sum_{i=1}^{M} K_i/T_i - T_j/ + Q_j = 0, \qquad j = 1,2,\dots N \qquad /5/$$

ahol N - a rácspontok száma

M - a szomszédos pontok száma

Q_j - hőfejlődés a j-edik elemi térfogatban

K_i - hőkonduktancia /a termikus ellenállás reciproka/ a j-edik pont és i-edik szomszédja között.

Az /5/ egyenletrendszerre alkalmazva a Gauss-Seidel módszert a következő iterációs sémát kapjuk:

$$\left(T_j^{/n+1/} - T_j^{/n/}\right) \sum_{i=1}^{M} K_i = \sum_{i=1}^{M} K_i \, /T_i - T_j/^{/n/} + Q_j, \qquad /6/$$

$$j = 1,2,\dots N$$

/a felső indexek az iterációk számát jelölik/.

A gauss-Seidel módszer konvergenciájának gyorsítására overrelaxációt használunk, amely a következő iterációs sémához vezet:

$$T_j^{/n+1/} - T_j^{/n/}/1 - \beta/ + \frac{\beta \cdot \left(\sum_{i=1}^{M} K_i \cdot T_i + Q_j\right)}{\sum_{i=1}^{M} K_i}, \qquad /7/$$

$$j = 1,2,\dots N$$

ahol β az overrelaxációs együttható, melyet a program automatikusan is felvehet, vagy inputként adhatjuk meg.
A konvergencia sebességét gyakran tovább növelhetjük az Aitken-

féle δ^2 eljárással [5] , ebben az esetben az iterációs sémán tulmenően a

$$T_j^{/n+1/} = T_j^{/n/} + \frac{\left(T_j^{/n/} - T_j^{/n-1/}\right)^2}{\left(T_n^{/n-1/} - T_j^{/n-2/}\right) - \left(T_j^{/n/} - T_j^{/n-1/}\right)} \qquad /8/$$

$$j = 1,2,\dots N$$

formulát is alkalmazni kell.

Az iterációt addig végezzük, amig

$$\max_{j=1,N}\left(\left|\frac{T_j^{/n/} - T_j^{/n+1/}}{T_j^{/n+1/}}\right|\right)$$

kisebb lesz, mint a megadott konvergencia kritérium. /N a rácspontok száma./

B. Tranziens egyenletek

A j-edik pont $/\tau + \Delta\tau/$ időpontbeli hőmérséklete az Euler módszer alapján a következő differenciasémával állitható elő:

$$T_j\,/\tau + \Delta\tau/ = T_j/\tau/ + \frac{\Delta\tau}{C_j}\left\{\sum_{i=1}^{M} K_{ij}\left[T_i/\tau/ - T_j/\tau/\right] + Q_j + \Delta Q_j\right\} \qquad /9/$$

ahol c_j a j-edik elemi térfogat hőkapacitása és $\Delta\tau$ az időlépés. Mivel a fajlagos hőfejlődés a rudban időfüggő, ezt a felhasználónak kell megadnia, egyenes szakaszok összegével közelitve a Q változását. A 0-tól S_1 -ig terjedő első időintervallumban:

$$\Delta Q_j = B_1\tau \qquad 0 < \tau \leqq S_1 \text{ -re.}$$

Az S_1 és S_2 között levő második időintervallumban:

$$\Delta Q_j = B_1 S_1 + B_2/\tau - S_2/ \qquad S_1 < \tau \leqq S_2 \text{ -re}$$

$$\begin{aligned} &\vdots \\ &= \sum_{i=1}^{k-1} B_i/S_i - S_{i-1}/ + B_k/\tau - S_{k-1}/ \qquad\qquad /10/ \\ &\qquad\qquad S_{k-1} < \tau \leqq S_k \text{-ra} \end{aligned}$$

azaz a hőfejlődés időtől való függését egyenes ábrázolja az $/S_k - S_{k-1}/$ intervallumokban. Az intervallumok maximális száma 25 $/k \leqq 25/$.

A /9/-ből számitott tranziens hőmérsékletek konvergálnak a megoldáshoz, ha a $\Delta\tau$ időlépés elegendően kicsi. Fowler és Volk [1] szerint a stabilitás feltétele:

$$\Delta\tau \leqq \min_{j=1,N} \left| \frac{C_j}{\left(\sum_{i=1}^{M} K_i\right)_j} \right| \qquad /11/$$

$\Delta\tau$ értéke a BIOT2 program inputja, de a program megvizsgálja és olyan uj értéket számit ki, mely kielégiti a stabilitás /11/ feltételét.

