

315.084

16
1967

VI

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

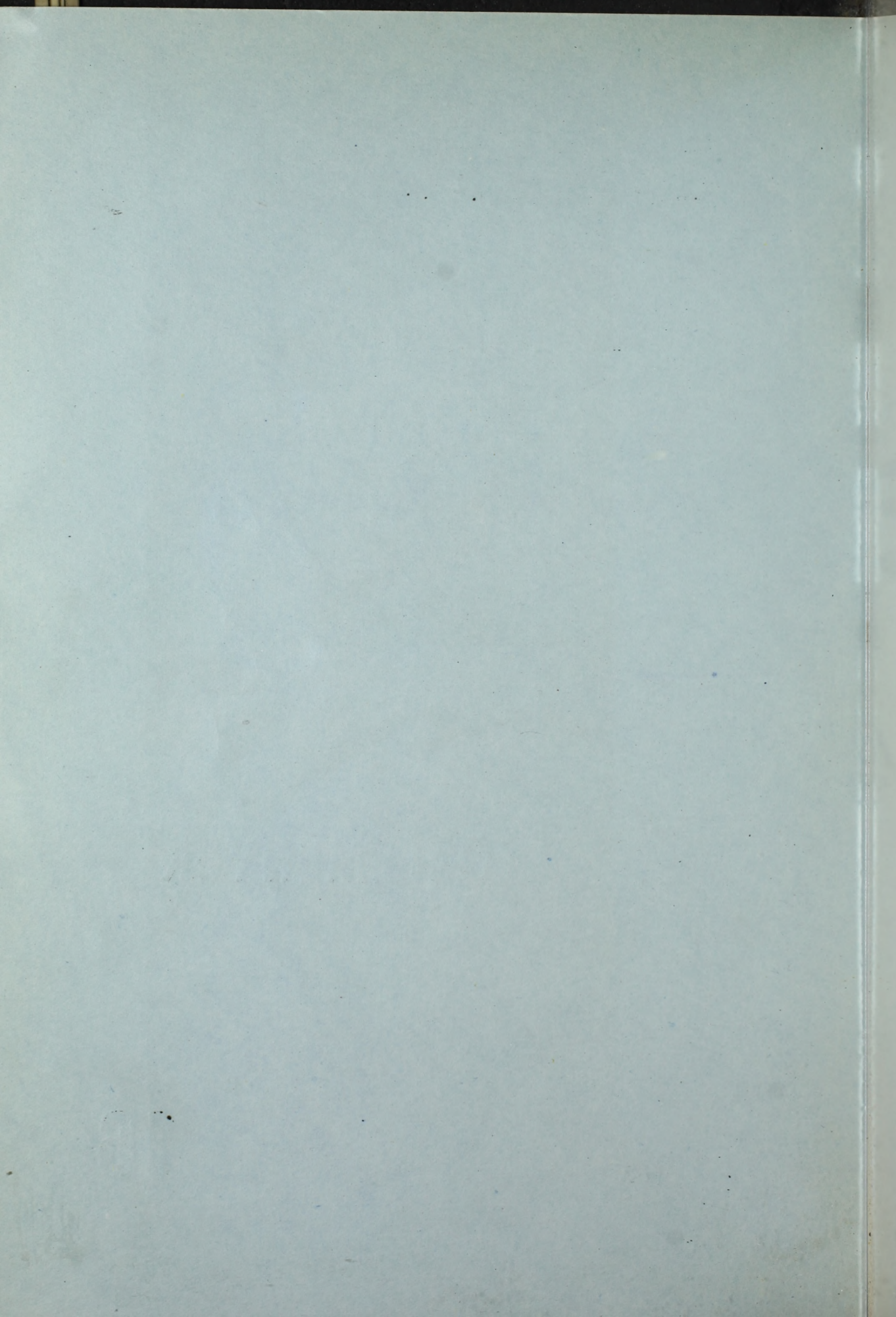
**AUTOMATIZÁLÁSI
KUTATÓ
INTÉZET**

KÖZLEMÉNYEK

1967.

16

2



Csak belső használatra

.....pld

VEGYIPARI MŰVELETI EGYSÉGEK DINAMIKÁJA ÉS

ÜZEMI FOLYAMATOK SZINTÉZISE

A NETWORK-ELJÁRÁS PROGRAMJAI I.

Singer D., Bognár G., Demjén Cs., Jánoki L., Koltai T.

1967.

MTA Automatizálási Kutató Intézet
Folytonos Folyamatok Osztálya
osztályvezető
dr. Pallai Iván

Példányszám:.....

Felelős kiadó: Szentgyörgyi Zsuzsa

Összefoglalás

A jelentés összefoglalja a technológiai folyamatok dinamikus vizsgálatára, illetve ennek számítógépes megoldására vonatkozó munkákat. Tartalmazza mindazon Algol programokat, amelyek a feladat megoldását célzó NETWORK - eljárás kiépítése keretében az 1967 évben készültek.

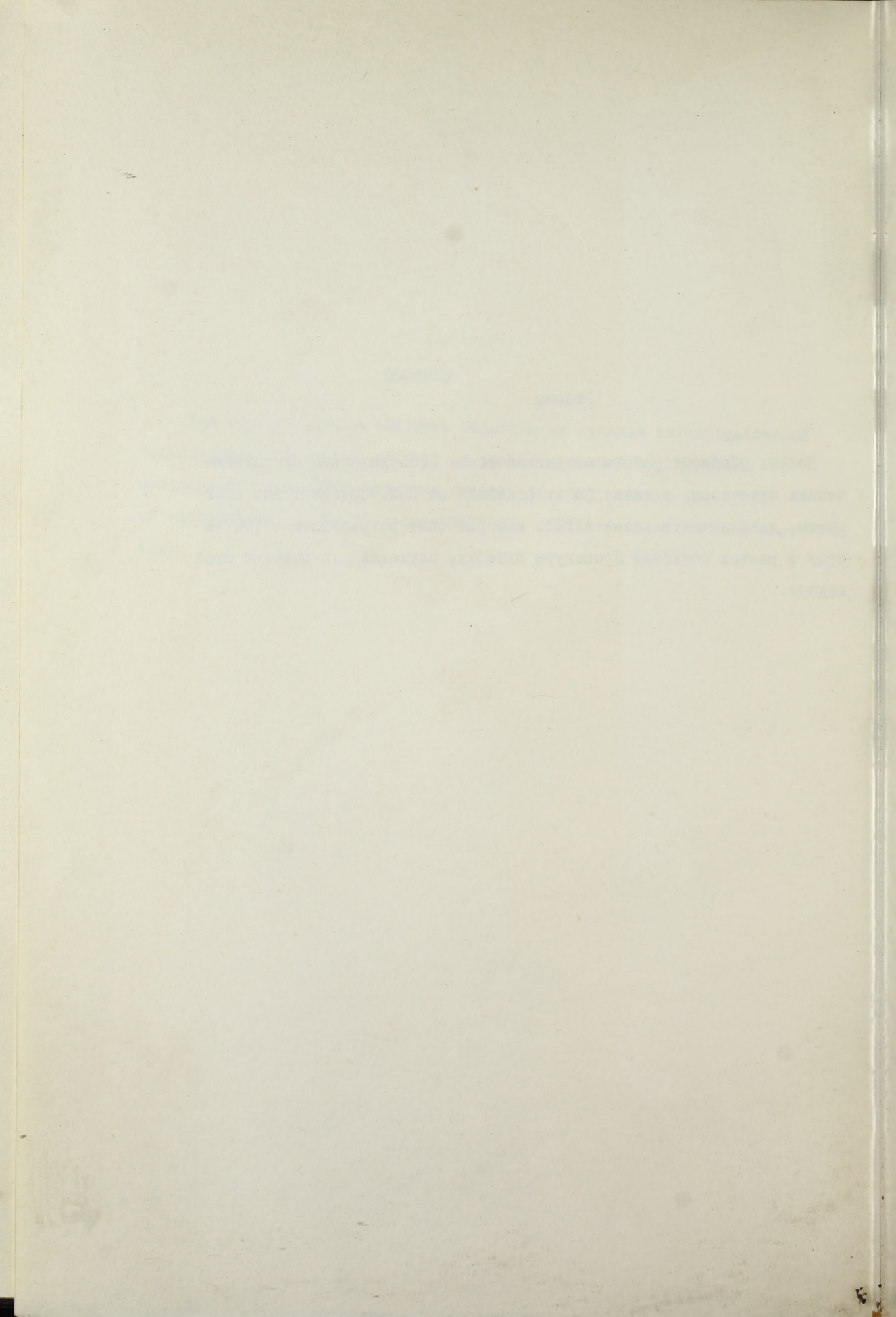
MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADEMIÁ
KÖNYVTÁRA

Summary

The report sums up the work relating to dynamic investigation of technological processes as well as to its computer applications. It contains all the ALGOL programs written in 1967, within the scope of elaboration of the Procedure NETWORK, designed to solve this problem.

Резюме

Доклад обобщает работы по динамическим исследованиям технологических процессов, а также по их решениям на ЭВМ. Содержит все программы, написанные в языке АЛГОЛ, которые были разработаны в 1967-м году в рамках создания Процедуры NETWORK, служащей для решения этой задачи.



Tartalomjegyzék

| | |
|---|-----|
| 1. Bevezetés | 9 |
| 2. TEST RES1: Eljárás csővezetékek áram és nyomásviszonyainak számítására /gázáram/ | 13 |
| 3. TEST SORBRES1: Eljárás gázabszorberek és szárítók ellenállásának számítására | 23 |
| 4. TEST REACTRES1: Eljárás kontakt gázreaktorok ellenállásának számítására | 31 |
| 5. TEST COOLRESGAS1: Eljárás gáz-gáz és gáz-folyadék hőcserélők meleg-, ill. gázoldali ellenállásának számítására | 38 |
| 6. TEST COOLRESGAS2: Eljárás gáz-gáz hőcserélők hidegoldali ellenállásának számítására | 45 |
| 7. TEST COOLRESWATER1: Eljárás gáz-folyadék hőcserélők folyadékoldali ellenállásának számítására | 51 |
| 8. TEST BOILRESGAS1: Eljárás gőzkazán gázoldali ellenállásának számítására | 57 |
| 9. TEST VALVE1: Eljárás gázszelepek ellenállásának számítására | 64 |
| 10. TEST RES2: Eljárás csővezetékek ellenállásának számítására folyadékáram esetén | 70 |
| 11. TEST VALVE2: Eljárás folyadékszelepek ellenállásának számítására | 78 |
| 12. TEST PIPERES3: Eljárás csővezetékek áram- és nyomásviszonyainak számítására /magasnyomású gáz/ | 85 |
| 13. NETWORK1: Program anyagáram-hálózatok számítására | 94 |
| 14. TEST GASMIX1: Eljárás gázkeverékek számítására | 115 |
| 15. TEST COOLSTAC1: Eljárás gáz-gáz hőcserélők hőmérsékletviszonyainak számítására | 122 |
| 16. TEST SORBSTAC1: Eljárás abszorberek egyensúlyi állapotának számítására | 145 |

| | |
|---|-----|
| 17. TEST REACTSTAC 1: Eljárás kénsavgyári reaktor egyensúlyi állapotjellemzőinek számítására | 164 |
| 18. TEST TANK1: Eljárás folyadékok keveredésének számítására . . . | 184 |
| 19. TEST COOLSTAC2: Eljárás gáz-folyadék hőcserélők hőmérséklet- viszonyainak számítására | 191 |
| 20. NETWORK2: NETWORK1 program továbbfejlesztése | 204 |
| | |
| Irodalom | 213 |
| Mellékletek jegyzéke | 215 |

1. Bevezetés.

A jelentés összefoglalja a "Vegyipari műveleti egységek dinamikája és üzemi folyamatok dinamikus szintézise" című MTA AKI kutatási téma keretében az 1967 évben kidolgozott Algol programokat. A jelentés egyuttal szerves részét képezi az MTA Automatizálási Kutató Intézet és a Villamos Automatikai Intézet 1967 április 14-én kötött "A vegyi-és rokonipari típusműveletek irányítási feladatai" című téma kidolgozására vonatkozó szerződésnek.

A munka elvi megalapozására vonatkozólag utalunk a "Nagy technológiai rendszerek dinamikus vizsgálatának egy új módszeréről" című intézeti jelentésre. [1] Ezen a helyen csupán nagy vonalakban foglaljuk össze a módszer /továbbiakban NETWORK-eljárás/ elvi felépítését.

A módszer szervező programok és eljárás-blokkok hierarchikus rendszerből áll.

Első lépésben a vizsgált technológiai berendezést egy ellenállás hálózatnak tekinti, amelynél az egyes készülékeket megfelelő ellenállás-blokkok jellemzik. A hálózatra vonatkozólag felírhatók bizonyos általánosított Kirchoff-féle egyenletek, amelyek megoldása a hálózat különböző pontjain uralkodó áramlás- és nyomásviszonyokat adja. A feladat gépi megoldását a NETWORK1 szervező program végzi.

Második lépésben a számított áram és nyomásértékekhez tartozó hőmérsékletek és koncentrációk kerülnek kiszámításra. Ezen értékeknek a NETWORK1-be, a hőmérsékletek és koncentrációk eredeti induló értékei helyébe való helyettesítésével új javított áram és nyomásértékeket nyerünk. Az iteráció mindaddig folytatódik, amíg két iteráció értékrendszere közötti különbség nem kisebb bizonyos adott értéknél. Ezen eljárással /NETWORK2/ a vizsgált hálózat áram, nyomás, hőmérséklet és koncentráció stacionárius értékrendszerét nyerjük.

A harmadik lépésben a TRANSIENT című szervező program kikeresi az adott beavatkozó szerveket, illetve üzemi jellemzőket /kimenő adatokat/ összekötő hatáspályákat, majd sorban aktivizálja a hatáspálya mentén fekvő blokkokat.

A blokkok lényegében véve a berendezés időbeli viselkedését leíró differenciálegyenlet rendszerek. Az aktivizálásnál a TRANSIENT program az előzőleg kiszámított stacionárius áram, nyomás, hőmérséklet és koncentrációértékek alapján kiszámítja a differenciálegyenletben szereplő konstansok numerikus értékeit, majd egy beépített Runge-Kutta eljárással az egyenletrendszert megoldja. A blokk kimenő jele a következő blokk bemenő jele stb.

Bár a kutatás eredeti célkitűzései szerint az eljárás a technológiai folyamatok dinamikáját illető feladatot hivatott megoldani, minden további nélkül használható kiterjedt csőhálózatok számítására, üzemek stacionárius állapotának meghatározására, érzékenységi analízisre, optimalizálásra stb. Az érzékenységi analízis és az optimalizálás szempontjából jelentős az a körülmény, hogy a módszer a kimenő jeleket ill. a célfüggvény értékváltozásait közvetlenül a beavatkozó szervek értékváltozásainak függvényében szolgáltathatja.

A teljes kutatási program 3-5 évet ölel fel és feltételezi a módszernek több konkrét üzemi problémán való kipróbálását.

A kutatás első évében kidolgozott programok ebben a jelentésben vannak összegyűjtve. Tartalmazza a NETWORK1 szervező programot és a hozzá tartozó RES típusú blokkok készletét. Magában foglalja továbbá a NETWORK2 szervező programot és a megfelelő STAC blokkokat.

A programok számos példán kipróbálásra kerültek. Beható vizsgálatot folytattunk elsősorban az alapeljárás a NETWORK1 szervező programmal. A programba egy nemlineáris egyenletrendszer megoldására szolgáló módosított Newton-Raphson eljárást építettünk be, melynek stabilitása és konvergenciájának sebessége nem volt a priori megfontolások alapján jól megítélhető. A végzett kísérletek szerint az eljárás stabilitása és sebessége kielégítő. Például egy 35 blokkból álló hálózat /a Szolnoki Kénsavgyár gázzészlege/ megoldása 4-6 iterációt és a GIER számológépen 20-30 perc menetidőt igényelne. Stabilitási problémák egyetlen kísérletnél sem adódnak. Kísérletet végeztünk arra nézve is mennyiben érzékeny az eljárás a kezdő értékek helyes megválasztását illetően. Egy 6 blokkot tartalmazó hálózatnál a gép helyes értéket még abban az esetben is megtalálta, ha a kezdő értékek husszorosan felül-

multák a helyes értékeket. Ezen kísérleti eredmény elméleti jelentőségét nem szabad tulbecsülni, mindenesetre a stabilitásvizsgálatok bizonyosága szerint az iterációs lépések megfelelő megválasztásával mindég elérhető a megoldás stabilitása.

A jelentésben szereplő program leírása egységes formában történt, ami biztosítja a fogalmazásunk szabatoságát. A program protokollok a melléletekben szerepelnek. Az eljárások használatára vonatkozólag minden esetben alkalmazási példákat mellékelünk.

| számítás sorrendje | szám | jelölés | érték |
|-----------------------|------|----------|--------|
| 1 | 1 | gyökjel | 1,4142 |
| 2 | 2 | négyzet | 2,0000 |
| 3 | 3 | harmadik | 1,7321 |
| 4 | 4 | gyök | 2,0000 |
| 5 | 5 | ötödik | 1,7321 |

Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page.

2. TEST RES 1: Eljárás csővezetékek áram és nyomásviszonyainak számítására
/gázáram/

2.1. A program matematikai leírása.

A változók deklarációja.

Az eljárás a technológiailag legegyszerűbb "készülék" a csővezetékek áramlás és nyomásviszonyait számítja. Ez több különböző átmérőjű csőszakaszból állhat és azonkívül tartalmazhat tetszőleges számú csőszűkületet, könyöket, T-csatlakozást, zárószelepet és tolvárt. A program a NETWORK1 eljárás szerves részét képezi.

A számítandó csővezeték egy azonosító számmal FSN /flow sheet number/ látjuk el, ugyszintén a be- és kimenő jeleket azonosító számokkal STN in, ill. STN out /stream number/ jelöljük. A bemenő és kimenő jel, mint stream vektor a következő komponenseket tartalmazza, 2.1 táblázat:

2.1 táblázat

| komponens sorszáma | jelle | jelentése | dimenziója |
|--------------------|-------|-----------------|--------------------|
| 1 | y | szelepállás | % |
| 2 | q | trf.sebesség | Nm ³ /s |
| 3 | T | hőmérséklet | C ^o |
| 4 | p | nyomás | kp/m ² |
| 5 | dp | nyomáskülönbség | kp/m ² |

Az eljárásnál deklaráljuk továbbá a berendezést és a gázkeveréket leíró adatokat. A berendezést leíró adatok a 2.2 táblázatban találhatóak.

2.2 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|-------------|------------------------------|------------|
| | csőszakaszok darabszáma | - |
| d_j | j-dik csőszakasz átmérője | m |
| L_j | " " hossza | m |
| n_{1j} | " " könyökeinek száma | - |
| n_{2j} | " " T-csatlakozásainak száma | - |
| n_{3j} | " " zárószelepeinek száma | - |
| n_{4j} | " " tolózárainak száma | - |
| n_{5j} | " " csőszükületeinek száma | - |
| L_{ekv_j} | " " ekvivalens hossza | m |

A gázkeveréket leíró adatok a 2.3 táblázatban találhatóak.

2.3 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|-------------|---|--------------------|
| k | komponensek darabszáma | - |
| M_i | i-dik komponens molekulasúlya | - |
| z_{O_i} | i-dik komponens viszkozitása OC^0 -on | cP |
| C_i | " " Sutherland állandója | - |
| m_i | " " moltörtje | - |
| z_i | " " viszkozitása | kps/m ² |
| γ | gázelegy fajsúlya | kp/m ³ |
| Z | " dinamikus viszkozitása | kps/m ² |
| w_j | lineáris sebesség a j-dik szakaszban | m/s |
| Re_j | Reynolds-féle szám " " | - |
| λ_j | " számtól függő tényező | - |
| | a j-dik csőszakaszban | |

A fent deklarált változók közül ismerteknek tételezzük fel a következőket:
 FSN, STNin, STNout, l, k, d_j, L_j, n1_j, n2_j, n3_j, n4_j, n5_j /1 ≤ j ≤ l/, M_i,
 z0_i, C_i, m_i (1 ≤ i ≤ k).

Továbbá ismerteknek tekintjük a bemenő streamben lévő p, γ, q értéket.

A RES1 eljárás kiértékeli a következő kifejezéseket:

$$1./ \quad \gamma = \frac{p}{22.4 \cdot 10330} \sum_i m_i M_i \frac{273}{273 + \gamma}$$

$$2./ \quad z_i = z0_i \frac{273 + C_i}{273 + C_i + \gamma} \left(\frac{273 + \gamma}{273} \right)^{1.5}$$

$$3./ \quad \frac{1}{Z} = \frac{1}{\sum_i m_i M_i} \sum_i \frac{m_i M_i}{z_i}$$

$$4./ \quad w_j = 1.274 \frac{273 + \gamma}{273} \frac{q}{d_j^2} \frac{10330}{p}$$

$$5./ \quad Re_j = \frac{\gamma d_j w_j}{Z} 10^3$$

$$6./ \quad \lambda_j = \begin{cases} \frac{64}{Re_j}, & \text{ha} & Re_j \leq 2300 \\ \frac{0.316}{Re_j^{0.25}}, & \text{ha} & 2300 < Re_j < 10^5 \\ 0.0032 + \frac{0.221}{Re_j^{0.237}}, & \text{ha} & 10^5 \leq Re_j \end{cases}$$

$$7./ \quad Lekv_j = (50n1_j + 80n2_j + 11n3_j + 13n4_j + 20n5_j) d_j$$

$$8./ \quad dp = \sum_j \frac{\gamma w_j^2}{19.62} \left(1 + \frac{\lambda_j / L_j + Lekv_j}{d_j} \right)$$

2.2. Programszerkezet és blokkdiagram.

A RES1 eljárás szolgáltatja az adott STNin vektorhoz tartozó STNout vektort. A blokk felhasználása és ellenőrzése szükségessé tette egy program megszerkesztését, melyet a továbbiakban TEST RES1-el jelölünk.

A TEST RES1 program 5 eljárást tartalmaz:

I. tarol

II. out

III. out1

IV. out2

V. RES1

I. tarol /a, hely/

Tetszőleges a tömb dobon való tárolására képes.

II. out/a,b/

Tetszőleges a változó értékének kinyomtatására szolgál.