Hasonló módon az ismert hőmérsékletü pontokra /pl. a határpontokra/ a hőmérséklet kiszámitására az alábbi egyenletet használjuk:

$$T_j/\tau + \Delta\tau/ = T_j/\tau/ + \Delta\tau_j \qquad /12/$$

$$\text{ahol} \quad \begin{aligned} T_j &= A_1 \Delta\tau & 0 < \tau \leqq w_1\text{-re} \\ &= A_2 \Delta\tau & w_1 < \tau \leqq w_2\text{-re} \\ &\vdots & \qquad\qquad /13/ \\ &= A_i \Delta\tau & w_{i-1} < \tau \leqq w_i\text{-re} \end{aligned}$$

és ismét $i \leqq 25$.

II. A PROGRAM SZERKEZETE

A program két fő részből áll: az előkészitő programból /HEATGEN és CONDUCT szubrutinok/, mely az elemi térfogatok hőfejlesztését és hőkapacitását, a konduktanciákat és egyéb programszervezési segédmennyiségeket számolja, melyek a GHT szubrutin input adatai; egy második programból - a GHT szubrutinból - amely megoldja a hővezetési egyenletet valamely geometriában. Az előkészitő program csak henger geometria esetén használható. A programot az előkészitő program nélkül is lehet futtatni, de akkor a hőfejlődést, hőkapacitást, hőkonduktanciákat és a rácspontok indexeit inputként meg kell adni.

A program előkészitő része által a rácspontokhoz rendelt indexek a következők: 1 az indexe a z_1 sik középpontjának, ezt követik a különböző sugarakhoz tartozó pontok a legkisebbtől a legnagyobb, /NR$^{x/}$+1/-edik, sugát felé haladva. Mivel egy sugáron NDTETA$^{x/}$-1 pont van, ezért egy sikon az összes pontok száma /NDTETA-1/./NR+1/+1.Az indexek rendszerét a z=konst. sikon az 1. ábra mutatja. A z_2, z_3, s.i.t. sikok pontjai ugyanezt az elrendezést követik. /Az NR+1 sugáron levő pontokhoz is tartozik index, bár ezek csak "szomszédos" pontok, azaz határpontok, vagy ismert hőmérsékletü pontok./

A program megengedi, hogy a felhasználó a különböző irányokban megválassza a rácspontok számát. Az egyes irányokban felvehető pontok maximális számát a jelenlegi programverzióra az 1. táblázat foglalja össze.

----

x/ jelölés: lásd a III. fejezet.

1. Táblázat

azimutális irány NDTETA	axiális irány NZETA	radiális irány N + 1	összesen
6	7	16	679
6	8	14	68o
6	9	12	657
6	1o	11	67o
7	6	16	678
7	7	14	693
7	8	12	68o
7	9	1o	639
7	1o	9	64o
8	5	16	645
8	6	14	678
8	7	12	679
8	8	1o	618
8	9	9	657
8	1o	8	65o

A szomszédos pontoknak a program előkészitő része által történő relativ számozását a 2. ábra mutatja. A konduktancia értékeket ebben a sorrendben nyomtatja ki a program.

Az alábbiakban a program szerkezetének részletezése következik.

HEATGEN szubrutin

Beolvassa és kinyomtatja a saját és a CONDUCT szubrutin input adatait. Ezenkivül minden pontra kiszámol egy elemi térfogatot és a henger keresztmetszetének területét a z = konst. sikon. Ez utóbbit kinyomtatja ellenőrzés céljából. A hőfejlődés és a hőkapacitás értéke az elemi térfogatok és a hőforrás értékeinek, ill. ϱ és c_p -nek a szorzata.

CONDUCT szubrutin

Kiszámitja a szomszédos pontok indexeit és a hővezetést az egyes pontok és szomszédai között. A konduktancia értékek a következő összefüggésből adódnak:

$$K = k \frac{A}{\Delta x} \qquad /14/$$

ahol
- K - a konduktancia
- k - hővezetési tényező
- A - a hőáramra merőleges terület
- Δx - a rácspontok távolsága.

Ez az egyenlet a hőszállitásra mint hővezetésre vonatkozik, de az input adatok alkalmas megválasztásával kezelhető igy a hőátadás vagy az érintkezési hőellenállás esete is. Ehhez tekintsük a

$$K = \alpha \cdot A \qquad /15/$$

és

$$K = h \cdot A \qquad /16/$$

összefüggéseket, ahol

- α - hőátadási tényező
- h - $\frac{1}{h_r}$ / h_r az érintkezési hőellenállás/.

/14/, /15/ és /16/ összehasonlitásából adódik, hogy a hővezetést és az érintkezési hőellenállást ugy is megkaphatjuk, hogy /14/ -be $k = \alpha \cdot \Delta x$ -et, ill. $k = h \cdot \Delta x$ -et irunk.

k függhet a radiális elhelyezkedéstől és különböző lehet egy pont és a megelőző, következő, vagy ugyanazon sugáron levő szomszédai esetén.

A CONDUCT szubrutin hozzárendeli az indexeket az egyes pontokhoz és kiszámitja a szomszédos pontok számát. Minden pontnak legfeljebb 6 szomszédja lehet.

GHT szubrutin

A rutin a hőmérséklet eloszlását tudja kiszámitani a következő esetekben:

a./ csak-stacioner;
b./ csak-tranziens;.
c./ stacioner és tranziens;
d./ tranziens és stacioner.

A számitás az indexek sorrendjében történik. Minden feladat esetén szükség van kezdeti hőeloszlásra. A c./ tipusu számitás esetén a staciner számitás eredményei szolgálnak a tranziens eset kezdeti hőeloszlásaként. A d./ tipus esetében az utolsó tranziens eloszlás nyujtja a becsült hőmérsékleteket a stacioner számitáshoz.

A GHT szubrutin először beolvassa és kinyomtatja az input adatokat. A stacioner számitás először megadott számu iterációt végez a /6/ egyenletnek megfelelően. Ezután számitja ki β értékét és az iteráció /7/ szerint folytatódik; minden n-edik iterációnál extrapolálja a hőmérsékletet az Aitken-féle δ^2 eljárással. A számitás addig folytatódik, amig

$$\left| \max_{j=1,N} \left(\frac{T_j^{/n/}}{T_j^{/n+1/}} \right) - 1 \right| \leq \varepsilon \quad \text{teljesül,} \qquad /17/$$

ahol N - az összes pontok száma

ε - az inputként megadott konvergencia-kritérium.

Minden m-edik iteráció után az iterációk számát és a

$$\left| T^{/n+1/} - T^{/n/} \right|_{max} , \left(\frac{T^{/n+1/} - T^{/n/}}{T^{/n/}} \right)_{max}$$

értékeket kinyomtatja.

A stacioner számitás akkor ér véget, amikor teljesül a /17/ feltétel, vagy befejeződött az előre megadott számu iteráció. Ez utóbbi esetben a gép kinyomtatja a nem-konvergens stacioner eloszlást, valamint az END OF STEADY STATE - CONVR. NOT SAT szöveget mielőtt megáll. Ha egy stacioner és tranziens tipusu feladat esetén a számitás tovább folytatódik, akkor a nem-konvergens stacioner eloszlás lesz a tranziens számitás kezdeti hőmérséklet-eloszlása.

A tranziens állapot számitása /9/ és /12/ alapján történik.

III. AZ INPUT ADATOK LEIRÁSA

A sorszámok kártyaszámokat jelölnek. A szimbólumok után álló dimenzió nem kötelező: a program bármely más konzisztens mértékrendszerben müködik.

A MAIN program hivja a HEATGEN, CONDUCT és GHT szubrutinokat. Inputja:

IPREP, INST, IMTW

IPREP=1 esetén az előkészitő program nem fut, csak a GHT szubrutin kerül végrehajtásra.

IPREP≠1 esetén az előkészitő-program is fut.

INST =2 esetén csak-stacioner tipusu feladatot számit.

INST ≠2 esetén a feladat nem csak-stacioner tipusu.

IMTW =1 esetén a T1 /hőmérséklet/ változó értékét a 4-es perifériára /mágnesszalag/ is kiirja.

=2 esetén nem ir a 4-es perifériára.