III. out1/a,b,c/

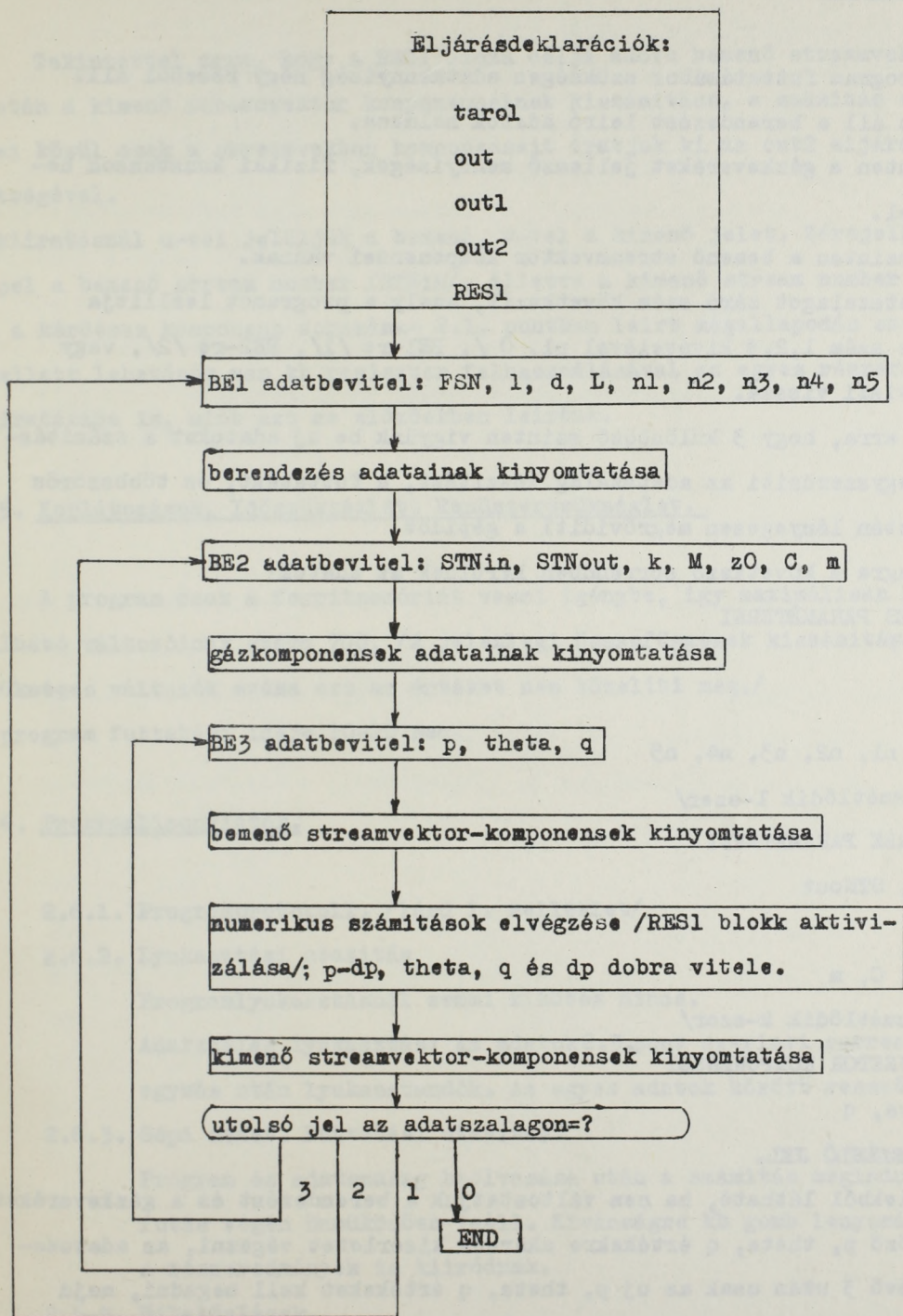
Tetszőleges c hosszúsága a tömb elemeinek kinyomtatására szolgál.

IV. out2/a,b,c/

Bemenő, vagy kimenő /c false ill c true/ streamvektor b komponensének értékét nyomtatja ki, megmutatva, hogy b hányadik /a/ komponens.

V. RES1/k,l,M,zO,C,m,D,L,n1,n2,n3,n4,n5,p,theta,q,dp/

A formális paraméterek deklarációja után elvégzi a 2.1.pontban leirt matematikai összefüggések kiszámítását. Az eljárás végén beépítettünk egy kb on eljárást, amely működése esetén kinyomtatja a számítás részeredményeit is. A program felépítését illetően lásd a 2.1.ábrát.



2.1. ábra. TEST RES1 eljárás blokkdiagramja.

2.3. Adatbevitel.

A program futtatásához szükséges adatmennyiség négy részből áll.

Első szinten áll a berendezést leíró adatok halmaza.

Második szinten a gázkeveréket jellemző mennyiségek, fizikai konstansok helyezkednek el.

A harmadik szinten a bemenő streamvektor komponensei vannak.

Végül az adatszalatot záró szám következik, amely a programot leállítja /tetszőleges szám 1,2,3 kivételével pl. 0 /, BE1-re /1/, BE2-re /2/, vagy BE3-ra /3/ viszi vissza.

Igy mód van arra, hogy 3 különböző szinten vigyünk be új adatokat a számítás-hoz, ami leegyszerűsíti az adatszalat készítést, a futtatást, és többszörös kísérlet esetén lényegesen megrövidíti a gépidőt.

Az adatszalatra a következő sorrendben kerülnek az adatok:

I. BERENDEZÉS PARAMÉTEREI

a/ FSN

b/ 1

c/ d, L, n1, n2, n3, n4, n5

/c/. ismétlődik 1-szer/

II. GÁZKEVERÉK PARAMÉTEREI

a/ STNin, STNout

b/ k

c/ M, z0, C, m

/c/. ismétlődik k-szor/

III. STREAMVEKTOR KOMPONENSEI

p, theta, q

IV. PROGRAMVEZÉRLŐ JEL.

A fentiekből látható, ha nem változtatjuk a berendezést és a gázkeveréket, csak különböző p, theta, q értékekre akarunk kísérletet végezni, az adatszalat végén lévő 3 után csak az új p, theta, q értékeket kell megadni, majd ismét lezárni az adatszalatot 0, 1, 2, 3 számok közül valamelyikkel, aszerint, hogy befejeződött-e a program futtatása, vagy vissza akarunk-e jutni BE1, BE2, vagy a BE3 szintre.

2.4. Eredményközlés.

Tekintettel arra, hogy a RES1 blokk célja adott bemenő streamvektor esetén a kimenő streamvektor komponenseinek kiszámítása, a számítás eredményei közül csak a streamvektor komponenseit iratjuk ki az out2 eljárás segítségével.

A kiíratásnál u-vel jelöljük a bemenő, v-vel a kimenő jelet. Zárójelben szerepel a bemenő stream number /STNin/, illetve a kimenő stream number /STNout/ és a kérdéses komponens sorszáma- 2.1. pontban leírt megállapodás szerint. Emellett lehetőség van kb regiszter felhasználásával az egyes részeredmények kiíratására is, mint azt az előzőekben leírtuk.

2.5. Korlátozások, Időszükséglet, Rendszerszükséglet.

A program csak a ferritmemóriát veszi igénybe, így maximálisan használható változónak száma 700, /A jelenlegi összefüggések kiszámításához szükséges változók száma ezt az értéket nem közelíti meg./

A program futtatási ideje 10-20 sec.

2.6. Programbizonylatok.

2.6.1. Programprotokoll. /lásd 1. melléklet/

2.6.2. Lyukasztási utasítás

Programlyukasztásnál semmi kikötés nincs.

Adatszalg lyukasztás: Az adatok 2.3.pont szerinti sorrendben egymás után lyukasztandók. Az egyes adatok között vessző van.

2.6.3. Gépi menet. Futtatási utasítás.

Program és adatszalg beolvasása után a számítás megindul, futás végén önmiködően leáll. Kivánságra kb gomb lenyomásával a részeredmények is kiíródnak.

2.6.4. Hibaközlések.

Az adatszalg esetleges, hibás lyukasztása ellenőrizhető a

programba épített bemenő értékek kiírása által. Rossz programvezérlő jel esetén

- a/ ha az adatszalog legvégén 1, 2 vagy 3 szám áll / és utána még sincs több adat/, a gép adatra vár.
- b/ ha az adatszalog több adatsoportot tartalmaz és a köztük lévő programvezérlő jel helytelenül /nem 2.3. pontban leírt módon/ van megválasztva, vagy előbb van egy program leállító jel /pl.0/, akkor a program futtatása befejeződik még mielőtt az összes, adatsoporthoz tartozó kimenő értékeket kiszámította volna, így kevesebb adatsoporttal végzi el a számítást a gép, mint amennyi az adatszalongon van.

2.7. Alkalmazási példa.

A csővezeték 3 szakaszból áll. Az áramló gáz két komponenst tartalmaz, oxigént és nitrogént. A csővezetékben könyökök, T-csatlakozások, tolózár és csőszűkületek vannak. Számítandó a létrejövő nyomásesés. A feladat megoldásához szükséges adatok a 2.4 táblázatban találhatóak.

A megfelelő adatszalog kiírása a 2. mellékletben, az eredményszalog kiírása a 3. mellékletben látható.

2.4 táblázat

| jelölés | érték | dimenzió |
|--------------------|-------|----------|
| FSN | 51 | - |
| STN _{in} | 53 | - |
| STN _{out} | 52 | - |
| l | 3 | - |
| k | 2 | - |
| d ₁ | 1.2 | m |
| d ₂ | 1.2 | m |
| d ₃ | 1.2 | m |
| L ₁ | 5.9 | m |
| L ₂ | 23.1 | m |
| L ₃ | 23.2 | m |
| n ₁₁ | 1 | - |
| n ₁₂ | 3 | - |
| n ₁₃ | 4 | - |
| n ₂₁ | 0 | - |
| n ₂₂ | 1 | - |
| n ₂₃ | 0 | - |
| n ₃₁ | 0 | - |
| n ₃₂ | 0 | - |
| n ₃₃ | 0 | - |
| n ₄₁ | 0 | - |
| n ₄₂ | 1 | - |
| n ₄₃ | 0 | - |
| n ₅₁ | 1 | - |
| n ₅₂ | 0 | - |
| n ₅₃ | 1 | - |
| M ₁ | 32 | - |
| M ₂ | 28 | - |

2.4 táblázat

/folytatás/

| jelölés | érték | dimenzió |
|----------|--------|--------------------|
| z_{01} | 0.0203 | cP |
| z_{02} | 0.0170 | cP |
| C_1 | 131 | - |
| C_2 | 114 | - |
| m_1 | 0.21 | - |
| m_2 | 0.79 | - |
| q | 9.361 | Nm ² /s |
| γ | 25 | C° |
| p | 1330 | kp/m ² |

3. TEST SORBRES1: Eljárás gázabszorberek és szárítók ellenállásának számítására.

3.1. A program matematikai leírása.

A változók deklarációja.

A program töltetes gázabszorberek és szárítók ellenállásának, ill. nyomásesésének számítására szolgál, és mint ilyen a NETWORK1 eljárás szerves részét képezi.

A blokk, valamint a be- és kimenő jelek jelölésére vonatkozólag lásd a 2.1. fejezetet. Az áramvektorok komponensei ugyancsak azonosak a TEST RES1 eljárásnál mondottakkal. /2.1 táblázat/:

Az eljárásban deklarált változók két csoportra oszlanak: a berendezést leíró- és a gáz- ill. folyadékáramot leíró adatokra.

A berendezést leíró adatok a 3.1 táblázatban találhatóak.

3.1 táblázat

| jеле | jelentése | dimenziója |
|----------|------------------------|--------------------------------|
| h | töltet magassága | m |
| D | oszlop belső átmérője | m |
| σ | fajlagos felület | m ² /m ³ |
| d | Raschig gyűrű átmérője | m |
| V | szabad térfogat aránya | m ³ /m ³ |
| k1 | szorzótényező | - |
| k2 | " | - |

A gáz- ill. folyadékáramot leíró adatok a 3.2 táblázatban láthatók.

3.2 táblázat

| jеле | jelentése | dimenziója |
|------------|--|-------------------|
| k | komponensek darabszáma | - |
| γ_f | folyadék fajsúlya átl. üzemi hőmérsékleten | kp/m ³ |

3.2 táblázat

/folytatás/

| jele | jelentése | dimenziója |
|------------------|--|----------------|
| a_{μ} | folyadék viszk.-hőmérs. görbét üzem hőmérs. tart.-ban közelítő egyenes irántangense | cP/C° |
| b_{μ} | a fenti egyenes konstansa | cP |
| M_i | i-dik komponens molekulaszáma | - |
| z_{O_i} | i-dik " viszka $0 C^{\circ}$ -on | cP |
| C_i | " " Sutherland állandója | - |
| m_i | " " móltörtje | - |
| Z_i | " " viszkozitása | kps/m^2 |
| γ_g | gázkeverék fajszáma | kp/m^2 |
| μ_g | " viszkozitása | kps/m^2 |
| μ_f | folyadék " | kps/m^2 |
| w_g | gázkeverék lineáris sebessége | m/s |
| Re_g | " Reynolds-száma | - |
| Re_f | folyadék " " | - |
| i | ellenállási tényező | - |
| \bar{y}_l | átlagos hőmérséklet | C° |
| $q_{\text{átl}}$ | gázkeverék átl. térfogatsebessége | Nm^3/s |
| L | öntözés intenzitása | kp/m^2s |
| τ | nedvesítési tényező | - |
| dp_s | száraz nyomásesés | kp/m^2 |
| A | közbenső tényező | - |
| b | " " | - |
| q_f | folyadék térf. sebessége | Nm^3/s |

A fent deklarált változók közül ismerteknek tételezzük fel a következőket:

$FSN, STN_{in}, STN_{inf}, STN_{out}, h, D, \delta, d, V, k_1, k_2, k, \gamma_f, a_{\mu}, b_{\mu}, M_i, z_{O_i}$

$C_i, m_i / 1 \leq i \leq k, q_f$.

Továbbá ismerteknek tekintjük a bemenő gáz-streamben lévő p, ν, q értékeket.

A SORBRESL eljárás kiértékeli az alábbi kifejezéseket:

$$1/ \nu_1 = k1 \cdot \nu$$

$$2/ \delta_g = \frac{p}{22.4 \cdot 10330} \frac{273}{273 + \nu_1}$$

$$3/ z_i = z_{0i} \frac{273 + C_i}{273 + C_i + \nu_1} \left(\frac{273 + \nu_1}{273} \right)^{1.5}$$

$$4/ \frac{1}{\mu_g} = \frac{9810}{\sum_i m_i M_i} \sum_i \frac{m_i M_i}{z_i}$$

$$5/ q_{\text{át1}} = k2 \cdot q$$

$$6/ w_g = 1.274 \frac{273 + \nu_1}{273} \frac{q_{\text{át1}}}{D} \frac{10330}{p}$$

$$7/ \mu_f = \frac{a \cdot \nu + b \cdot \mu}{9810}$$

$$8/ Re_g = \frac{4 w_g \delta_g}{9.816 \mu_g}$$

$$9/ f = \begin{cases} \frac{35}{Re_g}, & \text{ha } Re_g \leq 40 \\ \frac{4}{Re_g^{0.2}}, & \text{ha } 40 < Re_g \end{cases}$$

$$10/ dp_s = \frac{f h 5 w_g^2 \delta_g}{19.62 V^3}$$

$$11/ L = 1.274 \frac{a_f \gamma_f}{D^2 h \sigma}$$

$$12/ Re_f = \frac{4L}{9.816 \mu_f}$$

$$13/ b = \frac{1.74}{Re_f^{0.3}}$$

$$14/ A = 3b \frac{1}{3} \left[\left(\frac{L}{\gamma_f} \right)^2 \frac{\sigma}{V^3} \frac{1}{19.62} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$15/ \tau = \begin{cases} \frac{1}{/1-1.65 \cdot 10^{-10} \frac{\sigma^3}{V} - A/3}, & \text{ha } d < 0.03 \\ \frac{1}{/1-A/3}, & \text{ha } d > 0.03 \text{ és } A < 0.3 \\ \frac{1}{/1.13-1.43A/3}, & \text{ha } d > 0.03 \text{ és } A > 0.3 \end{cases}$$

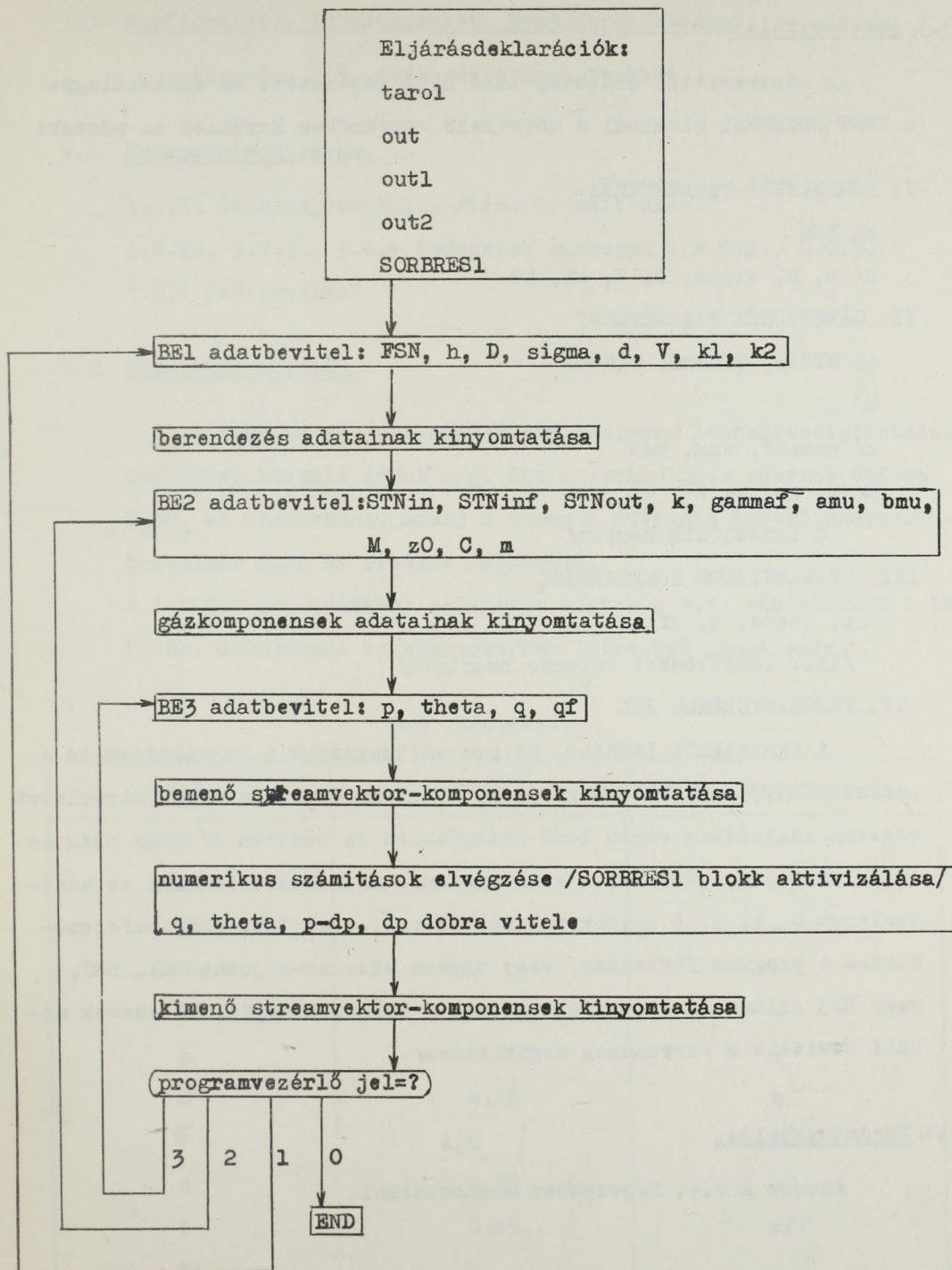
$$16/ dp = dp_s \tau$$

3.2. Programszerkezet és blokkdiagram.

A programszerkezet minden vonatkozásban azonos a TEST RES1 program szerkezetével. /lásd 2.2. fejezet/ Különbség csak az V. pontban van, amely a következőképpen módosul.

V. SORBRES1/k, M, z0, C, m, gammaf, amu, bmu, h, D, sigma, d, V, kl, k2, p, theta, q, qf, dp/

A program blokkdiagramja a 3.1. ábrán látható.



3.1. ábra. TEST SORBRES1 blokkdiagramja.

3.3. Adatbevitel.

Az adatbevitelt illetően lásd 2.3. fejezetet. Az adatszalagra a TEST SORBRES1 blokknál a következő sorrendben kerülnek az adatok:

I. BERENDEZÉS PARAMÉTEREI

a/ FSN

b/ h, D, sigma, d, V, kl, k2

II. GÁZKEVERÉK PARAMÉTEREI

a/ STNin, STNinf, STNout

b/ k

c/ gammaf, amu, bmu

d/ M, z0, C, m

/d ismétlődik k-szor/

III. STREAMVEKTOR KOMPONENSEI

p, theta, q, qf

/III. ismétlődhet tetszés szerint./

IV. PROGRAMVEZÉRLŐ JEL

A fentiekből látható, ha nem változtatjuk a berendezést és a gázkeveréket, csak különböző p, γ , q, qf értékekre akarunk kísérletet végezni, adatszalag végén lévő szám /ebben az esetben 3/ után csak az új p, theta, q, qf értéket kell megadni, majd ismét lezárni az adatszalagot 0, 1, 2, 3 számok valamelyikével, aszerint, hogy befejeződött-e a program futtatása, vagy vissza akarunk-e jutni BE1, BE2, vagy BE3 szintre / s így folytatódik a szintnek megfelelő adatok újbóli bevitele a sorrendnek megfelelően/.

3.4. Eredményközlés.

Azonos a 2.4. fejezetben mondottakkal.

3.5. Korlátozások. Időszükséglet. Rendszerszükséglet.

Azonos a 2.5. fejezetben mondottakkal.

3.6. Programbizonylatok.

3.6.1. Programprotokoll. /lásd 4. melléklet./

3.6.2., 3.6.3., 3.6.4 fejezetek azonosak a 2.6.2., 2.6.3.,
2.6.4 fejezetekkel.

3.7. Alkalmazási példa.

A program kipróbálásához egy kénsavas légnedvességtartalom abszorber adatait adjuk meg. Itt a technológia szerint 95%-os H_2SO_4 az abszorbens, amely a tornyon átáramló levegő nedvességtartalmát $0,2g/Nm^3$ értékre csökkenti.

A feladat megoldásához szükséges adatok a 3.3 táblázatban találhatóak. Számítandó az abszorberben létrejövő nyomásesés.

3.3 táblázat.

| jelölés | érték | dimenzió |
|------------|---------|-----------|
| FSN | 37 | - |
| STNin | 51 | - |
| STNinf | 65 | - |
| STNout | 50 | - |
| k | 2 | - |
| h | 4.57 | m |
| D | 4.16 | m |
| \bar{G} | 150 | m^2/m^3 |
| d | 0.08 | m |
| V | 0.45 | m^3/m^3 |
| k1 | 1 | - |
| k2 | 1 | - |
| γ_f | 1808.00 | kp/m^3 |

3.3 táblázat
/folytatás/

| jelölés | érték | dimenzió |
|-----------|--------|--------------------|
| a_{μ} | -0.335 | cP/C ⁰ |
| b_{μ} | 25.75 | cP |
| M_1 | 32 | - |
| M_2 | 28 | - |
| z_{01} | 0.0203 | cP |
| z_{02} | 0.0170 | cP |
| C_1 | 131 | - |
| C_2 | 114 | - |
| m_1 | 0.21 | - |
| m_2 | 0.79 | - |
| p | 12000 | kp/m ² |
| ν | 40 | C ⁰ |
| q | 9.361 | Nm ³ /s |
| qf | 0.033 | Nm ³ /s |

A megfelelő adatszalg kiiratása az 5. mellékletben, az eredményszalag kiiratása a 6. mellékletben látható. /A program futtatása közben kb gomb benyomva./

4. TEST REACTRES1: Eljárás kontakt gázreaktorok ellenállásának számítására.

4.1. A program matematikai leírása.

A változók deklarációja.

A program kontakt gázreaktorok ellenállásának, ill. nyomásesésének számítására szolgál, és mint ilyen a NETWORK1 eljárás szerves részét képezi.

A blokk, valamint a be- és kimenő jelek jelölésére vonatkozólag lásd a 2.1. fejezetet.