FORMAT /3I5/

HEATGEN szubrutin

A1/ NR, NZETA, NDTETA, NDR, NRZERO, NDQ, NDET

NR: a rácspontok száma radiális irányban. /A középső és a hütőközegben levő nem számit./ NR ≦ 15

NZETA: a rácspontok száma axiális irányban. NZETA ≦ 10

NDTETA: a rácspontok száma szimutális irányban + 1. NDTETA ≦ 8

NDR a DR vektor elemeinek száma /lásd A5 kártya/. A gyakorlatban NDR = NR NDR ≦ 16

NRZERO: a radiális irányban levő rácspontok száma az első tartományban. /Egy két-tartományu fütőelem fütőanyagból és burkolatból áll; a fütőanyagot tekintjük első tartománynak./

NDQ: azon időpillanatok száma, melyekben adott a teljesitmény időbeli változása.

NDET: azon időpillanatok száma, melyekben adott a határpontok hőmérsékletének időbeli változása.
FORMAT /7I5/

A2/[x] R/K/: ahol K = 1,2,..., NR [cm]
a K-adik sugár hossza
FORMAT /8E10.0/

A3/[x] ZETA/K/: ahol K = 1,2,...., NZETA [cm]
a K-adik elemi térfogat magassága axiális irányban. A ZETA hossz elrendezése olyan, hogy az a pont a középpontja, melyre vonatkozik.
FORMAT /8E10.0/

A4[x] DTETA/K/: ahol K = 1,2,...., NDTETA [fok]
Az azimutális lépések hossza. DTETA/2/-től kiindulva DTETA/K/ a K-adik és a /K-1/-edik pont közti szöget adja meg fokokban. /Radiánban nem adhatók meg a szögek./
DTETA/1/-nek nincs geometriai jelentése: csupán a tengelyen levő pontok jellemzését segiti ugyanolyan kifejezésekkel, mint más pontok esetén.
FORMAT /8E10.0/

A5/[x] DR/K/: ahol K = 1,2,...., NDR [cm]
A K-adik sugáron levő pont és a vele szomszédos, /K-1/-edik sugáron levő pont távolsága:
DR/K/ = R/K/ - R/K-1/
FORMAT /8E10.0/

A6/ Y2/K/: ahol K = 1,2,...., NR $[W.cm^{-1}.^{o}C^{-1}]$
k értéke /14/-ben:
a./ a középpont és minden szomszédja között;
b./ a pont és ugyanazon sugáron levő szomszédai közt.

----

x = Lásd 3. ábra

Megjegyzés:

a./ Y2 dimenziója ugyanaz, mint a hővezetési együtthatóé. Hővezetés vagy kontakt hővezetés esetén Y2 értékének megadásakor a II.fejezetben megadott utmutatásokat kell követni.

b./ Ha DR/NR+1/=0, akkor Y2 NR-edik értéke tetszőleges. /DR/NR+1/-et lásd az A10-es kártyán/

FORMAT /8E10.0/

A7/ Y3/K/: ahol K = 1,2,...., NR [W.cm^{-1}.^{o}C^{-1}]

k értéke a /14/ egyenletben a K-adik sugáron levő pont és a /K-1/-ediken levő szomszédja között.

Megjegyzés: lásd A6.

FORMAT /8E10.0/

A8/ Y4/K/: ahol K = 1,2,...., NR [W.cm^{-1}.^{o}C^{-1}]

FORMAT /8E10.0/

A9/ CCO/M/,
CO/I,M/: ahol I = 1,2,....,NR [W.sec.cm^{3}.^{o}C^{-1}]
M = 1,2,....,NZETA

CCO: fajhő /c_p/ az M-edik sik középpontjánál.

CO: fajhő /c_p/ az M-edik sik I-edik sugaránál. Csak stacioner számitás esetén /INST=2/ ezek a kártyák nem szerepelhetnek az input adatok között.

FORMAT /8E10.0/

A10/ R/NR+1/; DR/NR+1/: [cm]

R: az utolsó sugár értéke, amikor hütőfolyadék veszi körül a fütőelemet. Ez egy a hütőfolyadékban levő pontra adott /nem a fütőelem felületén levő pontra/. Csak egy ilyen pontot lehet figyelembe venni.