Az áramvektorok komponensei szintén azonosak a TEST RES1 eljárásnál mondottakkal. /2.1 táblázat/

Az eljárásban deklarált változók két csoportra oszlanak: a berendezést leíró adatokra és a gázáramot leíró adatokra.

A berendezést leíró adatok a 4.1 táblázatban találhatók.

4.1 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|------|---------------------------------|--------------------------------|
| h | töltet magassága | m |
| F | oszlop áramlási keresztmetszete | m ² |
| V | szabad térfogat aránya | m ³ /m ³ |
| σ | fajlagos felület | m ² /m ³ |
| k1 | szorzó tényező | - |
| k2 | szorzó tényező | - |

A gázáramot leíró adatok a 4.2 táblázatban láthatók.

4.2 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|-----------------|---|------------|
| k | komponensek db száma | - |
| M _i | i-dik komponens molekulasúlya | - |
| zO _i | i-dik komponens viszkozitása 0 C ^o -on | cP |
| C _i | i-dik " Sutherland állandója | - |

4.2 táblázat

/folytatás/

| jele | jelentése | dimenziója |
|------------------|----------------------------------|--------------------|
| m_i | i-dik komponens moltörtje | - |
| \mathcal{V}_1 | átlagos hőmérséklet | C° |
| $q_{\text{átl}}$ | átlagos térfogatsebesség | Nm ³ /s |
| γ | gázkeverék fajsulya | kp/m ³ |
| μ | gázkeverék viszkozitása | kps/m ² |
| Z_i | i-dik komponens viszkozitása | kps/m ² |
| w | gázkeverék látszólagos sebessége | m/s |
| Re | " Reynolds száma | - |
| f | ellenállási tényező | - |

A fent deklarált változók közül ismerteknek tételezzük fel a következőket:

FSN, STN_{in}, STN_{out}, h, F, V, σ , kl, k2, k, M_i , z_{0i} , C_i , m_i / $1 \leq i \leq k$ /.
Továbbá ismerteknek tekintjük a bemenő streamben lévő p, \mathcal{V} , q értéket.
A REACTRES1 eljárás kiértékeli az alábbi kifejezéseket.

$$1./ \mathcal{V}_1 = klw \mathcal{V}$$

$$2./ \gamma = \frac{p}{22.4 \cdot 10330} \cdot \frac{273}{273 + \mathcal{V}_1} \sum_i m_i M_i$$

$$3./ Z_i = \frac{z_{0i} / 273 + C_i /}{273 + \mathcal{V}_1 + C_i} \left(\frac{273 + \mathcal{V}_1}{273} \right)^{1.5}$$

$$4./ \frac{1}{\mu} = \frac{9810}{\sum_i m_i M_i} \sum_i \frac{m_i M_i}{Z_i}$$

$$5./ q_{\text{átl}} = k2wq$$

$$6./ \quad w = \frac{10330/273 + \gamma_1 /}{273p} \frac{q_{\text{átl}}}{F}$$

$$7./ \quad Re = \frac{4w \gamma}{9.816 \mu}$$

$$8./ \quad f = \begin{cases} \frac{35}{Re}, \text{ ha} & Re \leq 40 \\ \frac{4}{Re^{0.2}}, \text{ ha} & Re > 40 \end{cases}$$

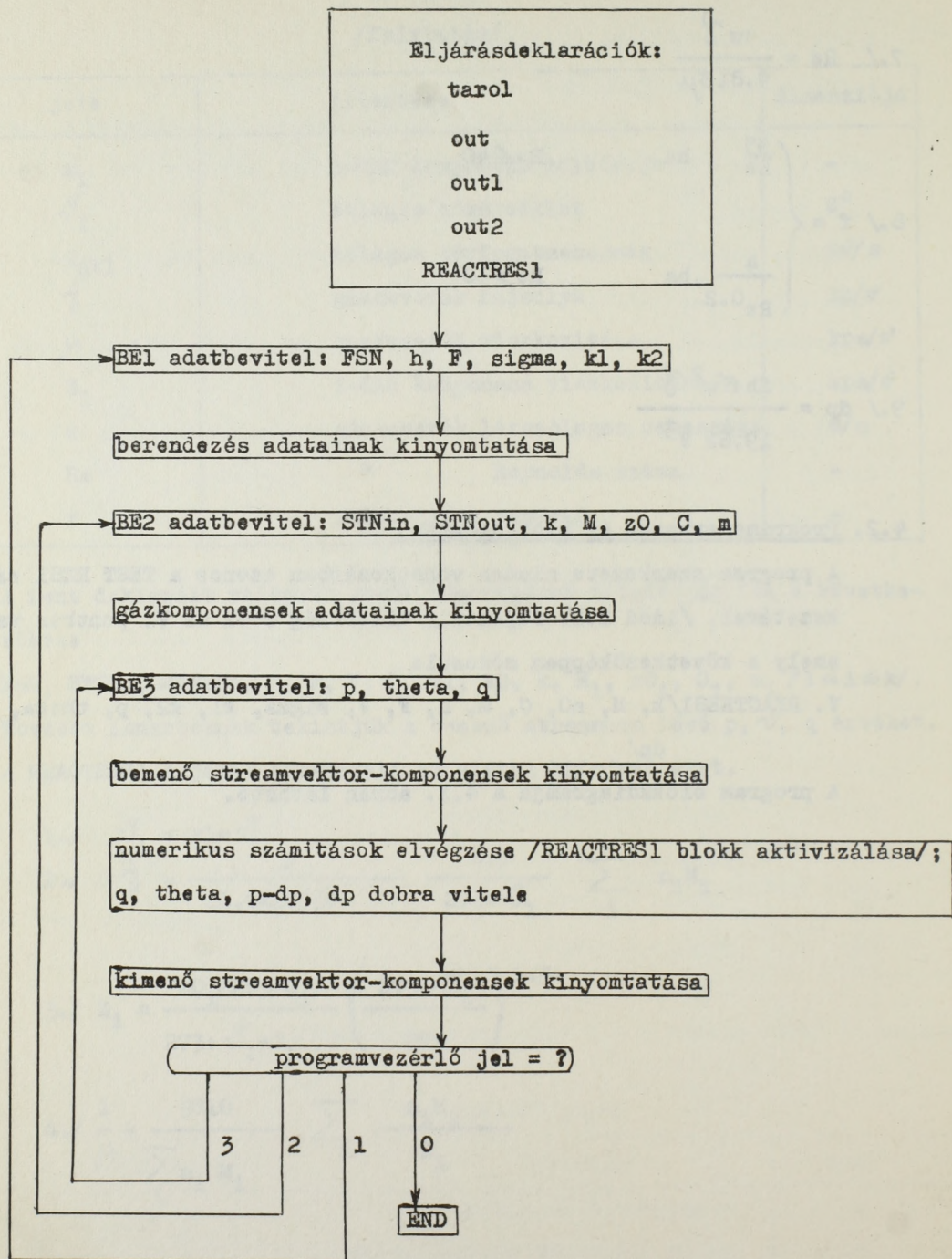
$$9./ \quad dp = \frac{fh \sigma w^2 \gamma}{19.62 V^3}$$

4.2. Programszerkezet és blokkdiagram.

A program szerkezete minden vonatkozásban azonos a TEST RES1 szerkezetével. /lásd 2.2. fejezet./ Különbség csak az V. pontban van, amely a következőképpen módosul:

V. REACTRES1/k, M, z0, C, m, h, F, V, sigma, kl, k2, p, theta, q, dp/

A program blokkdiagramja a 4.1. ábrán látható.



4.1. ábra. TEST REACTRES1 blokkdiagramja.

4.3. Adatbevitel.

Az adatbevittelt illetően lásd a 2.3. fejezetet. Az adatszalagra a TEST REACTRES1 programnál a következő sorrendben kerülnek az adatok:

I. BERENDEZÉS PARAMÉTEREI.

a/ FSN

b/ h, F, V, sigma, kl, k2

II. GÁZKEVERÉK PARAMÉTEREI.

a/ STNin, STNout

b/ k

c/ M, z0, C, m

/c/ ismétlődik k-szor/

III. STREAMVEKTOR KOMPONENSEI

p, theta, q

/III. ismétlődhet tetszés szerint/

IV. PROGRAMVEZÉRLŐ JEL.

A fentiekből látható, ha nem változtatjuk a berendezést és a gázkeveréket, csak különböző p, theta, q értékekre akarunk kísérletet végezni, az adatszalag végén lévő szám /ebben az esetben 3/ után csak az új p, theta, q értéket kell megadni, majd ismét lezárni az adatszalagot 0, 1, 2, 3 számok valamelyikével, aszerint, hogy befejeződött-e a program futtatása, vagy vissza akarunk-e jutni BE1, BE2, vagy BE3 szintre / s így folytatódik a szintnek megfelelő adatok újbóli bevitele a sorrendnek megfelelően/.

4.4. Eredményközlés.

Azonos a 2.4. fejezetben mondottakkal.

4.5. Korlátozások. Időszükséglet. Rendszerszükséglet.

Azonos a 2.5. fejezetben mondottakkal.

4.6. Programbizonylatok.

4.6.1. Programprotokoll. /lásd 7. melléklet/

4.6.2., 4.6.3., 4.6.4. fejezetek azonosak a
2.6.2., 2.6.3., 2.6.4. fejezetekkel.

4.7. Alkalmazási példa.

Tekintve, hogy a kontakt gázreaktor több szakaszból áll, ahol az egyes szakaszokon átáramló gáz mennyisége, összetétele, hőmérséklete és a szakaszban elhelyezett katalizátortöltet magassága változó, példaként egy ilyen szakaszra vonatkozó technológiai adatokból számítjuk ki a megfelelő nyomásesést.

A feladat megoldásához szükséges adatok a 4.3 táblázatban láthatók.

4.3 táblázat

| jelölés | érték | dimenzió |
|--------------------|--------|--------------------------------|
| FSN | 9 | - |
| STN _{in} | 10 | - |
| STN _{out} | 212 | - |
| k | 4 | - |
| h | 0.39 | m |
| F | 40 | m ² |
| V | 0.25 | m ³ /m ³ |
| sigma | 655 | m ² /m ³ |
| k ₁ | 1.22 | - |
| k ₂ | 0.97 | - |
| M ₁ | 32 | - |
| M ₂ | 64 | - |
| M ₃ | 80 | - |
| M ₄ | 28 | - |
| zO ₁ | 0.0203 | cP |
| zO ₂ | 0.0117 | cP |

4.3 táblázat

/folytatás/

| jelölés | érték | dimenzió |
|----------|--------|--------------------|
| z_3 | 0.0117 | cP |
| z_4 | 0.0170 | cP |
| C_1 | 131 | - |
| C_2 | 396 | - |
| C_3 | 396 | - |
| C_4 | 114 | - |
| m_1 | 0.085 | - |
| m_2 | 0.124 | - |
| m_3 | 0.000 | - |
| m_4 | 0.791 | - |
| p | 11930 | kp/m ² |
| γ | 420 | °C |
| q | 6.48 | Nm ³ /s |

A példához tartozó adatszalg kiíratása a 8. mellékletben, az eredményszalg kiíratása a 9. mellékletben található. A program futtatása kb on eljárás használatával történt.

5. TEST COOLRESGAS1: Eljárás gáz-gáz és gáz-folyadék hőcserélők meleg, ill. gázoldali ellenállásának számítására.

5.1. A program matematikai leírása.

A változók deklarációja.

A program gáz-gáz és gáz-folyadék hőcserélők meleg, vagy gázoldali ellenállásának, ill. nyomásesésének számítására szolgál, és mint ilyen a NETWORK1 eljárás szerves részét képezi.

A blokk, valamint a be- és kimenő jelek jelölésére vonatkozólag lásd a 2.1. fejezetet. Az áramvektorok komponensei szintén azonosak a TEST RES1 programnál leirtakkal. /2.1 táblázat/

Az eljárásban deklarált változók két csoportra oszlanak: a berendezést leíró adatokra és a gázáramot leíró adatokra.

A berendezést leíró adatok az 5.1 táblázatban találhatóak.

5.1 táblázat

| jеле | jelentése | dimenziója |
|--------|--|----------------|
| l | csőszakaszok darabszáma | - |
| d_j | j-dik csőszakasz átmérője | m |
| L_j | " " hossza | m |
| $n1_j$ | " " párhuzamos csöveinek száma | - |
| $n2_j$ | " " könyökeinek száma | - |
| $n3_j$ | " " szűkületeinek száma | - |
| F_j | " " áramlási keresztmetszete | m ² |
| $s1_j$ | j-dik csőszakaszban a csövek távolsága az áramlásra merőleges irányban | m |
| $s2_j$ | j-dik csőszakaszban a csövek távolsága az áramlás irányában | m |
| K_j | j-dik csőszakaszban a csősorok száma az áramlás irányában | - |

A gázáramot leíró adatok az 5.2 táblázatban láthatók.

5.2 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|--------------|--------------------------------------|-------------------|
| k | komponensek darabszáma | - |
| M_i | i-dik komponens molekulasúlya | - |
| z_{O_i} | " " viszkozitása 0 C°-on | cP |
| C_i | " " Sutherland állandója | - |
| m_i | " " moltörtje | - |
| z_i | " " viszkozitása | kp/m ² |
| Z | gázkeverék viszkozitása | kp/m ² |
| γ | " fajúsulya | kp/m ³ |
| w_j | lineáris sebesség a j-dik szakaszban | m/s |
| Re_j | Reynolds-szám " " | - |
| Δp_j | nyomásesés " " | kp/m ² |

A fent deklarált változók közül ismerteknek tételezzük fel a következőket:

FSN, STN_{in}, STN_{out}, l, d_j , L_j , n_{1j} , n_{2j} , n_{3j} , F_j , s_{1j} , s_{2j} , K_j / $1 \leq j \leq l$ /, k, M_i , z_{O_i} , C_i , m_i / $1 \leq i \leq k$ /. Továbbá ismertnek tekintjük a bemenő streamben lévő p, γ , q értéket.

A COOLRESGAS1 eljárás kiértékeli az alábbi kifejezéseket.

$$1./ \gamma = \frac{p}{22.4 \cdot 10330} \sum_i m_i M_i \frac{273}{273 + \gamma}$$

$$2./ z_i = z_{O_i} \frac{273 + C_i}{273 + C_i + \gamma} \left(\frac{273 + \gamma}{273} \right)^{1.5}$$

$$3./ \frac{1}{Z} = \frac{1}{\sum_i m_i M_i} \sum_i \frac{m_i M_i}{z_i}$$

$$4./ w_j = \frac{273 + \gamma}{273} \frac{10330q}{pF_j}$$

$$5./ Re_j = \frac{\gamma L_j w_j}{z} 10^3$$

$$6./ \Delta p_j = \begin{cases} \frac{\gamma w_j^2}{9.81} / 2 + 3.3 K_j / Re_j^{-0.28}, & \text{ha } \frac{s1_j}{d_j} \leq \frac{s2_j}{d_j} \\ \frac{\gamma w_j^2}{9.81} / 2.7 + 1.7 K_j / Re_j^{-0.28}, & \text{ha } \frac{s1_j}{d_j} > \frac{s2_j}{d_j} \end{cases}$$

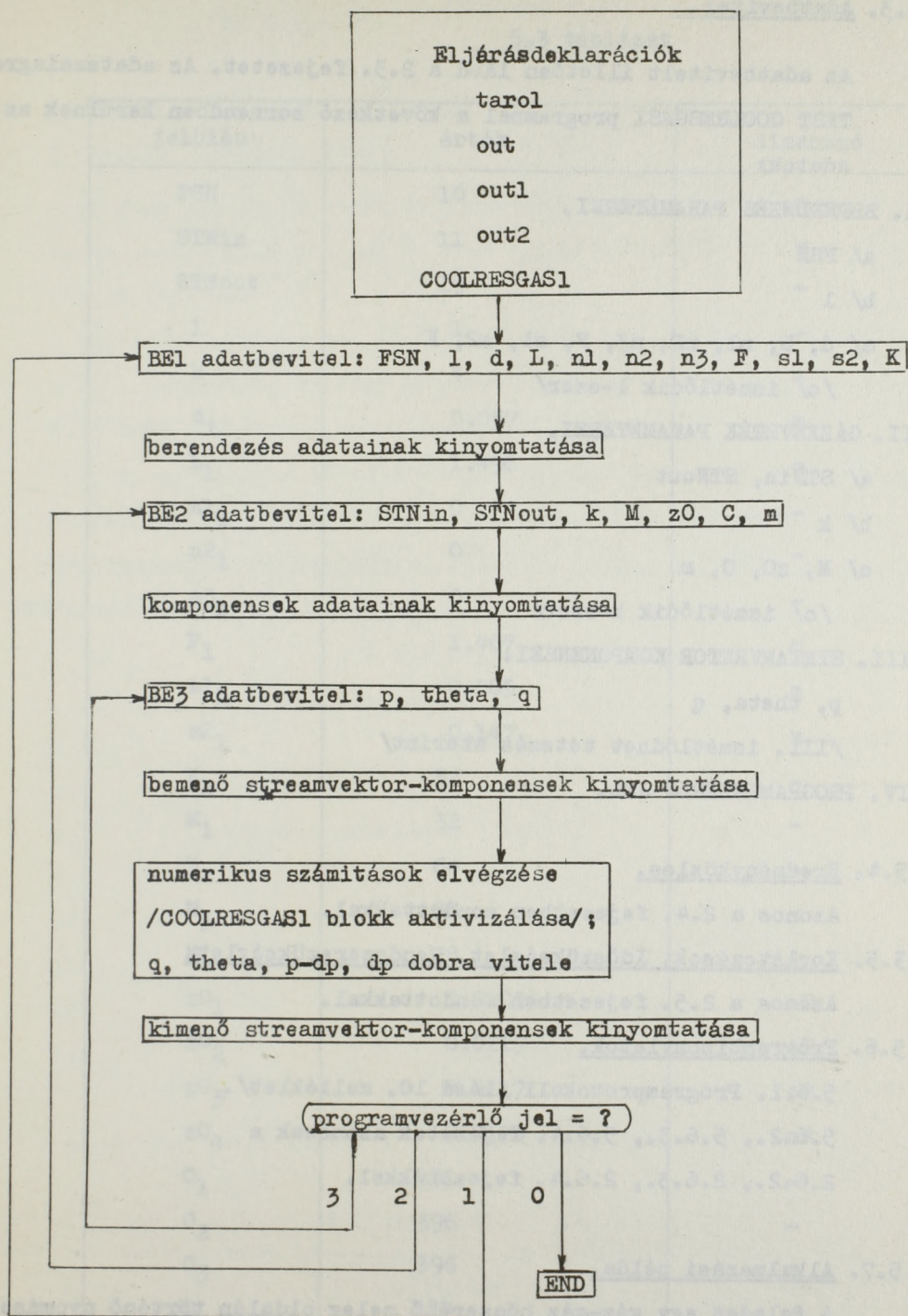
$$7./ dp = \sum_j \Delta p_j$$

5.2. Programszerkezet és blokkdiagram.

A program szerkezete minden vonatkozásban azonos a TEST RES1 szerkezetével. /Lásd 2.2. fejezet/. Különbség csak az V. pontban van, amely ebben az esetben a következő:

V. COOLRESGAS1/k, l, M, z0, C, m, d, L, n1, n2, n3, F, s1, s2. K, p, theta, q, dp/

A program blokkdiagramja az 5.1. ábrán látható.



5.1. ábra. TEST COOLRESGAS1 blokkdiagramja.

5.3. Adatbevitel.

Az adatbevitelt illetően lásd a 2.3. fejezetet. Az adatszagra a TEST COOLRESGAS1 programnál a következő sorrendben kerülnek az adatok:

I. BERENDEZÉS PARAMÉTEREI.

a/ FSN

b/ l

c/ d, L, n1, n2, n3, F, s1, s2, K

/c/ ismétlődik l-szer/

II. GÁZKEVERÉK PARAMÉTEREI.

a/ STNin, STNout

b/ k

c/ M, z0, C, m

/c/ ismétlődik k-szor/

III. STREAMVEKTOR KOMPONENSEI.

p, theta, q

/III. ismétlődhet tetszés szerint/

IV. PROGRAMVEZÉRLŐ JEL.

5.4. Eredményközlés.

Azonos a 2.4. fejezetben mondottakkal.

5.5. Korlátozások. Időszükséglet. Rendszerszükséglet.

Azonos a 2.5. fejezetben mondottakkal.

5.6. Programbizonylatok.

5.6.1. Programprotokoll /lásd 10. melléklet/.

5.6.2., 5.6.3., 5.6.4. fejezetek azonosak a

2.6.2., 2.6.3., 2.6.4. fejezetekkel.

5.7. Alkalmazási példa.

A feladat egy gáz-gáz hőcserélő meleg oldalán történő nyomásesés kiszámítása. A megoldáshoz szükséges adatok az 5.3 táblázatban láthatók.

5.3 táblázat

| jelölés | érték | dimenzió |
|--------------------|--------|----------------|
| FSN | 10 | - |
| STN _{in} | 11 | - |
| STN _{out} | 19 | - |
| l | 1 | - |
| k | 4 | - |
| d ₁ | 0.057 | m |
| L ₁ | 1.496 | m |
| n ₁₁ | 0 | - |
| n ₂₁ | 0 | - |
| n ₃₁ | 0 | - |
| F ₁ | 1.467 | m ² |
| s ₁₁ | 0.085 | m |
| s ₂₁ | 0.147 | m |
| K ₁ | 32 | - |
| M ₁ | 32 | - |
| M ₂ | 64 | - |
| M ₃ | 80 | - |
| M ₄ | 28 | - |
| z ₀₁ | 0.0203 | cP |
| z ₀₂ | 0.0117 | cP |
| z ₀₃ | 0.0117 | cP |
| z ₀₄ | 0.0170 | cP |
| C ₁ | 131 | - |
| C ₂ | 396 | - |
| C ₃ | 396 | - |
| C ₄ | 114 | - |

5.3 táblázat
/folytatása/

| jelölés | érték | dimenzió |
|----------|-------|-------------------|
| m_1 | 0.10 | - |
| m_2 | 0.01 | - |
| m_3 | 0.09 | - |
| m_4 | 0.80 | - |
| p | 11000 | kp/m ² |
| γ | 480 | C° |
| q | 6.15 | Nm/s |

A példához tartozó adatszalg kiiratása a 11. mellékletben, az eredményszalg kiiratása a 12. mellékletben található. A program futtatása a kb on eljárás használatával történt.

5. TEST COOLRESGAS2: Eljárás gáz-gáz hőcserélők hidegoldali ellenállásának számítására.

6.1. A program matematikai leírása.

A változók deklarációja.

A program gáz-gáz hőcserélők hidegoldali ellenállásának, ill. nyomásának számítására szolgál és mint ilyen a NETWORK1 eljárás szerves részét képezi.

A blokk, valamint a be- és kimenő jelek jelölésére vonatkozólag lásd a 2.1. fejezetet. Az áramvektorok komponensei szintén azonosak a TEST RES1 programnál leirtakkal. /2.1 táblázat/

Az eljárásban deklarált változók két csoportra oszlanak: a berendezést leíró adatokra és a gázáramot leíró adatokra.

A berendezést leíró adatok a 6.1 táblázatban találhatók.

6.1 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|----------|--------------------------------|------------|
| l | csőszakaszok d_g rabszáma | - |
| d_j | j-dik csőszakasz átmérője | m |
| L_j | " " hossza | m |
| nl_j | " " párhuzamos csöveinek száma | - |
| $n2_j$ | " " könyökeinek száma | - |
| $n3_j$ | " " szűkületeinek száma | - |
| $Lekv_j$ | " " ekvivalens hossza | m |

A gázáramot leíró adatok a 6.2 táblázatban láthatók.