DR: R/NR+1/ - R/NR/

Megjegyzés:

a./ Ha a felületen peremfeltételek adottak, akkor DR/NR+1/ = 0-t kell megadni.

b./ DR/NR+1/ értéke rögzitett, ha az α /15/ hőátadási együttható ir elő peremfeltételeket.

FORMAT /8E10.0/

A11/ FAX/K/: ahol K = 1,2,...., NZETA [dimenió nélküli]

A hőteljesitmény axiális szorzótényezői.

FORMAT /8E10.0/

A12/ FR/K/: Ahol K = 1,2,...., NRP1 [dimenzió nélküli]

A hőteljesitmény radiális szorzótényezői. /Az első érték a középponthoz tartozik. A burkolatra FR = 0./

FORMAT /8E10.0/

A13/ FT/K/: ahol K = 1,2,...., NDTETA dimenzió nélküli

A hőteljesitmény azimutális szorzótényezői.

FORMAT /8E10.0/

A14/ QAV: Fajlagos, átlagos hőteljesitmény [W/cm^3]

FORMAT /E10.0/

A15/ TT/K/: ahol K = 1,2,...., NZETA [^{o}C]

A határpontok hőmérséklete stacioner állapotban. /Azimutálisan nem változhat./

FORMAT /8E10.0/

A16/ AA/L,K/, W/K/: ahol L = 1,2,..., NZETA

K = 1,2,..., NDET

AA: A határpontok hőmérséklete a K időpillanatban [^{o}C]

W: A K időpillanat értéke [sec]

FORMAT /8E10.0/

CONDUCT szubrutin Nincs inputja.

GHT szubrutin

C1/ NOPS, NOITX, NEX1, NEX, IOR1, IOR2, NDTA, TIME, DELTAT, EPI, INDIC, BETA, NCASE, NTMOD

NOPS: A rácspontok száma összesen.
$NOPS \leqq 700$

NOITX: A stacioner iterációk maximális száma.
A csak-tranziens feladatok esetén üresen lehet hagyni a helyét a kártyán.

NEX1: A stacioner iterációk száma a számitás és/vagy az Aitken-féle extrapolációs ciklus megkezdése előtt.
A csak-tranziens tipusu feladatok esetében üresen lehet hagyni a helyét a kártyán.

NEX: Ha a stacioner iterációk száma elérte a NEX1-ben előirt értéket, akkor a program minden NEX-edik iterációnál extrapolálja a hőmérsékletet az Aitken-féle δ^2 eljárás segitségével.
A csak-tranziens tipusu feladatok esetében üresen lehet hagyni a helyét a kártyán.

IOR1, IOR2: a feladat tipusát határozza meg

IOR1	IOR2	
1	0	csak-stacioner /INST=2 esetén ezt kell megadni/
-1	0	csak-tranziens
0	1	stacioner és tranziens
0	-1	tranziens és stacioner

NDTA: tranziens output ciklus
Pl., ha NDTA=10, akkor a tranziens hőmérséklet eloszlás a $10\Delta\tau$, $20\Delta\tau$, ...s.i.t. időpillanatokban kerül kinyomtatásra.
/$\Delta\tau$ a DELTAT idő-növekmény: lásd alább/
Ha a program uj $\Delta\tau$ értéket számol /lásd I. fejezet/, akkor NDTA értékét ugy változtatja meg, hogy az output időpontja ugyanaz marad.
Csak-stacioner feladat esetében üresen lehet hagyni a helyét a kártyán.

TIME: A tranziens számitás teljes futási ideje. [sec]
Csak-stacioner feladat esetén ki lehet hagyni.

DELTAT: Az egymást követő iterációk időlépése. [sec]
A /11/-ben előirt stabilitás-feltételnek teljesülnie kell; ha nem teljesül, akkor a program uj értéket számol, melyet ki is nyomtat. Ebben az esetben az NDTA értéke is ennek megfelelően változik.
Csak-stacioner feladat esetén ki lehet hagyni.

EPI: Konvergencia-kritérium. A stacioner számitás addig folytatódik, amig /17/ teljesül. Fowler és Volk [1] szerint ε-nak 10^{-5} -t véve a maximális hiba kisebb, mint 1% számos vizsgálat esetére.
Csak-tranziens feladat esetén ki lehet hagyni.

INDIC: β -indikátor. Két értéket vehet fel:
-+1, a program kiszámitja β értékét és felhasználja, amikor az iterációk száma eléri NEX1-et. Ebben az esetben BETA-t 1.0 -nek kell megadni;
--1, β értékét a felhasználó adja meg inputként.
Csak-tranziens feladat esetén ki lehet hagyni.

BETA: A β együttható /7/-ben. Nem lépheti tul a következő határokat:
$1 \leqq \beta < 2$. Ha INDIC = +1, akkor β -t 1.0-nak kell megadni.
Csak-tranziens feladat esetén ki lehet hagyni.

NCASE: Azonositó szám. Megjelenik az outputon, azonositja a feladatot.

NTMOD: A DELTAT időlépés módositásában vesz részt. NTMOD = 0 esetén biztosan teljesül a stabilitás feltétele. Nagyobb értékekre az időlépés is nagyobb lesz.
FORMAT /I5, 3I6, 2I2, I4, 3E8.4, I2, F8.6, 2I5/

C2/ TIMO: Az az időpont, melyben a tranziens számitásnak kell elkezdődnie. [sec]
Minden feladat-tipus esetén meg kell adni.
FORMAT /E10.6/

C3/ ALFI: Burkolat-viz hőátadási tényező, olyan dimenzióban, ahogy a hőfluxust kapni akarjuk. Pl.
[q]= [kcal/m^2.h],
akkor [ALFI] = [kcal/m^2.h.^{o}C]
FORMAT /E8.4/

C4/ B/L/, S/L/: ahol L = 1,2,...., NDQ
B: Relativ hőteljesitmény az L-edik időpontban. /Stac. = 1/
S: Az L-edik időpillanat értékei. [sec]
FORMAT /8E8.4/

IRODALOM

[1] T.B. Fowler és E.R. Volk, Generalized Heat Conduction Code for the IBM-7o4 Computer, ORNL-2734.

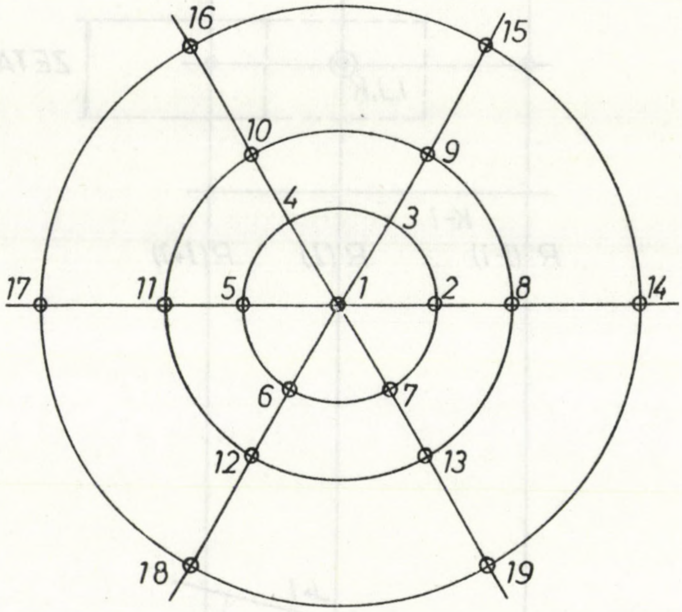
[2] D.F. Schoeberle, J. Heestand és L.B. Miller, A Method of Calculating Transient Temperatures in a Multiregion, Axisymmetric, Cylindrical Configuration. The Argus Program, 1089/RE248, Written in FORTRAN II, ANL-6654.

[3] S.S. Clark és M. Troost, RAT-3D, A General Three-Dimensional Heat Transfer Code, GAMD-7346.

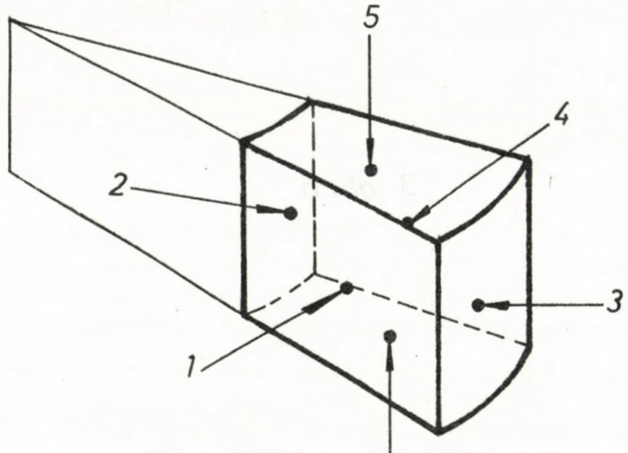
[4] S. Malang és K. Rust, RELAX - Ein FORTRAN-Programm zur numerischen Bestimmung von Temperaturfeldern mittels der Relaxationsmethode der Thermodynamic, KFK 1053.