6.2 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|-------|--------------------------------|------------|
| k | komponensek darabszáma | - |
| M_1 | i-dik komponens molekulyasulya | - |

6.2 táblázat

/folytatása/

| jele | jelentése | dimenziója |
|-------------|---|--------------------|
| z_{O_i} | i-dik komponens viszkozitása 0 C°-on | cP |
| C_i | " " Sutherland állandója | - |
| m_i | " " móltörtje | - |
| z_i | " " viszkozitása | kps/m ² |
| Z | gázkeverék viszkozitása | kps/m ² |
| γ | " fajszulya | kp/m ³ |
| w_j | lineáris sebesség a j-dik szakaszban | m/s |
| Re_j | Reynolds-szám " " | - |
| λ_j | Reynolds-számtól függő tényező a j-dik szakaszban | - |

A fent deklarált változók közül ismerteknek tételezzük fel a következőket:

FSN, STN_{in}, STN_{out}, l, d_j, L_j, n_{1j}, n_{2j}, n_{3j} / 1 ≤ j ≤ l/, k, M_i, z_{O_i}, C_i, m_i / 1 ≤ i ≤ k/. Továbbá ismerteknek tekintjük a bemenő streamben lévő p, ν, q értékeket.

A COOLRESGAS2 eljárás kiértékeli az alábbi kifejezéseket.

$$1./ \quad \gamma = \frac{p}{22.4 \cdot 10330} \sum_i m_i M_i \frac{273}{273 + \gamma}$$

$$2./ \quad z_i = z_{O_i} \frac{273 + C_i}{273 + C_i + \gamma} \left(\frac{273 + \gamma}{273} \right)^{1.5}$$

$$3./ \quad \frac{1}{Z} = \frac{1}{\sum_i m_i M_i} \sum_i \frac{m_i M_i}{z_i}$$

$$4./ w_j = 1.274 \frac{10330q}{pnl_j d_j^2} \frac{273 + \gamma}{273}$$

$$5./ Re_j = \frac{\gamma d_j w_j}{z} 10^3$$

$$6./ \lambda_j = \begin{cases} \frac{64}{Re_j} & , \text{ ha } Re_j \leq 2300 \\ \frac{0.316}{Re_j^{0.25}} & , \text{ ha } 2300 < Re_j \leq 10^5 \\ 0.0032 + \frac{0.221}{Re_j^{0.237}} & , \text{ ha } 10^5 < Re_j \end{cases}$$

$$7./ Lekv_j = /50n2_j + 20n3_j / d_j$$

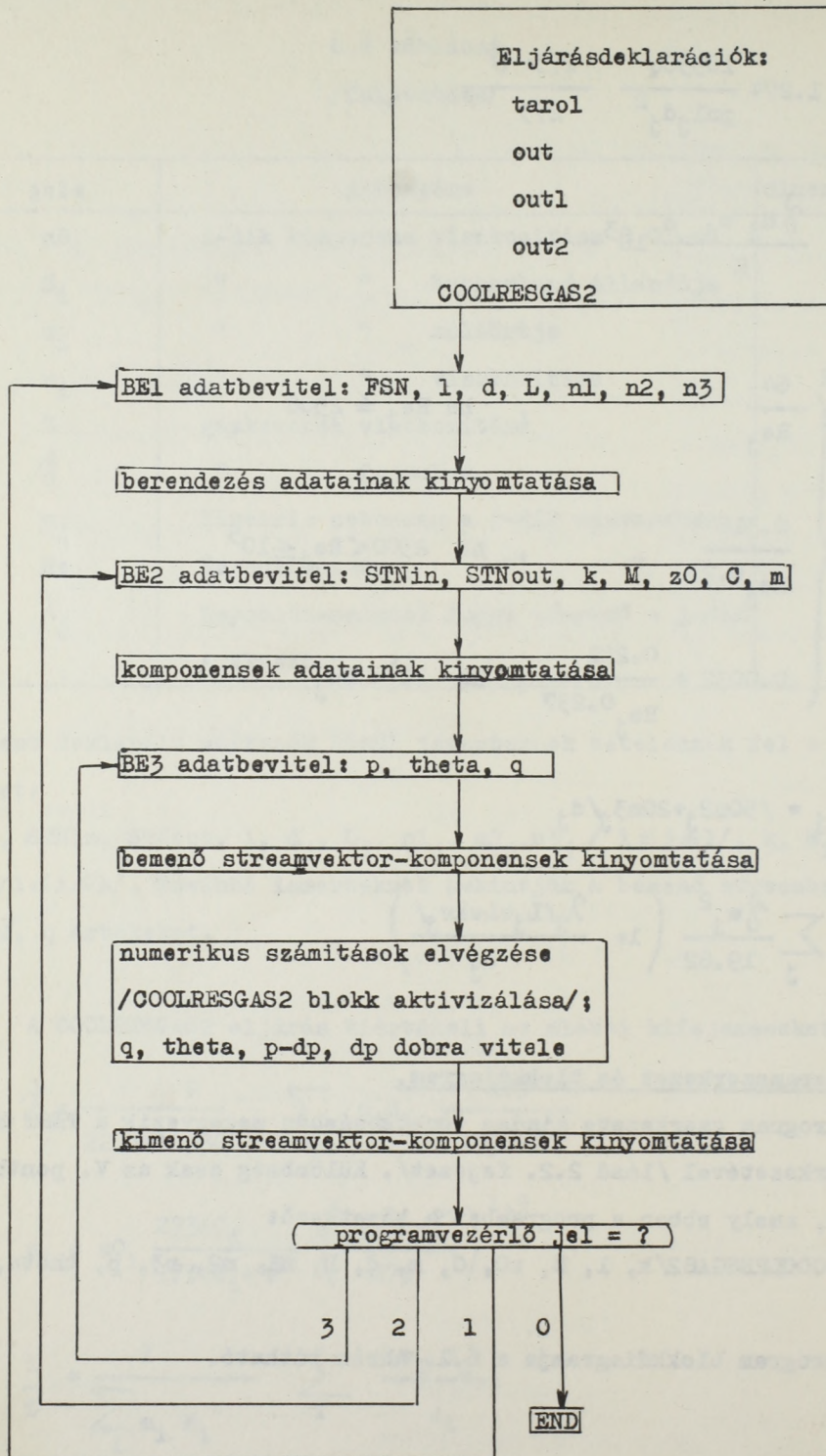
$$8./ dp = \sum_j \frac{\gamma w_j^2}{19.62} \left(1 + \frac{\lambda_j / L_j + Lekv_j /}{d_j} \right)$$

6.2. Programszerkezet és blokkdiagram.

A program szerkezete minden vonatkozásban megegyezik a TEST RES1 szerkezetével /lásd 2.2. fejezet/. Különbség csak az V. pontban van, amely ebben a programban a következő:

V. COOLREGAS2/k, 1, M, z0, C, m, d, L, nl, n2, n3, p, theta, q, dp/

A program blokkdiagramja a 6.1. ábrán látható.



6.1. ábra. TEST COOLREGAS2 blokkdiagramja.

6.3. Adatbevitel.

Az adatbevítelt illetően lásd a 2.3. fejezetet. Az adatszagra a TEST COOLREGAS2 program esetén a következő sorrendben kerülnek az adatok:

I. BERENDEZÉS PARAMÉTEREI.

a/ FSN

b/ l

c/ d, L, n1, n2, n3

/c./ ismétlődik l-szer/

II. GÁZKEVERÉK PARAMÉTEREI.

a/ STNin, STNout

b/ k

c/ M, zO, C, m

/c./ ismétlődik k-szor/

III. STREAMVEKTOR KOMPONENSEI.

p, theta, q

/III. ismétlődhet tetszés szerint/

IV. PROGRAMVEZÉRLŐ JEL.

6.4. Eredményközlés.

Azonos a 2.4. fejezetben mondottakkal.

6.5. Korlátozások. Időszükséglet. Rendszerszükséglet.

Azonos a 2.5. fejezetben mondottakkal.

6.6. Programbizonylatok.

6.6.1. Programprotokoll /lásd 13. melléklet/

6.6.2., 6.6.3., 6.6.4. fejezetek azonosak a

2.6.2., 2.6.3., 2.6.4. fejezetekkel.

6.7. Alkalmazási példa.

A feladat egy gáz-gáz hőcserélő hideg oldalán történő nyomásesés kiszámítása. A megoldáshoz szükséges adatok a 6.3 táblázatban láthatók.

6.3 táblázat.

| jelölés | érték | dimenzió |
|----------|--------|--------------------|
| FSN | 10 | - |
| STNin | 13 | - |
| STNout | 14 | - |
| l | 1 | - |
| k | 2 | - |
| d_1 | 0.051 | m |
| L_1 | 3.135 | m |
| nl_1 | 552 | - |
| $n2_1$ | 0 | - |
| $n3_1$ | 1 | - |
| M_1 | 32 | - |
| M_2 | 28 | - |
| $z0_1$ | 0.0203 | cP |
| $z0_2$ | 0.0170 | cP |
| C_1 | 131 | - |
| C_2 | 114 | - |
| m_1 | 0.21 | - |
| m_2 | 0.79 | - |
| p | 12000 | kp/m ² |
| γ | 321 | C° |
| q | 5 | Nm ² /s |

A példához tartozó adatszalg kiiratása a 14. mellékletben, az eredmény-szalg kiiratása a 15. mellékletben található. A program iuttatása a kb. on eljárás használatával történt.

7. TEST COOLRESWATER1: Eljárás gáz-folyadék hőcserélők folyadékoldali ellenállásának számítására.

7.1. A program matematikai leírása.

A változók deklarációja.

A program gáz-folyadék hőcserélők folyadékoldali ellenállásának, ill. nyomásesésének számítására szolgál, és mint ilyen a NETWORK1 eljárás szerves részét képezi.

A blokk, valamint a be- és kimenő jelek jelölésére vonatkozó - lag lásd a 2.1. fejezetet.

Az áramvektorok komponensei szintén azonosak a TEST RES1 programnál leirtakkal /2.1 táblázat/

Az eljárásban deklarált változók két csoportra oszlanak: a berendezést leíró adatokra és a folyadékáramot leíró adatokra.

A berendezést leíró adatok a 7.1 táblázatban találhatóak.

7.1 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|----------|--------------------------------|------------|
| l | csőszakaszok darabszáma | - |
| d_j | j-dik csőszakasz átmérője | m |
| L_j | " " hossza | m |
| nl_j | " " párhuzamos csöveinek száma | - |
| $n2_j$ | " " könyökeinek száma | - |
| $n3_j$ | " " szükületeinek száma | - |
| h_j | " " szintkülönbsége | m |
| $Lekv_j$ | " " ekvivalens hossza | m |

A folyadékáramot leíró adatok a 7.2 táblázatban láthatók.

7.2 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|-------------|---|-------------------|
| γ | folyadék fajsúlya | kp/m ³ |
| z | " viszkozitása | cP |
| z_0 | regressziós együttható | - |
| z_1 | " " | - |
| z_2 | " " | - |
| z_3 | " " | - |
| w_j | lineáris sebesség a j-dik szakaszban | m/s |
| Re_j | Reynolds-szám " " | - |
| λ_j | Reynolds-számtól függő tényező a j-dik szakaszban | - |

A fent deklarált változók közül ismerteknek tételezzük fel a következőket:

FSN, STN_{in}, STN_{out}, l , d_j , L_j , h_j , n_{1j} , n_{2j} , n_{3j} / $1 \leq j \leq l$, γ , z_0 , z_1 , z_2 , z_3 . Továbbá ismertnek tekintjük a bemenő streamben lévő q , v értéket.

A COOLRESWATER1 eljárás kiértékeli az alábbi kifejezéseket:

$$1./ z = z_0 + z_1 v + z_2 v^2 + z_3 v^3$$

$$2./ w_j = \frac{4q}{3.14 n_{1j} d_j^2}$$

$$3./ Re_j = \frac{\gamma d_j w_j}{z} \cdot 10^3$$

$$4./ \lambda_j = \begin{cases} \frac{64}{Re_j} , & \text{ha } Re_j \leq 3000 \\ \frac{0.3164}{Re_j^{0.25}} , & \text{ha } 3000 < Re_j \leq 10^5 \\ 0.0032 + \frac{0.221}{Re_j^{0.237}} , & \text{ha } 10^5 < Re_j \end{cases}$$

$$5./ Lekv_j = /50n_2j + 20n_3j / d_j$$

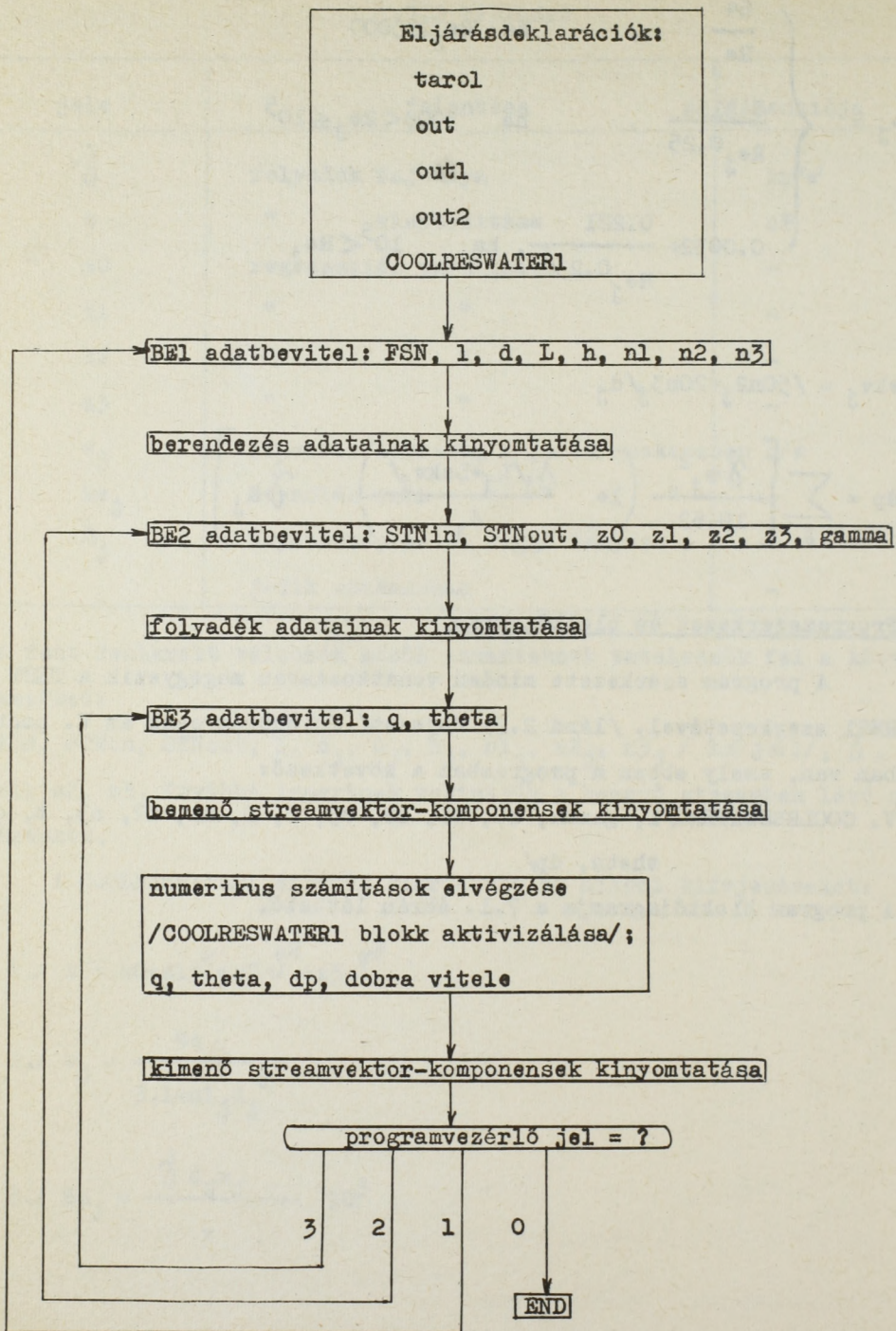
$$6./ dp = \sum_j \left[\frac{\gamma w_j^2}{19.62} \left(1 + \frac{\lambda_j / L_j + Lekv_j /}{d_j} \right) + \gamma h_j \right]$$

7.2. Programszerkezet és blokkdiagram.

A program szerkezete minden vonatkozásban megegyezik a TEST RES1 szerkezetével. /lásd 2.2. fejezet/ Különbség csak az V. pontban van, amely ebben a programban a következő:

V. COOLRESWATER1/1, gamma, z0, z1, z2, z3, d, L, n1, n2, n3, h, q, theta, dp/

A program blokkdiagramja a 7.1. ábrán látható.



7.1. ábra. TEST COOLRESWATER1 blokkdiagramja.

7.3. Adatbevitel.

Az adatbevitelt illetően lásd a 2.3. fejezetet. Az adatszálagra a TEST COOLRESWATER1 program esetén a következő sorrendben kerülnek az adatok:

I. BERENDEZÉS PARAMÉTEREI.

a/ FSN

b/ 1

c/ d, L, h, n1, n2, n3

/c./ ismétlődik 1-szer/

II. FOLYADÉK PARAMÉTEREI.

a/ STNin, STNout

b/ z0, z1, z2, z3, gamma

III. STREAMVEKTOR KOMPONENSEI.

q, theta

/III. ismétlődhet tetszés szerint/

IV. PROGRAMVEZÉRLŐ JEL.

7.4. Eredményközlés.

Azonos a 2.4. fejezetben mondottakkal.

7.5. Korlátozások. Időszükséglet. Rendszerszükséglet.

Azonos a 2.5. fejezetben mondottakkal.

7.6. Programbizonylatok.

7.6.1. Programprotokoll. /lásd 16. melléklet/

7.6.2., 7.6.3., 7.6.4. fejezetek azonosak a

2.6.2., 2.6.3., 2.6.4. fejezetekkel.

7.7. Alkalmazási példa.

A feladat egy gáz-folyadék hőcserélő folyadékoldali nyomásesésének kiszámítása. A megoldáshoz szükséges adatok a 7.3 táblázatban láthatók.

7.3 táblázat

| jelölés | érték | dimenzió |
|-------------|----------|--------------------|
| FSN | 24 | - |
| STNin | 29 | - |
| STNout | 30 | - |
| l | 1 | - |
| d_1 | 0.043 | m |
| L_1 | 113.950 | m |
| h_1 | 4.721 | m |
| nl_1 | 8 | - |
| $n2_1$ | 48 | - |
| $n3_1$ | 0 | - |
| z0 | 1.3302 | - |
| z1 | -0.0237 | - |
| z2 | 0.0002 | - |
| z3 | 0.0000 | - |
| γ | 1000 | kp/m ³ |
| q | 0.002485 | Nm ² /s |
| ϑ | 175 | C° |

A példához tartozó adatszalg kiiratása a 17. mellékletben, az eredményszalg kiiratása a 18. mellékletben található. A program futtatása a kb on eljárás használatával történt.

8. TEST BOILRESGAS1: Eljárás gőzkazán gázoldali ellenállásának számítására.

8.1. A program matematikai leírása.

A változók deklarációja.

A program gőzkazán gázoldali ellenállásának, ill. nyomásesésének számítására szolgál, és mint ilyen a NETWORK1 eljárás szerves részét képezi.

A blokk, valamint a bemenő és kimenő jelek jelölésére vonatkozólag lásd 2.1. fejezetet. Az áramvektorok komponensei szintén azonosak a TEST RES1 programnál leirtakkal. /2.1 táblázat/

Az eljárásban deklarált változók két csoportra oszlanak: a berendezést leíró adatokra és a gázáramot leíró adatokra. A berendezést leíró adatok a 8.1 táblázatban találhatóak.

8.1 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|---------|---|----------------|
| 1 | csőszakaszok darabszáma | - |
| d_j | j-dik csőszakasz átmérője | m |
| L_j | " " hossza | m |
| nl_j | " " párhuzamos csöveinek száma | - |
| $n2_j$ | j-dik csőszakasz könyökeinek száma | - |
| $n3_j$ | " " szükületeinek száma | - |
| F_j | " " keresztmetszete | m ² |
| $s1_j$ | " csőszakaszban a csövek távolsága az áramlásra merőleges irányban | m |
| $s2_j$ | j-dik csőszakaszban a csövek távolsága az áramlás irányában | m |
| K_j | j-dik csőszakaszban a csősorok száma az áramlás irányában | - |
| β | áramlás iránya és a csövek tengelyei által bezárt szögtől függő tényező | - |

A gázáramot leíró adatok a 8.2 táblázatban láthatók.

8. 2 táblázat

| jеле | jelentése | dimenziója |
|--------------|---|-------------------|
| k | komponensek darabszáma | - |
| M_i | i-dik komponens molekulasúlya | |
| z_{0_i} | " " viszkozitása $0C^0$ -on | cP |
| C_i | " " Sutherland állandója | - |
| m_i | " " moltörtje | - |
| z_i | " " viszkozitása | cP |
| Z | gázkeverék viszkozitása | cP |
| γ | " fajszűlya | kp/m ³ |
| w_j | lineáris sebesség a j-dik csőszakaszban | m/s |
| Re_j | Reynolds-szám a j-dik csőszakaszban | - |
| Δp_j | nyomásesés " " | kp/m ² |

A fent deklarált változók közül ismerteknek tételezzük fel a következőket:

FSN, STN_{in}, STN_{out}, $l, \beta, d_j, L_j, n_{1j}, n_{2j}, n_{3j}, F_j, s_{1j}, s_{2j}, K_j, /1 \leq j \leq l/$, $k, M_i, z_{0_i}, C_i, m_i /1 \leq i \leq k/$. Továbbá ismerteknek tekintjük a bemenő streamben lévő p, γ, q értékeket.

A BOILRESGAS1 eljárás kiértékeli az alábbi kifejezéseket.

$$1./ \gamma = \frac{1}{22.4 \cdot 10330} \sum_i m_i M_i \frac{273}{273 + \gamma} p$$

$$2./ z_i = z_{0_i} \frac{273 + C_i}{273 + C_i + \gamma} \left(\frac{273 + \gamma}{273} \right)^{1.5}$$

$$3./ \frac{1}{Z} = \frac{1}{\sum_i m_i M_i} \sum_i \frac{m_i M_i}{z_i}$$

$$4./ w_j = \frac{273 + \sqrt{\quad}}{273} \frac{q}{F_j} \frac{10330}{p}$$

$$5./ Re_j = \frac{\gamma_{L_j} w_j}{Z} 10^3$$

$$6./ \Delta p_j = \begin{cases} \frac{\gamma_{w_j}^2}{9.81} / 2 + 3.3 K_j / Re_j^{-0.28} & , \text{ ha } \frac{s_{1j}}{d_j} \leq \frac{s_{2j}}{d_j} \\ \frac{\gamma_{w_j}^2}{9.81} / 2.7 + 1.7 K_j / Re_j^{-0.28} & , \text{ ha } \frac{s_{1j}}{d_j} > \frac{s_{2j}}{d_j} \end{cases}$$

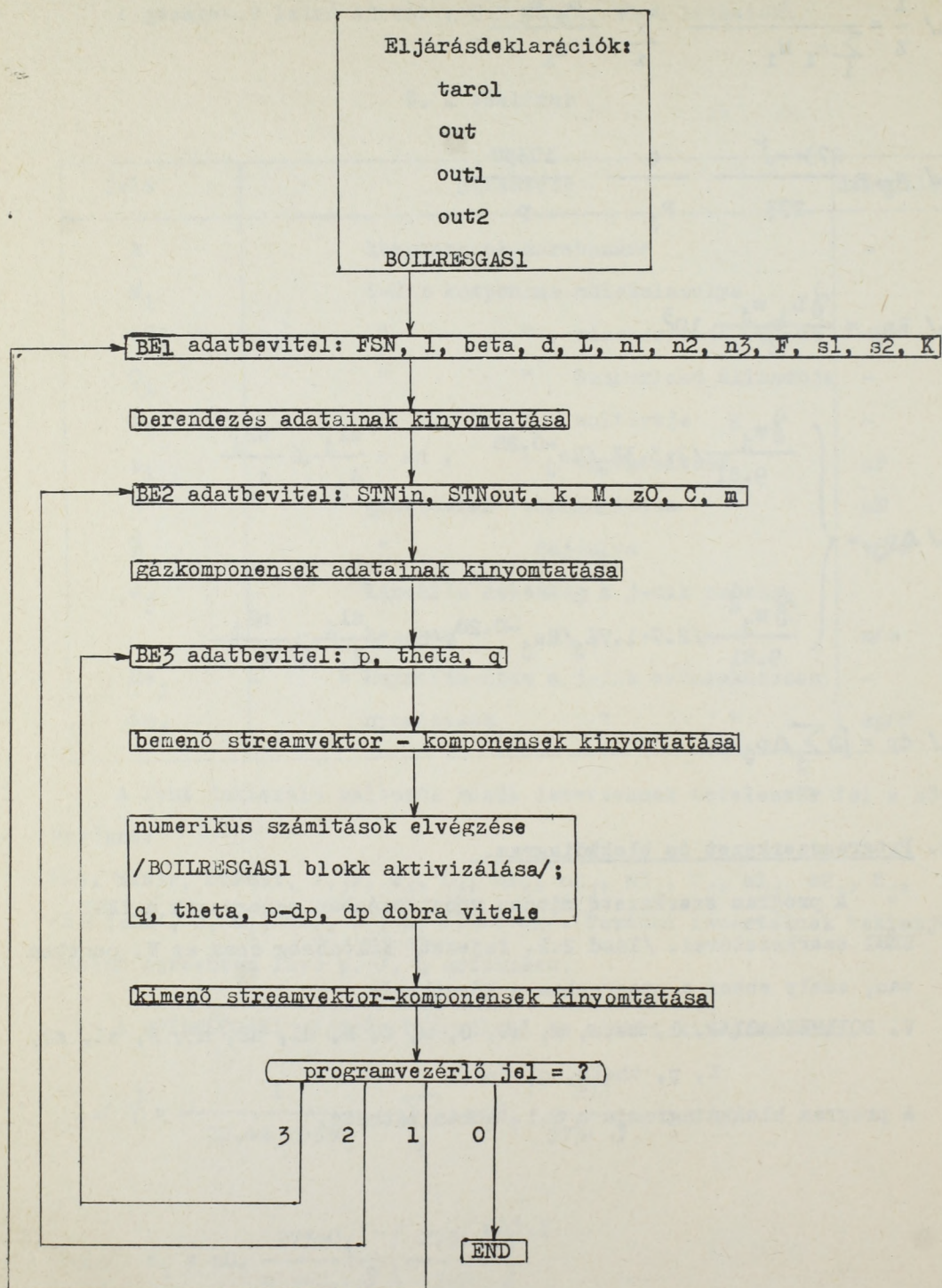
$$7./ dp = \beta \sum_j \Delta p_j$$

8.2. Programszerkezet és blokkdiagram.

A program szerkezete minden vonatkozásban megegyezik a TEST RES1 szerkezetével. /lásd 2.2. fejezet/ Különbség csak az V. pontban van, amely ebben a programban a következő:

V. BOILRESGAS1/K, l, beta, M, z0, C, m, d, L, n1, n2, n3, F, s1, s2,
K, p, theta, q, dp/

A program blokkdiagramja a 8.1. ábrán látható.



8.1. ábra. TEST BOILRESGAS1 blokkdiagramja.

8.3. Adatbevitel.

Az adatbevitelt illetően lásd 2.3. fejezetet. Az adatszagra a TEST BOILRESGAS1 program esetében a következő sorrendben kerülnek az adatok:

I. BERENDEZÉS PARAMÉTEREI.

a/ FSN

b/ l , beta

c/ d , L , n_1 , n_2 , n_3 , F , s_1 , s_2 , K

/c/ ismétlődik l -szer/

II. GÁZKEVERÉK PARAMÉTEREI.

a/ STNin, STNout

b/ k

c/ M , z_0 , C , m

/c/ ismétlődik k -szor/

III. STREAMVEKTOR KOMPONENSEI.

p , theta, q

/III. ismétlődhet tetszés szerint/.

IV. PROGRAMVEZÉRLŐ JEL.

8.4. Eredményközlés.

Azonos a 2.4. fejezetben mondottakkal.

8.5. Korlátozások. Időszükséglet. Rendszerszükséglet.

Azonos a 2.5. fejezetben mondottakkal.

8.6. Programbizonylatok.

8.6.1. Programprotokoll /lásd 19. melléklet/

8.6.2., 8.6.3., 8.6.4. fejezetek azonosak a

2.6.2., 2.6.3., 2.6.4. fejezetekkel.

8.7. Alkalmazási példa.

A feladat egy gőzkazán gázoldalán történő nyomásesés kiszámítása.

A megoldáshoz szükséges adatok a 8.3 táblázatban láthatók.

8.3 táblázat

| jelölés | érték | dimenzió |
|--------------------|--------|----------|
| FSN | 4 | - |
| STN _{in} | 4 | - |
| STN _{out} | 204 | - |
| l | 2 | - |
| k | 3 | - |
| β | 1.11 | - |
| d_1 | 0.038 | m |
| d_2 | 0.064 | m |
| L_1 | 5.434 | m |
| L_2 | 6.841 | m |
| nl_1 | 0 | - |
| nl_2 | 0 | - |
| $n2_1$ | 0 | - |
| $n2_2$ | 0 | - |
| $n3_1$ | 0 | - |
| $n3_2$ | 0 | - |
| F_1 | 0.94 | E^2 |
| F_2 | 1.1765 | E^2 |
| sl_1 | 0.10 | m |
| sl_2 | 0.1256 | m |
| $s2_1$ | 0.09 | m |
| $s2_2$ | 0.25 | m |
| K_1 | 15 | - |
| K_2 | 17 | - |
| M_1 | 32 | - |
| M_2 | 64 | - |
| M_3 | 28 | - |
| $z0_1$ | 0.0203 | cP |
| $z0_2$ | 0.0117 | cP |

8.3 táblázat
/folytatása/

| jelölés | érték | dimenzió |
|----------|--------|-------------------|
| z_0 | 0.0170 | cP |
| c_1 | 131 | - |
| c_2 | 396 | - |
| c_3 | 114 | - |
| m_1 | 0.085 | - |
| m_2 | 0.124 | - |
| m_3 | 0.791 | - |
| p | 11600 | kp/m ² |
| γ | 790 | c° |
| q | 6.48 | Nm/s |

A példához tartozó adatszalg kiiratása a 20. mellékletben, az eredmény-szalag kiiratása a 21. mellékletben található. A program futtatása kb on eljárás használatával történt.

9. TEST VALVEL: Eljárás gázszelepek ellenállásának számítására.

9.1. A program matematikai leírása.

A változók deklarációja.

A program gázszelepek ellenállásának, ill. nyomásesésének számítására szolgál, és mint ilyen a NETWORK1 eljárás szerves részét képezi.

Az egyes blokkok, valamint a be- és kimenő jelek jelölésére vonatkozólag lásd 2.1. fejezetet.

Az áramvektorok komponensei szintén azonosak a TEST RES1 programnál leirtakkal. /2.1 táblázat/

Az eljárásban deklarált változók két részre oszlanak: a berendezést leíró adatokra és a gázáramot leíró adatokra.

A berendezést leíró adatok a 9.1 táblázatban találhatók.

9. 1 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|-------|-------------------------------|------------|
| d | belépő nyílás átmérője | m |
| a0 | szelepállandó | - |
| a1 | " | - |
| a2 | " | - |
| a3 | " | - |
| a4 | " | - |
| ξ | szelep típusától függő faktor | - |

A gázáramot leíró adatok a 9.2 táblázatban láthatók

9. 2 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|-------|-------------------------------|------------|
| k | komponensek db száma | - |
| M_i | i-dik komponens molekulaszáma | - |

9.2 táblázat

/folytatása/

| jele | jelentése | dimenziója |
|-----------|--|-------------------|
| z_{O_i} | i-dik komponens viszkozitása 0 C ^o -on | cP |
| C_i | i-dik komponens Sutherland állandója | - |
| m_i | i-dik komponens moltörtje | - |
| γ | gázkeverék fajsulya | kp/m ³ |
| w | gázkeverék lineáris sebessége a bemenő nyílásban | m/s |

A fent deklarált váltószámok közül ismerteknek **tételezzük fel** a következőket:

FSN, STN_{in}, STN_{out}, d, a₀, a₁, a₂, a₃, a₄, k, M_i, z_{O_i}, C_i, m_i
/1 ≤ i ≤ k/. Továbbá ismerteknek tekintjük a bemenő streamben lévő
p, γ, q, y értéket.

A VALVE1 eljárás **kiértékeli** az alábbi kifejezéseket.

$$1./ \gamma = \frac{p}{22.4 \cdot 10330} \sum_i m_i M_i \frac{273}{273 + \gamma}$$

$$2./ w = 1.274 \frac{273 + \gamma}{273} \frac{10330}{d^2} \frac{q}{p}$$

$$3./ \xi = a_0 + a_1 y + a_2 y^2 + a_3 y^3 + a_4 y^4$$

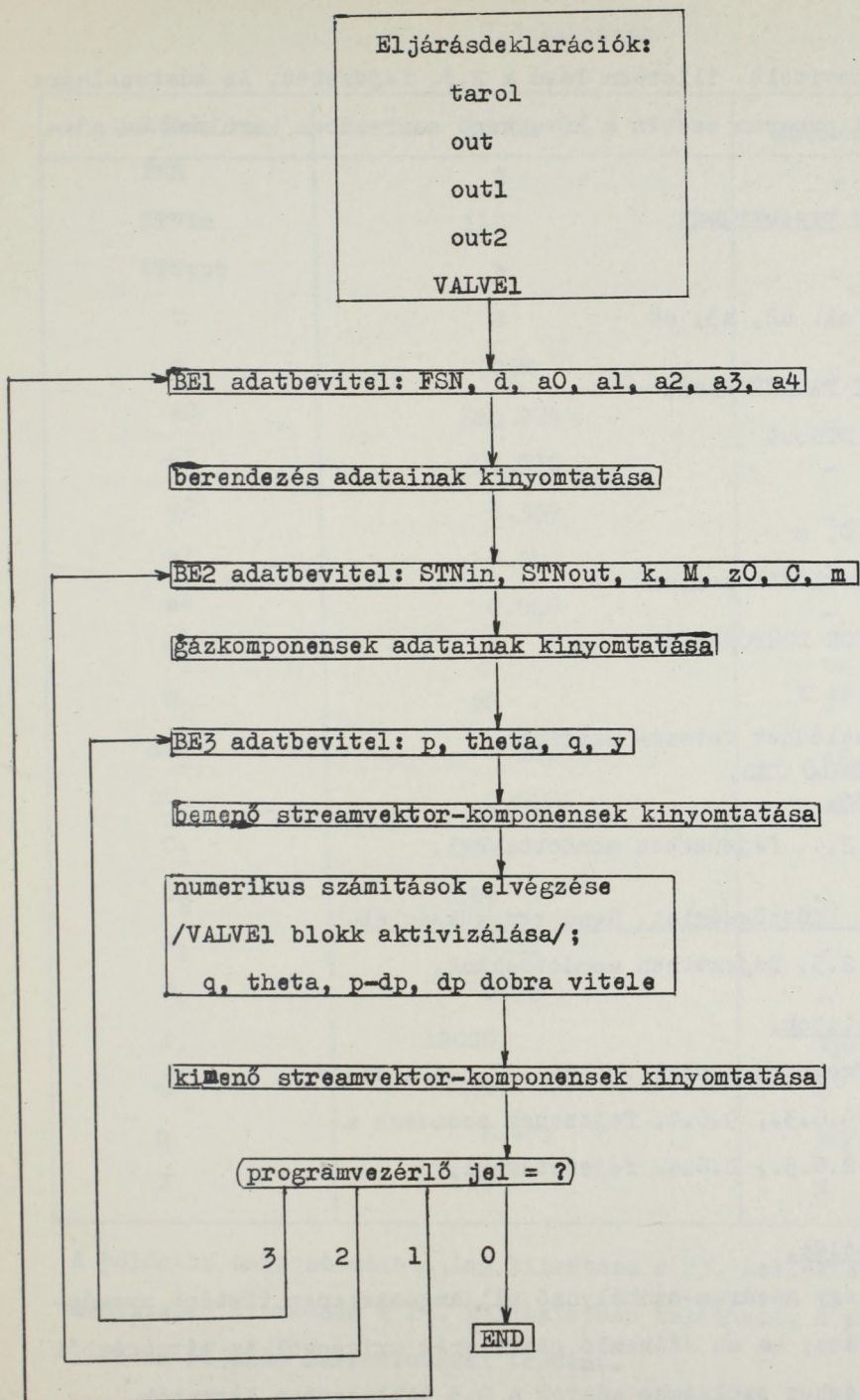
$$4./ dp = \frac{\gamma w^2}{19.62} \xi$$

9.2. Programszerkezet és blokkdiagram.

A program szerkezete minden vonatkozásban megegyezik a TEST RES1 szerkezetével. /lásd 2.2. fejezet/ Eltérés csak az V. pontban van, amely ennél a programnál a következő:

V. VALVE1/k, M, z0, C, m, d, a0, a1, a2, a3, a4, p, theta, q, γ , dp/

A program blokkdiagramja a 9.1. ábrán látható.



9.1. ábra. TEST VALVE1 blokkdiagramja.

9.3. Adatbevitel.

Az adatbevitelt illetően lásd a 2.3. fejezetet. Az adatszagra a TEST VALVEL program esetén a következő sorrendben kerülnek az adatok:

I. BERENDEZÉS PARAMÉTEREI.

a/ FSN

b/ d, a0, a1, a2, a3, a4

II. GÁZKEVERÉK PARAMÉTEREI.

a/ STNin, STNout

b/ k

c/ M, z0, C, m

/c/ ismétlődik k-szor/

III. STREAMVEKTOR KOMPONENSEI.

p, theta, q, y

/III. ismétlődhet tetszés szerint/

IV. PROGRAMVEZÉRLŐ JEL.

9.4. Eredményközlés.

Azonos a 2.4. fejezetben mondottakkal.

9.5. Korlátozások. Időszükséglet. Rendszerszükséglet.

Azonos a 2.5. fejezetben mondottakkal.

9.6. Programbizonylatok.

9.6.1. Programprotokoll. /lásd 22. melléklet/

9.6.2., 9.6.3., 9.6.4. fejezetek azonosak a

2.6.2., 2.6.3., 2.6.4. fejezetekkel.

9.7. Alkalmazási példa.

A feladat egy gázáram-szabályozó pillangószelepen történő nyomás-és kiszámítása, ha az átáramló gázkeverék oxigénből és nitrogénből áll. A megoldáshoz szükséges adatok a 9.3 táblázatban láthatók.

9.3 táblázat

| jelölés | érték | dimenzió |
|-----------------|---------|--------------------|
| FSN | 2 | - |
| STNin | 119 | - |
| STNout | 3 | - |
| k | 2 | - |
| d | 0.8 | m |
| a0 | 580.224 | - |
| a1 | -24.818 | - |
| a2 | 0.352 | - |
| a3 | -0.002 | - |
| a4 | 0.000 | - |
| M ₁ | 32 | - |
| M ₂ | 28 | - |
| z ₀₁ | 0.0203 | cP |
| z ₀₂ | 0.0170 | cP |
| C ₁ | 131 | - |
| C ₂ | 114 | - |
| m ₁ | 0.21 | - |
| m ₂ | 0.79 | - |
| p | 12000 | kp/m ² |
| γ | 225 | C ^o |
| q | 6.472 | Nm ³ /s |
| y | 100 | % |

A példához tartozó adatszalg kiiratása a 23. mellékletben, az eredményszalg kiiratása a 24. mellékletben található. A program futtatása a kb on eljárás használatával történt.

10. TEST RES2: Eljárás csővezetékek ellenállásának számítására folyadékáram esetén.

10.1. A program matematikai leírása.

A változók deklarációja.

A program a technológiailag legegyszerűbb "készülék", a csővezeték ellenállásának, ill. nyomásesésének számítására szolgál, és mint ilyen a NETWORK1 eljárás szerves részét képezi. A csővezeték több különböző átmérőjű és hosszúságú csőszakaszból állhat, ezenkívül tartalmazhat tetszőleges számú könyököt, T-csatlakozást, zárószelepet, tolózárát és csőszűkületet.

Az egyes blokkok, valamint a bemenő és kimenő jelek jelölésére vonatkozólag lásd a 2.1. fejezetet. Az áramvektorok komponensei szintén azonosak a TEST RES1 programnál leirtakkal. /2.1 táblázat/

Az eljárásban deklarált változók két részre oszlanak: a berendezést leíró adatokra és a folyadékáramot leíró adatokra. A berendezést leíró adatok a 10.1 táblázatban találhatók.

10.1 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|----------|------------------------------|------------|
| l | csőszakaszok darabszáma | - |
| d_j | j-dik csőszakasz átmérője | m |
| L_j | " " hossza | m |
| $n1_j$ | " " könyökeinek száma | - |
| $n2_j$ | " " T-csatlakozásainak száma | - |
| $n3_j$ | " " zárószelepeinek száma | - |
| $n4_j$ | " " tolózárainak száma | - |
| $n5_j$ | " " csőszűkületeinek száma | - |
| $Lekv_j$ | " " ekvivalens hossza | m |
| dh | magasságkülönbség | m |

A folyadékáramot leíró adatok a 10.2 táblázatban láthatók.

10.2 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|--|---|-------------------|
| K | komponensek darabszáma ($K \leq 2$) | - |
| M_i | i -dik komponens molekulasúlya | - |
| δ_i | " " fajszúlya | kg/m^3 |
| μ_i | " " viszkozitása | kg/s/m^2 |
| m_i | " " moltörtje | - |
| δ | folyadékkeleg fajszúlya | kg/m^3 |
| μ | " viszkozitása | kg/s/m^2 |
| g_1 | első aktiv komponens súlyrésze az elegyben | - |
| w_j | lineáris sebesség a j -dik szakaszban | m/s |
| Re_j | Reynolds-szám a j -dik szakaszban | - |
| λ_j | " számtól függő tényező a j -dik szakaszban | - |
| (a_0, a_1, a_2) (b_0, b_1, b_2) | viszkozitás-hőmérséklet függvényegyütthatói | - |

A fent deklarált változók közül ismerteknek tételezzük fel a következőket:

$FSN, STN_{in}, STN_{out}, l, d_j, L_j, n_{1j}, n_{2j}, n_{3j}, n_{4j}, n_{5j}$ ($1 \leq j \leq 1$), K, M_i, δ_i ($1 \leq i \leq K$), $g_1, d_h, a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$. Továbbá ismerteknek tekintjük a bemenő streamben lévő q, \mathcal{V}, p értékeket.

A RES2 eljárás kétkomponensű folyadékkeleg esetében használható.

Ha a folyadékkeleg egykomponensű, g_1 értéke 1.

A RES2 eljárás kiértékeli az alábbi kifejezéseket.

$$1./ \gamma = g_1 \gamma_1 + (1-g_1) \gamma_2$$

$$2./ m_1 = \frac{g_1/M_1}{g_1/M_1 + (1-g_1)/M_2}$$

$$3./ m_2 = \frac{(1-g_1)/M_2}{g_1/M_1 + (1-g_1)/M_2}$$

$$4./ \mu_1 = a_0 + a_1 \gamma + a_2 \gamma^2$$

$$5./ \mu_2 = b_0 + b_1 \gamma + b_2 \gamma^2$$

$$6./ l_g \mu = \begin{cases} l_g \mu_1, & \text{ha } g_1=1 \\ m_1 l_g \mu_1 + m_2 l_g \mu_2, & \text{ha } g_1 \neq 1 \end{cases}$$

$$7./ w_j = 1.274 \frac{q}{d_j^2}$$

$$8./ Re_j = \frac{\gamma w_j d_j}{9.81 \mu}$$

$$9./ \lambda_j = \begin{cases} \frac{64}{Re_j}, & \text{ha } Re_j < 2300 \\ \frac{0.316}{Re_j^{0.25}}, & \text{ha } 2300 \leq Re_j < 10^5 \\ 0.0032 + \frac{0.221}{Re_j^{0.237}}, & \text{ha } Re_j \geq 10^5 \end{cases}$$

$$10./ Lekv_j = (50n_{1j} + 80n_{2j} + 11n_{3j} + 13n_{4j} + 20n_{5j}) d_j$$

$$11./ dp = \gamma_{dh} + \sum_j \frac{w_j^2 \gamma}{19.62} \left[1 + \frac{\lambda_j (L_j + Lekv_j)}{d_j} \right]$$

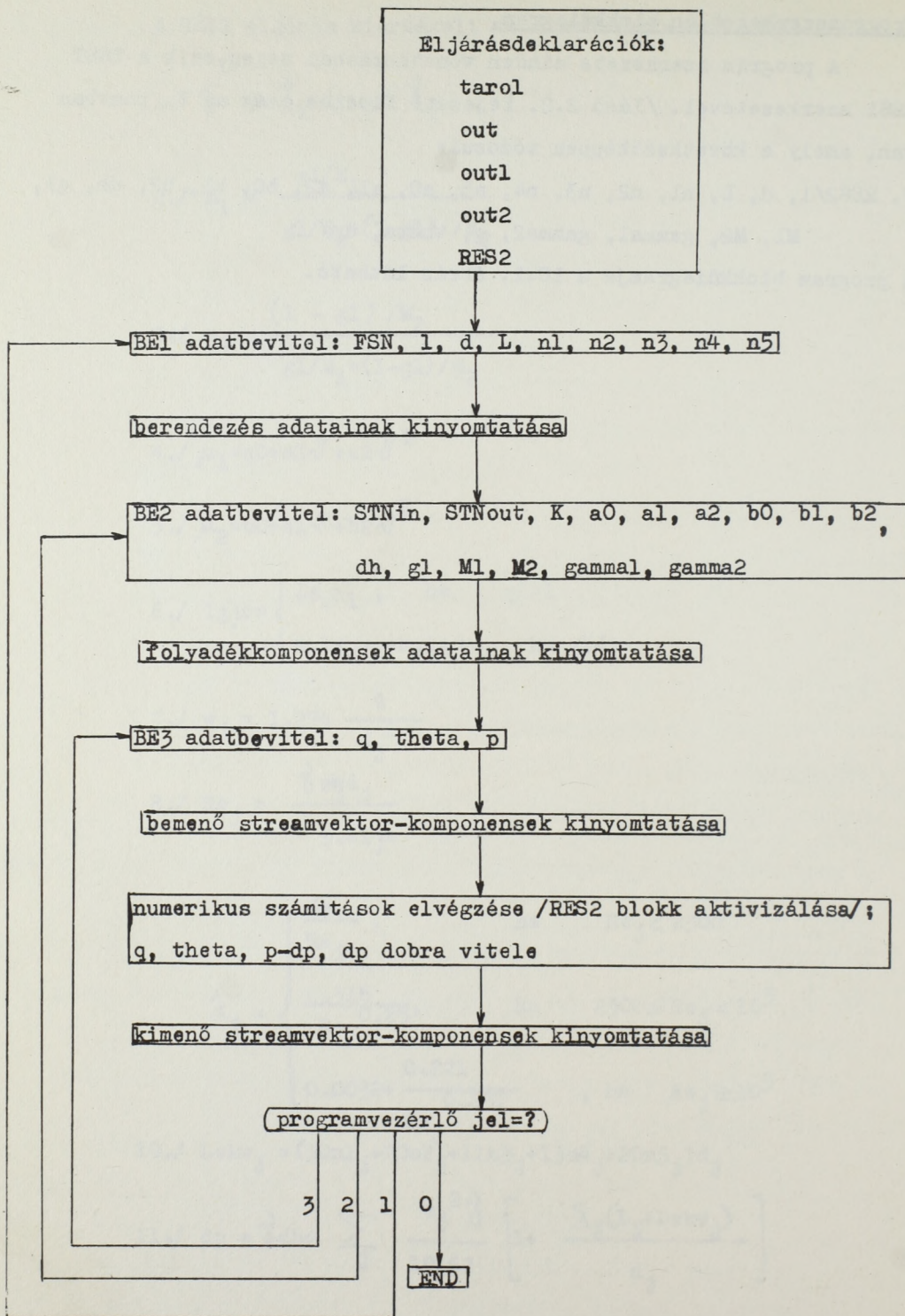
10.2. Programszerkezet és blokkdiagram.