[5] A. Ralston, A First Course in Numerical Analysis, McGrow-Hill, 1965.

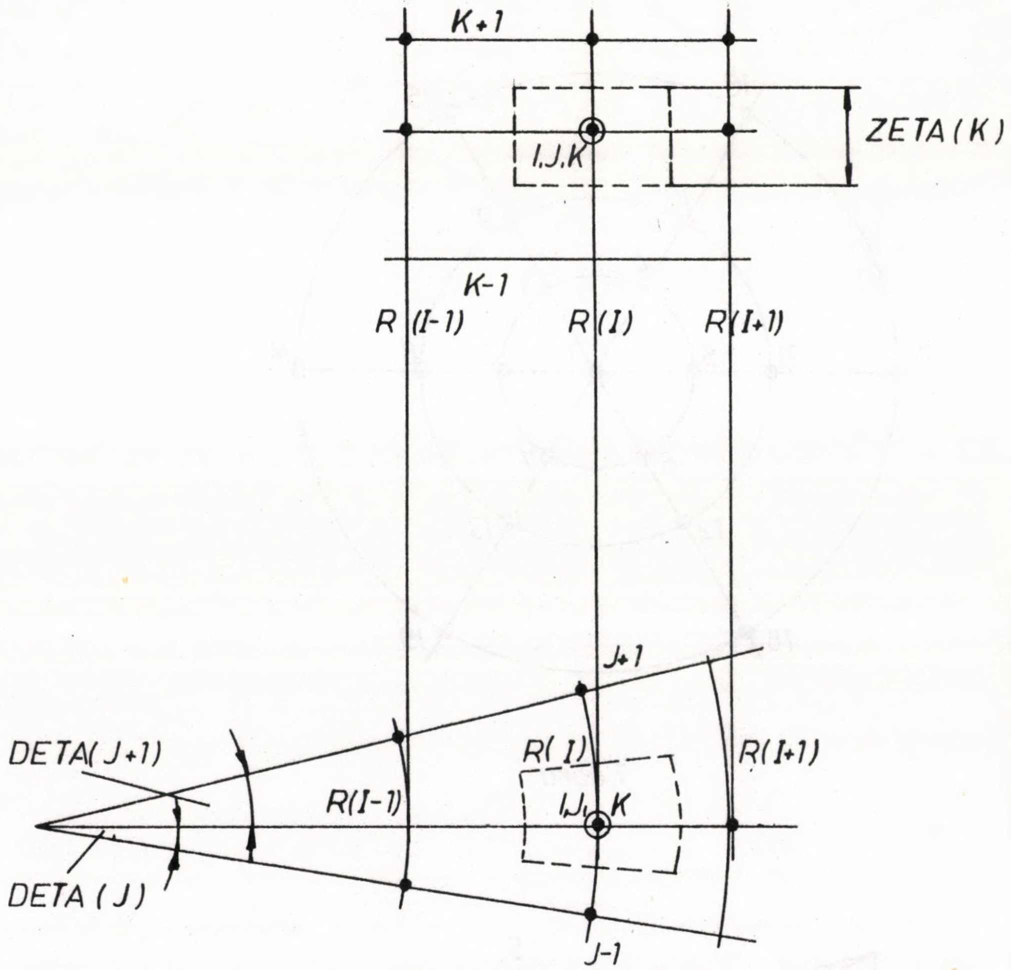
[6] I. Tóth, L. Szabados, P. Grillo, BIOT - A 3-dimensional steady-state and transient heat conduction code. KFKI - 7o - 35 RPT.



1.ábra



2. ábra



3. ábra

Kiadja a Központi Fizikai Kutató Intézet
Felelős kiadó: Gyimesi Zoltán
Szakmai lektor: Vigassy József
Példányszám: 200 Törzsszám: 79-918
Készült a KFKI sokszorosító üzemében
Budapest, 1979. november hó