A program szerkezete minden vonatkozásban megegyezik a TEST RES1 szerkezetével. /lásd 2.2. fejezet/ Eltérés csak az V. pontban van, amely a következőképpen módosul:

V. RES2/1, d, L, n1, n2, n3, n4, n5, a0, a1, a2, b0, b1, b2, dh, g1,

M1, M2, gammad, gamma2, q, theta, dp/

A program blokkdiagramja a 10.1. ábrán látható.



10.1. ábra. TEST RES2 blokkdiagramja.

10.3. Adatbevitel.

Az adatbevitelt illetően lásd a 2.3. fejezetet. Az adatszagra a TEST RES2 programnál a következő sorrendben kerülnek az adatok:

I. BERENDEZÉS PARAMÉTEREI.

a/ FSN

b/ 1

c/ d, L, n1, n2, n3, n4, n5

/c/ ismétlődik l-szer/

II. FOLYADÉKELEGY PARAMÉTEREI.

a/ STNin, STNout

b/ K

c/ a0, a1, a2, b0, b1, b2, dh, g1, M1, M2, gamma1, gamma2

III. STREAMVEKTOR KOMPONENSEI.

q, theta, p

/III. ismétlődhet tetszés szerint/

IV. PROGRAMVEZÉRLŐ JEL.

10.4. Eredményközlés.

Azonos a 2.4. fejezetben mondottakkal.

10.5. Korlátozások. Időszükséglet. Rendszerszükséglet.

Azonos a 2.5. fejezetben mondottakkal.

10.6. Programbizonylat.

10.6.1. Programprotokoll. /lásd 25. melléklet/

10.6.2., 10.6.3., 10.6.4. fejezetek azonosak a

2.6.2., 2.6.3., 2.6.4. fejezetekkel.

10.7. Alkalmazási példa.

Egy csőszakaszú vezetékben kénsav áramlik. A csővezeték könyököt, T-csatlakozásokat és egy zárószelepet tartalmaz. Számítandó a vezetéken létrejövő nyomásesés. A feladat megoldásához szükséges adatok a 10.3 táblázatban találhatók.

10.3 táblázat

| jelölés | érték | dimenzió |
|------------|-----------|--------------------|
| FSN | 150 | - |
| STNin | 253 | - |
| STNout | 254 | - |
| l | 1 | - |
| K | 1 | - |
| d_1 | 0.03 | m |
| L_1 | 56.25 | m |
| nl_1 | 5 | - |
| $n2_1$ | 4 | - |
| $n3_1$ | 1 | - |
| $n4_1$ | 0 | - |
| $n5_1$ | 0 | - |
| a0 | 0.004189 | - |
| a1 | -0.000116 | - |
| a2 | 0.000001 | - |
| b0 | 0 | - |
| b1 | 0 | - |
| b2 | 0 | - |
| dh | 3.5 | m |
| g1 | 1 | - |
| M_1 | 98 | - |
| M_2 | 18 | - |
| γ_1 | 1834 | kp/m ³ |
| γ_2 | 1000 | kp/m ³ |
| q | 0.00125 | Nm ³ /s |
| ν | 60 | C ^o |
| p | 20000 | kp/m ² |

A példához tartozó adatszalg kiiratása a 26. mellékletben, az eredmény-
szalg kiiratása a 27. mellékletben látható.

A program futtatása a kb on eljárás használatával történt.

| időpont | helyszín | száma | jelölés |
|---------------|----------|-------|---------|
| 1952. 01. 01. | Budapest | 1001 | 1001 |
| 1952. 01. 01. | Budapest | 1002 | 1002 |
| 1952. 01. 01. | Budapest | 1003 | 1003 |
| 1952. 01. 01. | Budapest | 1004 | 1004 |
| 1952. 01. 01. | Budapest | 1005 | 1005 |
| 1952. 01. 01. | Budapest | 1006 | 1006 |
| 1952. 01. 01. | Budapest | 1007 | 1007 |
| 1952. 01. 01. | Budapest | 1008 | 1008 |
| 1952. 01. 01. | Budapest | 1009 | 1009 |
| 1952. 01. 01. | Budapest | 1010 | 1010 |

11. TEST VALVE2: Eljárás folyadékszelepek ellenállásának számítására.

11.1. A program matematikai leírása.

A változók deklarációja.

A program folyadékszelepek ellenállásának, ill. nyomásesésének számítására szolgál, és mint ilyen a NETWORK1 eljárás szerves részét képezi.

Az egyes blokkok, valamint a bemenő és kimenő jelek jelölésére vonatkozólag lásd a 2.1. fejezetet.

Az áramvektorok komponensei szintén azonosak a TEST RES1 programnál leirtakkal. /2.1 táblázat/

Az eljárásban deklarált változók két részre oszlanak: berendezést leíró adatokra és a folyadékáramot leíró adatokra. A berendezést leíró adatok a 11.1 táblázatban találhatók.

11.1 táblázat.

| jele | jelentése | dimenziója |
|-------|-------------------------------|------------|
| d | belépő nyílás átmérője | m |
| e0 | szelepállandó | - |
| e1 | " | - |
| e2 | " | - |
| e3 | " | - |
| ξ | szelep típusától függő faktor | - |

A folyadékáramot leíró adatok a 11.2 táblázatban láthatók.

11.2 táblázat.

| jele | jelentése | dimenziója |
|------------|-------------------------------|-------------------|
| M1 | aktiv komponens molekulasúlya | - |
| m1 | " " moltörtje | - |
| μ_1 | " " viszkozitása | kp/m ² |
| γ_1 | " " fajsúlya | kp/m ³ |

11.2 táblázat

/folytatása/

| jele | jelentése | dimenziója |
|------------|--|---------------------|
| g_1 | aktiv komponens súlyrésze | - |
| M_2 | második komponens molekulasúlya | - |
| m_2 | " " moltörtje | - |
| μ_2 | " " viszkozitása | kp/s/m ² |
| γ_2 | " " fajsúlya | kp/m ³ |
| μ | folyadékkeleg viszkozitása | kp/s/m ² |
| γ | " fajsúlya | kp/m ³ |
| w | " látszólagos sebessége | m/s |
| a_0 | viszkozitás-hőmérséklet függv. együtt- hatója | - |
| a_1 | viszkozitás-hőmérséklet függv. együtt- hatója | - |
| a_2 | viszkozitás-hőmérséklet függv. együtt- hatója | - |
| b_0 | viszkozitás-hőmérséklet függv. együtt- hatója | - |
| b_1 | viszkozitás-hőmérséklet függv. együtt- hatója | - |
| b_2 | viszkozitás-hőmérséklet függv. együtt- hatója | - |

A fent deklarált változók közül ismerteknek tételezzük fel a következőket:

FSN, STN_{in}, STN_{out}, d , e_0 , e_1 , e_2 , e_3 , g_1 , M_1 , M_2 , γ_1 , γ_2 , a_0 , a_1 , a_2 , b_0 , b_1 , b_2 . Továbbá ismerteknek tekintjük a bemenő streamben lévő y , q , γ , p értékeket.

A VALVE2 blokk kétkomponensű elegy esetén használható. Egyetlen komponens esetén is úgy kezelendő, mint kétkomponensű elegy, de g_1 értéke 1.

A VALVE2 eljárás kiértékeli az alábbi kifejezéseket.

$$1./ \gamma = g_1 \gamma_1 + (1-g_1) \gamma_2$$

$$2./ m_1 = \frac{g_1/M_1}{g_1/M_1 + (1-g_1)/M_2}$$

$$3./ m_2 = \frac{(1-g_1)/M_2}{g_1/M_1 + (1-g_1)/M_2}$$

$$4./ \mu_1 = a_0 + a_1 \gamma + a_2 \gamma^2$$

$$5./ \mu_2 = b_0 + b_1 \gamma + b_2 \gamma^2$$

$$6./ \lg \mu = m_1 \lg(\mu_1) + m_2 \lg(\mu_2)$$

$$7./ \xi = e_0 + e_1 \mu + e_2 \mu^2 + e_3 \mu^3$$

$$8./ w = \frac{1.274q}{d^2}$$

$$9./ dp = \frac{w^2 \gamma \xi}{19.62}$$

11.2. Programszerkezet és blokkdiagram.

^A program szerkezete lényegében megegyezik a TEST RES1 szerkezetével. /lásd 2.2. fejezet/ Az eltérés csak annyi, hogy az out1 eljárás itt nincs használatban, s ezért a TEST VALVE2 program 4 eljárást tartalmaz.

I. tarol

II. out

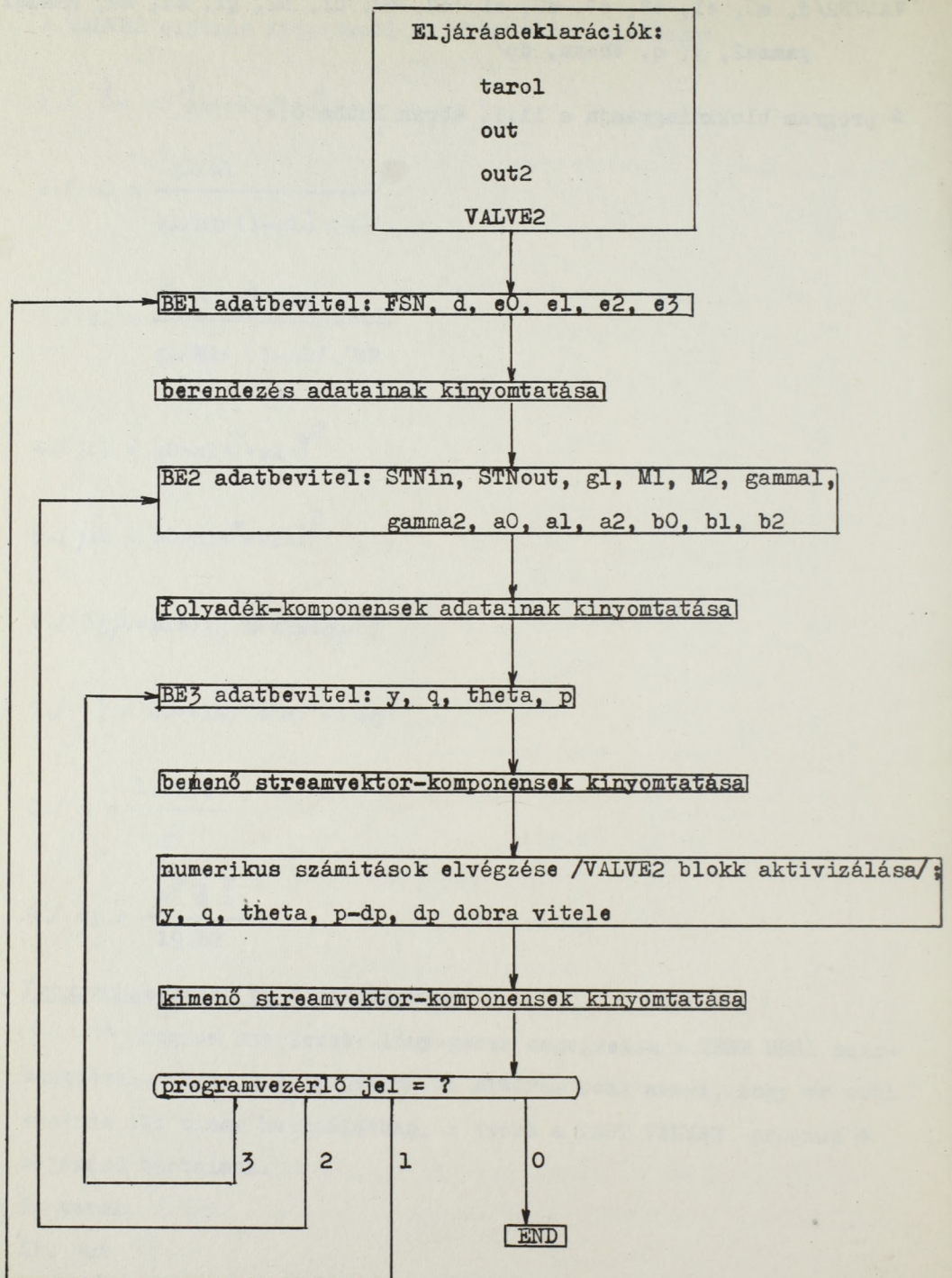
III. out2

IV. VALVE2

A IV. eljárás a következő:

VALVE2/d, e0, e1, e2, e3, a0, a1, a2, b0, b1, b2, g1, M1, M2, gammad,
gamma2, y, q, theta, dp/

A program blokkdiagramja a 11.1. ábrán látható.



11.1. ábra. TEST VALVE2 blokkdiagramja.

11.3. Adatbevitel.

Az adatbevitelt illetően lásd a 2.3. fejezetet. Az adatszalai-
ra a TEST VALVE2 programnál a következő sorrendben kerülnek az
adatok:

I. BERENDEZÉS PARAMÉTEREI.

a/ FSN

b/ d, e0, e1, e2, e3

II. FOLYADÉKELEGY PARAMÉTEREI.

a/ STNin, STNout

b/ g1, M1, M2, gamma1, gamma2, a0, a1, a2, b0, b1, b2

III. STREAMVEKTOR KOMPONENSEI.

y, q, theta, p

/III. ismétlődhet tetszés szerint/

IV. PROGRAMVEZÉRLŐ JEL.

11.4. Eredményközlés.

Azonos a 2.4. fejezetben mondottakkal.

11.5. Korlátozások. Időszükséglet. Rendszerszükséglet.

Azonos a 2.5. fejezetben mondottakkal.

11.6. Programbizonylatok.

11.6.1. Programprotokoll. /lásd 28. melléklet/

11.6.2., 11.6.3., 11.6.4. fejezetek azonosak a

2.6.2., 2.6.3., 2.6.4. fejezetekkel.

11.7. Alkalmazási példa.

A feladat egy kéttányéros folyadékáram-szabályozó szelepen
létrejövő nyomásesés kiszámítása. A megoldáshoz szükséges adatok
a 11.3 táblázatban láthatók.

11.3 táblázat

| jelölés | érték | dimenzió |
|-------------|-----------|-------------------|
| FSN | 134 | - |
| STNin | 256 | - |
| STNout | 257 | - |
| d | 0.08 | m |
| e0 | 814.5235 | - |
| e1 | -32.9903 | - |
| e2 | 0.4571 | - |
| e3 | -0.0021 | - |
| g1 | 1 | - |
| M1 | 98 | - |
| M2 | 18 | - |
| γ_1 | 1834 | kp/m ³ |
| γ_2 | 1000 | kp/m ³ |
| a0 | 0.004189 | - |
| a1 | -0.000116 | - |
| a2 | 0.000001 | - |
| b0 | 0 | - |
| b1 | 0 | - |
| b2 | 0 | - |
| y | 20 | % |
| q | 0.00125 | Nm/s |
| ϑ | 60 | ° |
| P | 20000 | kp/m ² |

A példához tartozó adatszalg kiiratása a 29. mellékletben, az eredmény szalg kiiratása a 30. mellékletben található.

A program futtatása a kb on eljárás használatával történt.

12. TEST PIPERES 3: Eljárás csővezetékek áram- és nyomásviszonyainak számítására. /Magasnyomású gáz/

12.1. A program matematikai leírása.

A változók deklarációja.

Hasonlóan a TEST RES 1-hez a program csővezetékek nyomásesését számítja. A vezeték tartalmazhat tetszőleges számú csőszükületet, könyököt, T-csatlakozást, zárószelepet és tolózarat. A program a TEST RES 1-el ellentétben alkalmazható: a./ magasnyomású gázok esetében, b./ olyan gázoknál, amelyeknél a "C" Sutherland-féle állandó értéke nem ismeretes.

A programban a μ dinamikus viszkozitás, gáz kritikus nyomása P, kritikus hőmérséklete T, kritikus viszkozitása M_y alapján történik. Első lépésben a gázelegy kritikus nyomását P_{mix} , kritikus hőmérsékletét T_{mix} és kritikus viszkozitását M_{ymix} számítjuk a következő lineáris összefüggések alapján

$$P_{mix} = \sum_{i=1}^k P_i m_i$$

$$T_{mix} = \sum_{i=1}^k T_i m_i \quad (1)$$

$$M_{ymix} = \sum_{i=1}^k M_{y_i} m_i$$

ahol k a komponensek darabszáma.

A P_{mix} , T_{mix} , M_{ymix} birtokában a gázelegy nyomása p, hőmérséklete theta, viszkozitása m_y kifejezhető redukált egységekben

$$P_r = p/P_{mix}; \quad T_r = (\text{theta} + 273.16)/T_{mix} \quad (2)$$

$$M_{y_r} = m_y/M_{ymix} \quad (3)$$

A (3) szerint:

$$m_y = M_{y_r} M_{ymix} \quad (4)$$

A Myr redukált viszkozitás kifejezhető a Pr redukált nyomás és Tr redukált hőmérséklet függvényében.

$$\text{Myr} = 0.64 \text{Tr}^{0.60} + 1.43 \text{Tr}^{-3.98} + 0.275 \text{Tr}^{-1.54}(\text{Pr} - 1), \text{ ha } \text{Pr} > 1$$

$$\text{Myr} = 0.64 \text{Tr}^{0.60} + 1.43 \text{Pr}^{-98}, \text{ ha } \text{Pr} < 1 \quad (5)$$

A gázelegy fajsúlya /gamix/ lineáris függvénye az egyes komponensek fajsúlyának gamm-nak /0 °C, 760 Hgmm/

$$\text{gamix} = \sum_{i=1}^k \text{gamm}_i n_i \quad (6)$$

A fajsúly theta hőmérsékleten /gam/ a következőképpen számítható:

$$\text{gam} = \frac{273.16}{273.16 + \text{theta}} \frac{p}{10330} \text{gamix} \quad (7)$$

Magának a nyomásesésnek számítása ugyanúgy történik, mint a TEST RES1-nél.

A csővezeték jellemző adatak a következők /12.1 táblázat/.

12.1 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|------|-------------------------------------|----------------|
| l | csőszakaszok darabszáma | |
| PN | csőszakaszok sorszáma | |
| d | csőszakaszok átmérője | m |
| A | csőkeresztmetszet | m ² |
| L | csőszakasz hossza | m |
| n1 | csőszakasz könyökeinek száma | |
| n2 | csőszakasz T-csatlakozásainak száma | |
| n3 | csőszakasz zárószelvényeinek száma | |
| n4 | csőszakasz tolózárainak száma | |
| n5 | csőszakasz csőszükületeinek száma | |
| Lekv | csőszakasz ekvivalens hossza | m |

A gázkeveréket ill. ennek állapotát jellemző adatok a 12.2 táblázatban láthatók.

12.2 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|-------|---|---------------------|
| k | komponensek darabszáma | |
| CN | komponensek sorszáma | |
| gamn | komponensek fajsulya /0 °C, 760 Hgmm/ | kp/Nm ³ |
| gamix | gázelegy fajsulya /0 °C, 760 Hgmm/ | kp/Nm ³ |
| gam | gázelegy fajsulya adott hőmérsékleten és nyomáson | kp/m ³ |
| P | gázkomponens kritikus nyomása | atm |
| Pr | gázkomponens redukált nyomása | |
| T | gázkomponens kritikus hőmérséklete | K° |
| Tr | gázkomponens redukált hőmérséklete | |
| My | gázkomponens kritikus viszkozitása | kp/mh |
| Myr | gázkomponens redukált viszkozitása | |
| my | gázelegy viszkozitása adott hőmérsékleten és nyomáson | kp/mh |
| Pmix | gázelegy kritikus nyomása | atm |
| Tmix | gázelegy kritikus hőmérséklete | K° |
| Mymix | gázelegy kritikus viszkozitása | kp/mh |
| w | lineáris sebesség | m/s |
| G | fajlagos sulysebesség | kp/m ² s |
| Re | Reynolds-szám | |
| lamda | ellenállástényező | |
| q | térfogatsebesség | Nm ³ /s |
| p | nyomás | kp/m ² |
| dp | nyomásesés | kp/m ² |
| theta | hőmérséklet | C° |
| m | komponens moltörtje | |

A kiértékelendő kifejezések a következők:

- 1./ $gamix = \sum_{i=1}^k gamn_i m_i$
- 2./ $gam = \frac{273.16}{273.16 + theta} \frac{P}{10330} gamix$
- 3./ $Pmix = \sum_{i=1}^k P_i m_i$
- 4./ $Tmix = \sum_{i=1}^k T_i m_i$
- 5./ $Mymix = \sum_{i=1}^k My_i m_i$
- 6./ $Tr = \frac{theta}{Tmix}$
- 7./ $Pr = \frac{P}{10330 Pmix}$
- 8./ $Myr = 0.64 Tr^{0.60} + 1.43 Tr^{-3.98} + 0.275 Tr^{-1.54} (Pr - 1),$
 $ha Pr > 1$
 $Myr = 0.64 Tr^{0.60} + 1.43 Tr^{-3.98} Pr, ha Pr < 1$
- 9./ $my = Myr Mymix$
- 10./ $A_j = 0.78539 d_j^2; j = 1, \dots, l$
- 11./ $G_j = q \frac{gamix}{A_j} j = 1, \dots, l$
- 12./ $w_j = \frac{G_j}{gam} j = 1, \dots, l$

$$13./ \quad \text{Re}_j = \frac{3600 d_j G_j}{m\gamma} \quad j = 1, \dots, l$$

$$14./ \quad \lambda_j = \begin{cases} 0.032 + \frac{0.221}{\text{Re}_j^{0.237}}, & \text{ha } \text{Re}_j > 10^5 \\ \frac{0.316}{\text{Re}_j^{0.25}}, & \text{ha } 10^5 > \text{Re}_j > 2300 \\ \frac{64}{\text{Re}_j}, & \text{ha } \text{Re}_j < 2300 \quad j = 1, \dots, l \end{cases}$$

$$15./ \quad \text{Lek}_{vj} = (50 n_{1j} + 80 n_{2j} + 11 n_{3j} + 13 n_{4j} + 20 n_{5j}) d_j$$

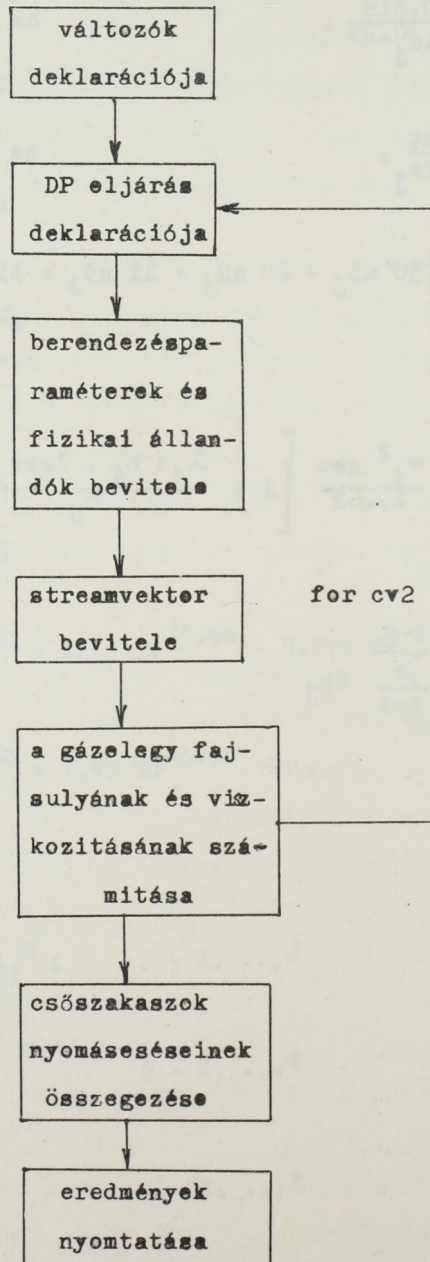
$$j = 1, \dots, l$$

$$16./ \quad dp_j = \frac{w_j^2 \text{gam}}{19.62} \left[1 + \frac{\lambda_j (L_j + \text{Lek}_{vj})}{d_j} \right] \quad j = 1, \dots, l$$

$$17./ \quad dp = \sum_{j=1}^l dp_j$$

12.2. Programszerkezet és blokkdiagram.

A program működését a mellékelt 12.1. ábra szemlélteti



12.1. ábra.

A változók deklarálása után egyetlen csőszakasz nyomásesését számító DP eljárás kerül deklarálásra. A berendezés adatainak, ill. a streamvektor komponenseinek q , \mathcal{V} , p és m értékeknek lyukszalagról való bevitele után a program kiszámítja a gázelegy viszkozitását, fajsúlyát, majd az egyes csőszakaszokat jellemző d_j , L_j , n_{1j} , n_{2j} , n_{3j} , n_{4j} , n_{5j} alapján aktivizálja a DP-t. Ezt minden egyes csőszakaszra megismétli, majd az egyes nyomásesések értékének összeadása után a rész- és össznyomáseséseket kinyomtatja. Ellenőrzésképpen kinyomtatja az egyes csőszakaszok d_j ill. L_j értékeit is.

12.3. Adatbevitel.

Az adatszalagra a következő sorrendben kerülnek az adatok:

k ,

PN, CN,

d , L , n_1 , n_2 , n_3 , n_4 , n_5 ,

C, m , q , θ , p

12.4. Eredményközlés.

Az eredményközlés fejléccel ellátott táblázat alakjában történik.

12.5. Korlátozások. Időszükséglet. Rendszerszükséglet.

A program csak a ferritmemóriát veszi igénybe, így maximálisan használható változónak száma 700. Futtatási idő 1-2 perc.

12.6. Programbizonylatok.

12.6.1. Programprotokoll /lásd 58. melléklet/

12.6.2. Lyukasztási utasítás. Semmi kikötés nincs, az adatok a 12.3.

pontban adott sorrendben lyukasztandók; az egyes adatok között vessző van.

12.6.3. Gépi menet. A program és adatszalag beolvasása után a számítás nem igényel további beavatkozást.

12.7. Alkalmazási példa.

Számítandó egy 2 szakaszból álló gázvezeték nyomásesése. Az áramló közeg levegő. A bemenő adatok a 12.3 táblázatban vannak.

A feladathoz tartozó adatszalg kiiratása az 59. mellékletben, az eredményszalg kiiratása a 60. mellékletben található.

12.3 táblázat

| jelölés | érték | dimenzió |
|-----------------|----------|-------------------|
| k | 2 | |
| l | 2 | |
| PN ₁ | 1 | |
| PN ₂ | 2 | |
| CN ₁ | 1 | |
| CN ₃ | 2 | |
| d ₁ | 0.9 | m |
| d ₂ | 1.0 | m |
| L ₁ | 7.0 | m |
| L ₂ | 5.8 | m |
| n1 ₁ | 1 | |
| n1 ₂ | 1 | |
| n2 ₁ | 0 | |
| n2 ₂ | 0 | |
| n3 ₁ | 0 | |
| n3 ₂ | 0 | |
| n4 ₁ | 0 | |
| n4 ₂ | 0 | |
| n5 ₁ | 0 | |
| n5 ₂ | 1 | |
| C ₁₁ | 1.427615 | kp/m ³ |
| C ₁₂ | 154.36 | K° |

12.3 táblázat

/folytatás/

| jelölés | érték | dimenzió |
|----------|----------|--------------------|
| c_{13} | 49.70 | atm |
| c_{14} | 0.0908 | kp/mh |
| c_{21} | 1.249877 | kp/m ³ |
| c_{22} | 126.06 | K° |
| c_{23} | 33.50 | atm |
| c_{24} | 0.0655 | kp/mh |
| m_1 | 0.21 | |
| m_2 | 0.79 | |
| q | 6.472 | Nm ³ /s |
| γ | 30 | c° |
| p | 12000 | kp/m ² |

13. NETWORK1: Program anyagáramhálózatok számítására.

A program vegyipari hálózatok egyes ágaiban folyó anyagáramok számítását végzi, közvetve alkalmas hálózattervezésre, érzékenységi analízisre és a stacionárius állapot különböző paramétereinek meghatározására.

13.1. Módszer.

A vegyipari hálózatok számításait az elektromos köröknél alkalmazott módszerekre vissza lehet vezetni. Ennek jogosságát a Kirchoff törvények ilyen rendszerekre is vonatkozó érvényessége biztosítja. A Kirchoff-féle csomópontokra vonatkozó törvény anyagáramokra is igaz /ideális áramerősítőket feltételezve/, a zárt körök feszültségösszegére vonatkozó másik Kirchoff törvény megfelelője is létezik, potenciálkülönbségek helyett nyomáseséseket tekintve.

Az analógia alapján történő számoláshoz szükséges, hogy ismeretes legyen a különböző vegyipari berendezéseken átfolyó adott anyagáram hatására bekövetkező nyomásesés, azaz a $dp=R/Q$ kapcsolat R /ellenállás/ függvénye. Nyilvánvaló, hogy a különböző típusu berendezések R ellenállásfüggvénye különböző, azonos típusu berendezéseket pedig azonos típusu, de más konstansokat tartalmazó függvények írják le.

A feladat megoldásának első lépéseként ezeket a R függvényeket kell megkonstruálni, minden - a hálózatban felhasznált - berendezéstípusra. Mivel ezen függvények explicit alakja általában nem, vagy nehezen adható meg, a függvények helyett eljárásokat alkalmazunk, amelyek a Q , valamint egyéb paraméterértékek alapján a dp -t számolják. A program jelen változatában 9 különböző, a leggyakrabban használatos berendezéstípus van beépítve. Az aktuális felhasználó azonban speciális igényei szerint a megadott szabályok figyelembevételével korlátozás nélkül bővítheti ezek sorát,

/lásd 13.3.fejezet/.

Az ellenállásfüggvények ill. az ezeket helyettesítő eljárások birtokában a feladat egy egyenletrendszer megoldására szűkül. Vezessük be a következő jelöléseket:

n az ágak /stream/, azaz az ismeretlenek száma

m_j a j -edik ágban lévő berendezések száma

Q_j a j -edik ágra vonatkozó térfogatsebesség

R_k a k -edik berendezés ellenállásfüggvénye

dp a nyomásesés

R_k/Q_j /a k -edik berendezésen Q_j térfogatsebesség esetén bekövetkező nyomásesés

$$I. \quad f_i / Q_1, Q_2, \dots, Q_n / = \sum_{j=1}^n a_{ij} Q_j; \quad i=1,2,\dots,\ell$$

$$a_{ij} \text{ const.}$$

$$II. \quad U_i / Q_1, Q_2, \dots, Q_n / = \sum_{j=j_1, j_2, \dots} \sum_{k=1}^{m_j} R_k / Q_j / ;$$

$$i=1+1, 1+2, \dots, n$$

j_1, j_2, \dots az i -edik zárt körben lévő ágak sorszám

$P_i / Q_1, Q_2, \dots, Q_n /$ az i -edik zárt körben lévő nyomásforrás által szolgáltatott nyomás

A program megkeresi azt a Q_1^*, \dots, Q_n^* induló értékrendszer környezetében lévő Q_1, \dots, Q_n értékrendszert, amellyel a

$$III. \quad f_1 / Q_1, \dots, Q_n / = 0$$

$$f_2 / Q_1, \dots, Q_n / = 0$$

·
·
·

$$f_{\ell} / Q_1, \dots, Q_n / = 0$$

$$U_{\ell+1} / Q_1, \dots, Q_n / = p_{\ell+1} / Q_1, \dots, Q_n /$$

.

.

.

$$U_n / Q_1, \dots, Q_n / = p_n / Q_1, \dots, Q_n /$$

egyenletrendszer teljesül. Az egyenletrendszer f-típusú egyenletei lineárisak, U-típusú egyenletei pedig általában nem lineárisak, fizikai megfontolások alapján közel másodfokúak. Ezen nem lineáris egyenletrendszer megoldásához a Newton-Raphson módszer egy módosított változatát alkalmaztuk, amely szerint valamely közelítő megoldás korrekcióját egy lineáris egyenletrendszer gyökei szolgáltatják. [2] A lineáris egyenletrendszert a Gauss-féle eliminációs eljárással számítjuk.

A Newton-Raphson módszer alkalmazásához szükségesek az $f_1, f_2, \dots, U_{\ell+1}, \dots, U_n$ függvényértékek, valamint a parciális deriváltak a közelítő megoldás Q_1, \dots, Q_n helyén vett értékei. Ezen értékek a lineáris egyenleteknél az egyenlet együtthatóiból közvetlenül adódnak, a nem lineáris egyenleteknél pedig az egyes ellenálláseljárások aktivizálásával kiszámíthatók, az egyenletben szereplő berendezéseken az adott anyagáramok és egyéb paraméterek mellett bekövetkező nyomásesések összegével egyenlők, a parciális deriváltakat persze **parciális** differenciáhányadosokkal helyettesítve.

13.2. A program működése.

A vezérlő paraméterek, valamint a tényleges adatok /berendezés paraméterei, egyenletrendszer, stb./ beolvasása után /lásd 13.4. fejezet/, megkezdődik a Q vektorra vonatkozó iteráció. Egy közelítő értékrendszer korrekcióit a következő lineáris egyenletrendszer adja:

$$\text{IV. } -f_1/q_1, q_2, \dots, q_n / = \frac{\partial f_1}{\partial q_1} \Delta q_1 + \dots + \frac{\partial f_1}{\partial q_n} \Delta q_n$$

$$-f_2/q_1, q_2, \dots, q_n / = \frac{\partial f_2}{\partial q_1} \Delta q_1 + \dots + \frac{\partial f_2}{\partial q_n} \Delta q_n$$

$$U_n/q_1, \dots, q_n / - P_n/q_1, \dots, q_n / = \frac{\partial /U_n - P_n/}{\partial q_1} \Delta q_1 + \dots + \frac{\partial /U_n - P_n/}{\partial q_n} \Delta q_n$$

ahol a függvényértékek és a parciális deriváltak is a közelítő helyen értendők.

A program első lépésként a IV. egyenletrendszert leíró matrixot állítja elő. A lineáris egyenletrendszert megoldva a kapott korrekciókat megvizsgálja, és ha nem kisebbek egy előre adott küszöbértéknél, korrigálva a régi közelítő értékrendszert, új iterációs lépésbe kezd.

Iterációnként lehetőség van programba való beavatkozásra, ilyenkor bizonyos paraméterek változtathatók, melyekkel a gyökök pontosságát, közbülső eredmények kiiratását stb. szabályozhatunk.

13.3. Programszerkezet és blokkdiagram.

A program szerkezetét tekintve, két viszonylag független részre bontható. Az egyik rész egy eljárás /procedure RESACT/, amely az ellenállás számítását végző eljárásokat tartalmazza, valamint egy kiegészítő részt, mely egy berendezés sorszámából /FSN/ eldönti, hogy milyen típusú és a megfelelő RES eljárást aktivizálja.

A másik rész a keretprogram, mely az adatbevitelt, ellenőrzést, az iteráció szervezését és végrehajtását, a kiiratásokat végzi. Az alkalmazó új típusú berendezéseket a programba a RESACT eljárás bővítésével **vihet**. Ez az eljárás szerkezetét tekintve szigorúan meghatározott. Az alábbiakban egy ilyen eljárás szerkezetét ismertetjük az algol jelölésekkel élve.

procedure RESIDEAL;

begin comment ebbe a deklarációs részbe kerül az eljárásban hasz-

nált fizikai konstansok, stream vektor komponensek, valamint a tényleges berendezés paramétereinek kijelölése;

```
real p,t; array M [1:K], L [1:1]; integer array STN [1:2];  
deriv:= false; par:=0;
```

if in then begin comment Ez a rész az adatbevitelkor aktivizálódik. Itt következik a deklarált berendezés-paraméterek beolvasása, dobraittele, valamint a számoló rész átugrása.

Példánkban ez a L és STN tömb; input (STN); to drum (STN); input (L); to drum (L); goto end end else begin comment Ez a rész az eljárás számolásához történő meghívásakor aktivizálódik. A dobról a szükséges adatokat behozzuk; from drum (STN); from drum (L) end ;

comment itt következik a streamvektorokban található értékek és a fizikai konstansok átvétele. Példánkban felteszük, hogy a RESIDEAL eljárás egy streamból kapja az anyagáramot és egybe továbbítja, valamint hogy a STN tömb első eleme az instream, második az outstream sorozáma; drumplace:=dob3- (STN [1] -1) xs; from drum (ST);

```
t:=ST [3]; p:=ST [4] ;
```

```
drumplace:=dob2; from drum (M);
```

COUNT: begin comment Most következik RESIDEAL eljárás belső változóinak, segédváltozóinak deklarációja, valamint a tényleges számolásvégrehajtó program;

comment A tényleges számolás vége után következik:

```
LAB: if deriv then begin
```

```
der [par] :=dp; par:=par+1;
```

```
Q:= if par=1 then Q+dQ else Q-2xdQ;
```

```
goto if par=3 then end else COUNT end else begin
```

```
drumplace:= dob3- (STN [2] -1) x s; from drum (ST);
```

```
drumplace:= drumplace + s;
```

```
ST [3]:=t; ST [4]:= ST [4]-dp ; to drum (ST);
```

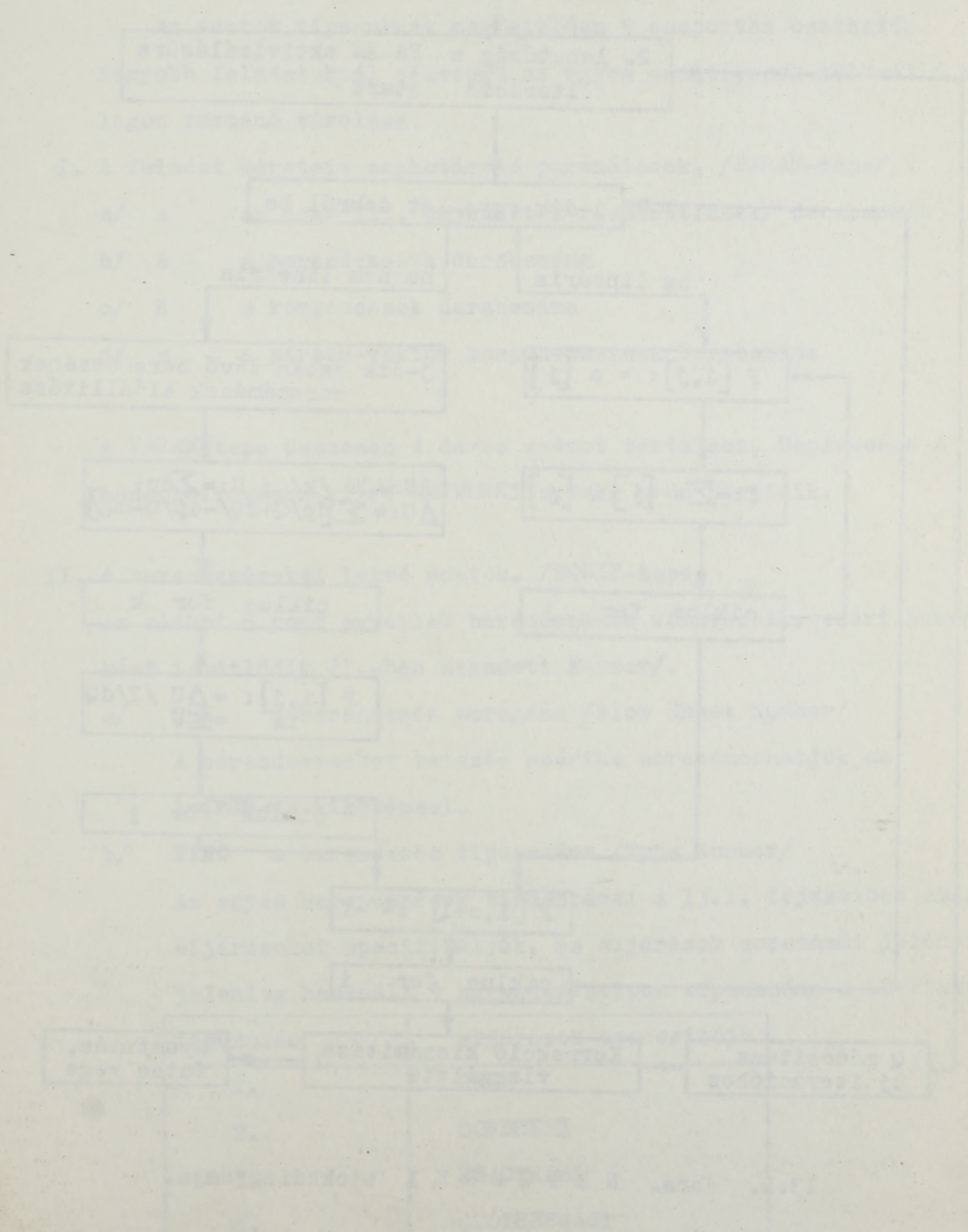
comment az outstream-hez tartozó streamvektor megváltoztatása;

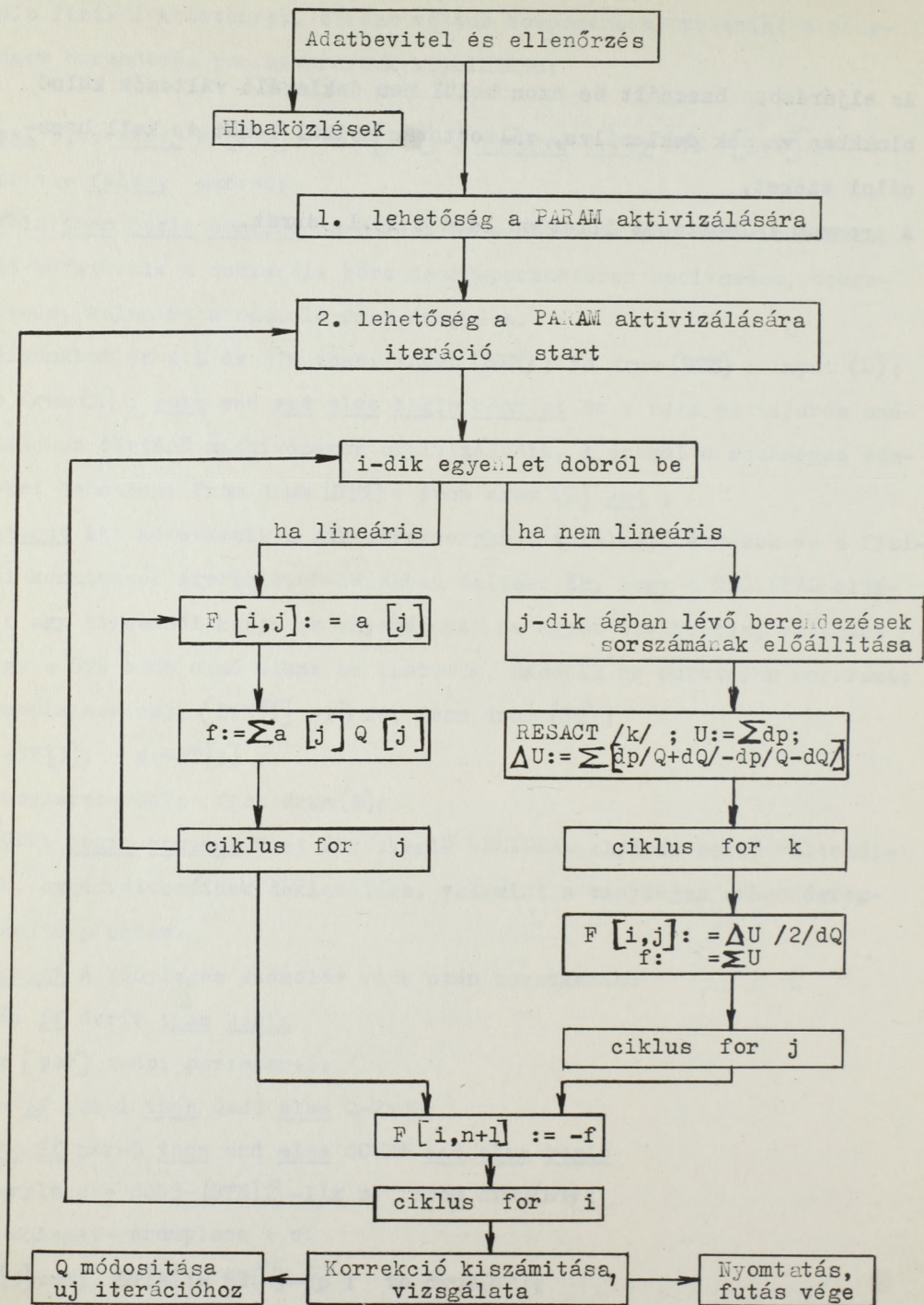
```
if bu then begin deriv:=true; go to LAB end end end;
```

```
end: end RESIDEAL;
```

Az eljárásban használt és azon belül nem deklarált változók külső blokkban vannak deklarálva, változtatás nélkül lehet és kell használni ezeket.

A program felépítését illetően lásd a 13.1. ábrát.





13.1. ábra. NETWORK 1 blokkdiagramja.

13.4. Adatbevitel.

A program bemenő adatai, egy kivétellel, ami az iteráció pontosságát határozza meg, és az írógépről adható be /lásd 13.5.fejezet/, papírszalagra lyukasztandó a GIER-ALGOL III. standard beviteli eljárásainak megfelelő módon.

Az adatok típusuknak megfelelően 5 csoportba oszthatók. Nagyobb feladatoknál célszerű az egyes adattípusok különálló szalagon történő tárolása.

I. A feladat méreteit meghatározó paraméterek. /PARAM-tape/

- a/ n az ágak ill. egyenletek /ismeretlenek/ darabszáma
- b/ E a berendezések darabszáma
- c/ K a komponensek darabszáma
- d/ s a stream-vektor komponenseinek darabszáma

A PARAM-tape összesen 4 darab számot tartalmaz. Beolvasása a consol-írógépen kiírt NETWORK1 szöveg után történik.

II. A berendezéseket leíró adatok. /EQUIP-tape/

Az alábbi 5 pont egyetlen berendezésre vonatkozik, ezért berendezésenként ismétlődik /1.-ben megadott E-szer/.

- a/ FSN a berendezés sorszáma /Flow Sheet Number/

A berendezéseket tetszés szerint sorszámozhatjuk az $1 < FSN < E$ kikötéssel.

- b/ TYNO a berendezés tipusszáma /Type Number/

Az egyes berendezések tipusszámait a 13.1. fejezetben említett eljárásokat specifikálják, és eljárások sorszámát jelentik. A jelenleg használt 9 berendezéstípus tipusszáma a következő:

| tipusszám | eljárások azonosítója |
|-----------|-----------------------|
| 1. | RES1 |
| 2. | SORBRES1 |
| 3. | REACTRES1 |
| 4. | COOLREGAS1 |

| | |
|----|---------------|
| 5. | COOLRESGAS2 |
| 6. | COOLRESWATER1 |
| 7. | BOILRESGAS1 |
| 8. | BLOW1 |
| 9. | VALVE1 |

- c/ l a berendezés csőszakaszainak /azonos jellegű részeinek/ darabszáma. Ez a szám határozza meg az egyes RES eljárások tömbjeinek a hosszát, ezért $l \leq l$. Bizonyos eljárások /pl. BLOW1/ azonban nem hivatkoznak l -re, ilyenkor természetesen bármi lehet, de elhagyni nem szabad.
- d/ A b/-ben specifikált eljárás input programjának megfelelő sorrendben és formában a c/-ben megadott hosszúságú tömbökre számítva a berendezés paraméterei.
- e/ A berendezés adatainak végét jelző speciális karakter /minusz jel/.

Az EQUIP-tape beolvasása az equipments kiírás után történik.

III. Fizikai konstansok /PHYS-tape/

A programban meglévő értelmezés szerinti sorrendben a különböző jellegű fizikai konstansok K hosszúságú tömbökben. Jelenleg a program 3 fizikai konstans használ, sorrendben M /molekula súly/, z0 /viszkozitás/, C /Southerland-féle állandó./

A PHYS-tape beolvasását a physical constants kiírás után végezzük el.

IV. A stream-vektorok induló értékei. /STREAM-tape/

Az alábbi 2 pont áganként /I.-ben megadott n-szer/ ismétlődik.

- a/ Az I.pontban megadott s darab szám, melyek az ág fizikai állapotát írják le. A program jelen változatában a streamvektorok egyes koordinátáinak jelentése a 13.1 táblázatban látható.

13.1 táblázat

| komponens sorszáma | jele | jelentése | dimenziója |
|--------------------|--------------------------------|--|--------------------|
| 1 | y | szelepállás | % |
| 2 | Q | térfogatsebesség | Nm ³ /s |
| 3 | t | hőmérséklet | C ^o |
| 4 | p | nyomás | kp/ m ² |
| 5 | dQ/Q | deriválás növekménye Q százalékában | % |
| 6 | speciális igényekre fenntartva | | |
| 7 | m_1 | 1. komponens moltörtje | - |
| 8 | m_2 | 2. "- "- | - |
| . | . | . | |
| . | . | . | |
| . | . | . | |
| 6+K | m_K | K. "- "- | - |

Szükség esetén a streamvektor komponenseinek száma bővíthető. Az ujonnan bevezetett változók, mint streamvektor komponensek az első 6+K komponens után helyezhetők el.

b/ A stream végét jelző speciális karakter /kocsivissza/.

A STREAM-tape szalagot a streamvektors kiírás után kell beolvasni.

V. Az algebrai egyenletrendszert leíró adatok. /MATRIX-tape/

Az alábbi 3 pont egyenletenként /I-ben megadott n-szer/ ismétlődik.

a/ típus szám

Az egyenlet linearitása /13.1. fejezet I. egyenlet/ esetén 0, egyébként /13.1. fejezet II. egyenlete/ 1.

b/ együtthatók

1. ha a típus=0
az n darab együttható

2. ha a típus=1
együtthatónként /n-szer/ismétlődik az alábbi 2. pont.

2/a. darabszám * signU

Az illető ágban /ahol U leesik/ a sorbakapcsolt beren-

dezések darabszáma. Ha a felirt egyenletben valame-
lyik ág nem szerepel, azon a helyen ez a szám 0.

A darabszám nagyságát az $E \uparrow$ darabszám $\leq 10^8$ egyen-
lőtlenség korlátozza.

2/b. Az 1/a-ban megadott darabszámú berendezésnek a sor-
számai /FSN/. Ha 2/a. nulla volt 2/b. elmarad.

c/ Az egyenlet végét jelző speciális karakter /kocsi vissza/.
A MATRIX-tape beolvasása az algebraic equations kiírás után
történik.

Az adatszalagok bevitelét az írógépen kiirt szöveg után
az olvasó RESET gombjának megnyomásával kezdjük és az író-
gépen leütött "space" karakterrel indíthatjuk meg a tény-
leges olvasást.

13.5. Eredményközlés.

A program normál output-ja az eredményközlésre szorítkozik
és papírszalagra /lyukszalagra/ történik.

A programba beépített PARAM nevezetű eljárás szolgál a
program futása közbeni outputok végrehajtására.

A PARAM eljárás a KB kapcsoló true állapotában aktivizálódik a
program két helyén. Egyik aktivizálási lehetőség az adatbeol-
vasás befejezése után, a másik pedig a Q vektorra történő ite-
ráció kezdetén van. A PARAM eljárásba történő belépést az író-
gépen kiirt "switch=" szöveg jelzi. Ekkor az alábbiakban felső-
rölt 13 alternatíva között választhat a gépkezelő az írógépen
beütött számmal, vagy karakterrel specifikálva döntését.

A switch 0,1,2,3 értékei az egyes iterációk közelítő és
korrekciós /Q ill. ΔQ / értékrendszerének, valamint a korrek-
ciós mátrix /IV. egyenletrendszer/ együtthatóinak outputját vá-
lasztja ki, a következők szerint:

| switch értéke | iteráció eredménye és korrekció | Korrekciós matrix | Megjegyzés: |
|---------------|---------------------------------|-------------------|-----------------|
| 0 | nincs | nincs | kezdeti állapot |
| 1 | van | nincs | írógépen is |
| 2 | nincs | van | |
| 3 | van | van | |

A switch 4,5,6,7,8 értékei a dobon tárolt adatok outputjára vonatkoznak a következő módon:

| switch | Berendezések adatai | fizikai konstansok | stream-vektorok | egyenlet-rendszer |
|--------|---------------------|--------------------|-----------------|-------------------|
| 4 | van | nincs | nincs | nincs |
| 5 | nincs | van | nincs | nincs |
| 6 | nincs | nincs | van | nincs |
| 7 | nincs | nincs | nincs | van |
| 8 | van | van | van | van |

A switch 9 értéke paraméterbeállítást jelent, az írógépen megjelenik a kívánt paraméter neve, és ilyenkor az írógépről üthetjük be a megfelelő értéket /lásd 13.4. fejezet/.

A 10-es switch érték streamvektorok megváltoztatását teszi lehetővé. A "stream No=", "stream comp=", "value=" kiírások után rendre a kívánt streamvektor /ág/ sorszámát, a kívánt komponens stream-vektorbeli koordinátájának számát és a megfelelő értéket **üthetjük** be.

A switch 0,1,2,3,9,10 értékeinek bármelyike permanens hatásu, azaz a PARAM újabb aktivizálásáig és ennek a csoportnak megváltoztatásáig érvényben marad. A 4,5,6,7,8 switch értékeknek megfelelő output csak az aktivizálás pillanatában fennálló állapotot közli.

A hosszú futási idő miatt szükséges a program megszakíthatóságának és újraindításának biztosítása.

A megszakítást a switch=kiírás után "m" karakter **leütésével** érhetjük el. Ekkor egy "tape feed" karaktersorozat után az újraindításhoz szükséges információkat lyukszalagra lyukasztja, és megáll.

Az újraindítást az adatszalagok beolvasása után a PARAM aktivizálá-

sával és a switch 11-es értékével végezhetjük. Ekkor megjelenik az írógépen az "input streamvectors" kiírás. Ilyenkor beolvashatjuk a megsza-
kitásnál lyukasztott "tape feed"-kel kezdődő szalagot, amivel a megsza-
kitás pillanatában lévő állapotot tökéletesen rekonstruáljuk.

Végül a PARAM eljárás lehetővé teszi a lefordított program bináris kihozatalát. Erre szolgál a switch 12-es értéke. A bináris output GIER-ALGOL III. "binout" eljárásával készül, amihez szükséges az ALGOL-III E programszalag.

A param aktivizálásakor egyszerre több funkciót is elvégeztethetünk, mert mindaddig az eljárásban maradunk, míg a switch=kiírás után az írógépen CR /kocsi vissza/ leütésre nem kerül. Ennek hatására a vezérlés visszaadódik a főprogramnak.

13.6. Korlátozások. Időszükséglet. Rendszerszükséglet.

A GIER-ALGOL III. nyelven írt program, amely normál compiler-vel fordítható, a gyorsmemórián /ferrit/ kívül adattárolásra csak a dobmemóriát használja.

A dobon történik a berendezések adatainak, a fizikai konstansoknak, az egyes ágak jellemző adatait /nyomás, hőmérséklet, komponensek aránya stb./ tartalmazó ún. streamvektoroknak és a hálózatot leíró egyenletrendszernek a tárolása. Ez

$$s \approx n/n+1/ + n \approx n/n+1/ + K \approx f + e$$

helyigényt jelent, ahol

s a streamvektorok komponenseinek darabszáma, K az anyagáram komponenseinek darabszáma, f a különböző fizikai állandók száma, e pedig az összes berendezésre vonatkozó adatok száma.

A ferritben $n \approx n+3/+60$ a helyfoglalás, ami gazdaságos futási időt feltételezve maximálisan $n=21$ /a hálózat ágainak száma/ nagyságu feladat megoldását engedi.

Az eddig végzett kísérletek szerint a Q vektorra történő iteráció ideje $n=14$ esetén körülbelül 8 sec/iteráció, és n -nel kb. négyzetes arányban nő. Lényegesen befolyásolja az iteráció sebességét a 13.1.fe-

jezet III. egyenletrendszerében szereplő f és U típusu egyenletek aránya, ilyen szempontból nyilvánvalóan az f típusu egyenletek kedvezőbbek.

Az iterációs lépések száma a hálózat bonyolultságától, a paraméterek értékeitől, a kezdő értékrendszer jóságától függ, éppen ezért előre nem becsülhető. Egy viszonylag egyszerű feladat esetén /n=4/ a program 10^{-4} -es pontosságu megoldást a harmadik iterációs lépésben adott.

A fenti adatok a lineáris egyenletrendszert a ferrit-memóriában tároló programváltozatra vonatkoznak.

Lényegesen növelhetők a feladat méretei, ha lineáris egyenletrendszert is a dobon tároljuk. Ez gyakorlatilag tetszőleges nagyságu feladat megoldását is lehetővé teszi, természetesen a számolási idő tekintélyes hosszabbodásának árán.

Ezzel a programváltozattal /NETWORKDRUM1/ egy iteráció ideje n=40 esetén kb. 5 percre tehető.

13.7. Programbizonylatok.

13.7.1. Programprotokoll. /lásd 32. melléklet/

13.7.2. Lyukasztási utasítás.

Adatszalg lyukasztása 13.4. fejezetben foglaltak szerint.

13.7.3. Gépi menet. Futtatási utasítás.

A feladatok természete szerint változó, aszerint, hogy használjuk-e a PARAM eljárást.

/lásd 13.5. fejezet/.

13.7.4. Hibaközlések.

A hibakiírások egy kivételével az adatbeolvasás közbeni ellenőrzés jelzései. A kivétel a korrekciós matrix szingularitására vonatkozó "singularity of correction matrix" kiírás, ami után a program futása automatikusan folytatódik. A beolvasás közbeni hibajelzések egyik jellemzője, ami a hibás szalagot nevezi meg, az éppen beolvasás alatt álló adatszoport azonosítója, ami az írógépen megjelenik /lásd 13.4. fejezet/. Ez alatt hibánként új sort kezdve a "fail" kiírás és a hiba helyére utaló információ van. Ez általában az adatszalg hibásnak talált sorának sorszáma, az EQUIP-tape ellenőrzésénél a hibásnak talált

berendezés sorszáma. A tájékozódás /hibakeresés/ megkönnyítése végett, ez utóbbi esetben a berendezés adatai közül az első kettő is kiírásra kerül. A "max" hibakiírás a 13.4.fejezet V.pontjának b/2a. alatt található egyenlőtlenség nem teljesülését jelenti.

Mindenfajta hibajelzés az írógépen történik, és utána a program futása folytatódik. Adathiba esetén azonban legtöbbször adatra várva /Pd lámpa ég/ a gép minden jelzés nélkül leáll az adatszalg végigolvasása után.

Az algol /GIER-ALGOL III/-ba beépített hibajelzések természetesen a futás felfüggesztését jelentik, okuk vagy az adatrendszerben vagy a feladat méreteiben keresendő.

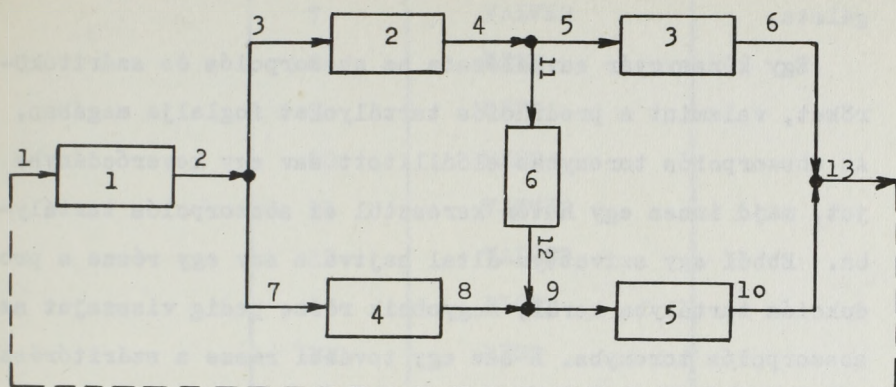
13.8. Alkalmazási példák.

13.8.1. 1.példa.

Egy Wheastone-hiddal analóg anyagáramhálózat áramlásviszonyainak vizsgálata.

A 13.2. ábrán látható hálózat négy csővezetékéből, egy pillangószelepből, és egy fuvóból /BLOW1/ áll. Az átáramló közeg levegő. Az egyes berendezéseket egy-egy FSN-nel/ flow sheet number/, az egyes ágakat pedig egy-egy STN-nel /stream number/ jelöljük. Példánkban a következőképen végeztük el a jelölést, amely a 13.2. ábrán nyer értelmezést:

| FSN | berendezés típusa |
|-----|-------------------|
| 1 | BLOW1 |
| 2 | RES1 |
| 3 | RES1 |
| 4 | RES1 |
| 5 | VALVE1 |
| 6 | RES1 |



13.2. ábra. A 13.8.1. példa hálózati modellje.

A feladat megoldásához az alábbi egyenletrendszer megoldása szükséges.

$$Q_1 - Q_2 = 0$$

$$Q_2 - Q_3 - Q_7 = 0$$

$$Q_3 - Q_4 = 0$$

$$Q_5 - Q_6 = 0$$

$$Q_7 - Q_8 = 0$$

$$Q_9 - Q_{10} = 0$$

$$Q_4 - Q_5 - Q_{11} = 0$$

$$Q_{11} - Q_{12} = 0$$

$$Q_8 - Q_9 + Q_{12} = 0$$

$$Q_6 + Q_{10} - Q_{13} = 0$$

$$U(Q_3) - U(Q_7) + U(Q_{11}) = 0$$

$$U(Q_5) - U(Q_9) - U(Q_{11}) = 0$$

$$-U(Q_1) + U(Q_7) + U(Q_9) = 0$$

A feladathoz tartozó adatszalg kiiratása a 33. mellékletben, az eredményszalg kiiratása a 34. mellékletben található.

13.8.2. 2. példa.

Egy kénsavgyár savhálózatában lévő áramlásviszonyoknak vizsgálata.

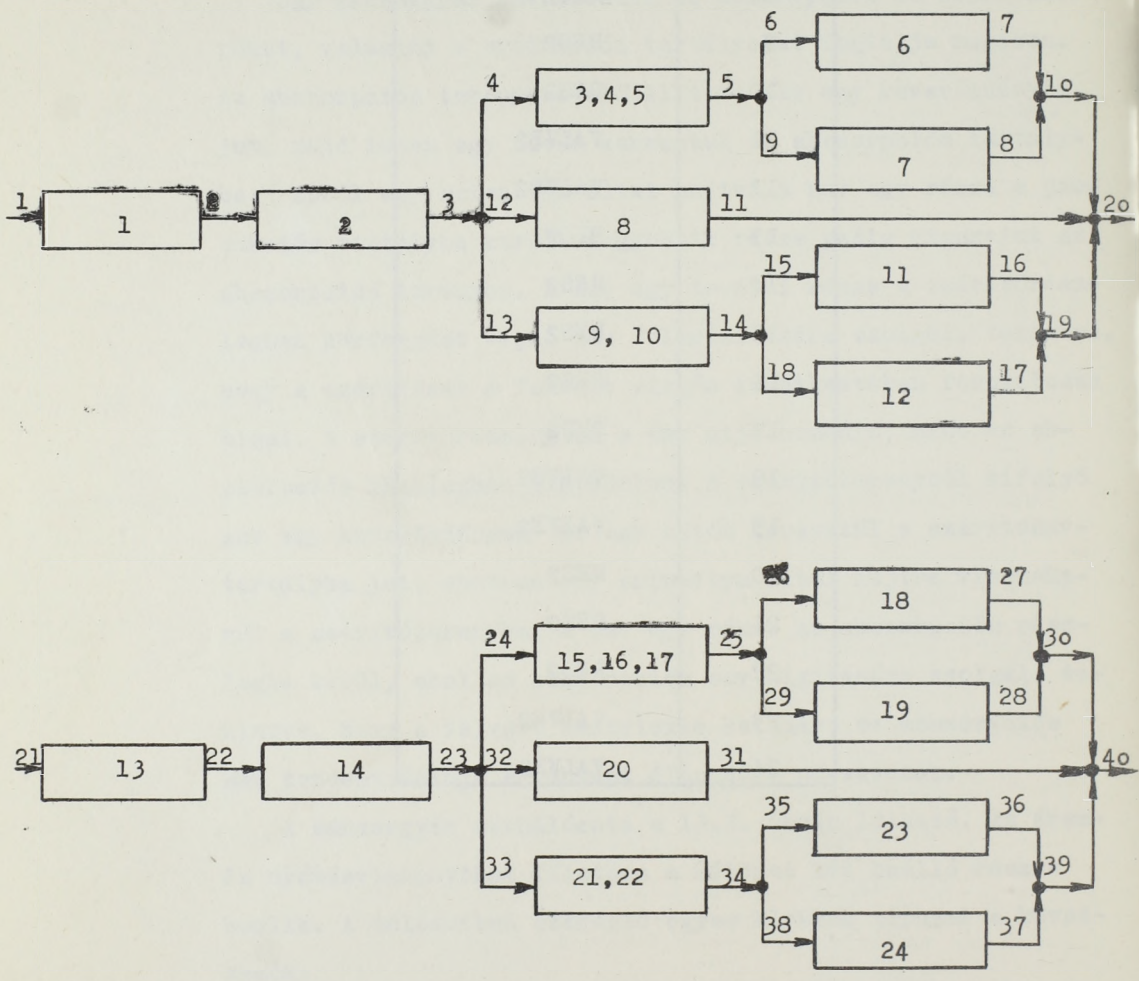
Egy kénsavgyár savhálózata az abszorpciós és szárítóköröket, valamint a produkciós tartályokat foglalja magában. Az abszorpciós toronyban előállított sav egy keverőedénybe jut, majd innen egy hűtőn keresztül az abszorpciós tartályba. Ebből egy szivattyu által hajtva a sav egy része a produkciós tartályba kerül, nagyobbik része pedig visszajut az abszorpciós toronyba. A sav egy további része a szárítórészlegben körforgást végző sav fölerősítésére szolgál, tekintve, hogy a szárítósav a felvett vizgőz következtében fokozatosan higul. A szárítórészlegben a sav utja hasonló, mint az abszorpciós részlegben ill.körben. A szárítótornyból kifolyó sav egy keverőedényen és egy hűtőn keresztül a szárítósavtartályba jut, ahonnan egy szivattyu által hajtva visszakerül a szárítótornyba. A sav egy része az abszorpciós részlegbe kerül, ahol az abszorpciós sav higitására szolgál, tekintve, hogy a felvett kéntrioxid hatására az abszorpciós sav koncentrációja egyébként állandóan növekednék.

A kénsavgyár savhálózata a 13.3. ábrán látható. Az áram- és nyomásviszonyokat illetően a hálózat két önálló részre bomlik. A hálózatban szereplő egyes blokkok típusai a következők:

A kénsavgyár savhálózatának blokkjai

| FSN | tipus |
|-----|--------|
| 1 | BLOW1 |
| 2 | RES2 |
| 3 | RES2 |
| 4 | RES2 |
| 5 | RES2 |
| 6 | VALVE2 |

| FSN | tipus |
|-----|--------|
| 7 | VALVE2 |
| 8 | RES2 |
| 9 | RES2 |
| 10 | RES2 |
| 11 | VALVE2 |
| 12 | VALVE2 |
| 13 | BLOW1 |
| 14 | RES2 |
| 15 | RES2 |
| 16 | RES2 |
| 17 | RES2 |
| 18 | VALVE2 |
| 19 | VALVE2 |
| 20 | RES2 |
| 21 | RES2 |
| 22 | RES2 |
| 23 | VALVE2 |
| 24 | VALVE2 |



13.3. ábra. Egy kénsavgyár savrészlegének számítási bloksémája.

A feladat megoldásához az alábbi egyenletrendszer megoldása szükséges.

$$Q_1 - Q_2 = 0$$

$$Q_2 - Q_3 = 0$$

$$Q_3 - Q_4 - Q_{12} - Q_{13} = 0$$

$$Q_4 - Q_5 = 0$$

$$Q_5 - Q_6 - Q_9 = 0$$

$$Q_6 - Q_7 = 0$$

$$Q_9 - Q_8 = 0$$

$$Q_7 + Q_8 - Q_{10} = 0$$

$$Q_{12} - Q_{11} = 0$$

$$Q_{13} - Q_{14} = 0$$

$$Q_{14} - Q_{15} - Q_{18} = 0$$

$$Q_{15} - Q_{16} = 0$$

$$Q_{18} - Q_{17} = 0$$

$$Q_{16} + Q_{17} - Q_{19} = 0$$

$$Q_{10} + Q_{11} + Q_{19} - Q_{20} = 0$$

$$U(Q_6) - U(Q_8) = 0$$

$$U(Q_4) + U(Q_6) - U(Q_{11}) = 0$$

$$U(Q_{12}) - U(Q_{14}) - U(Q_{16}) = 0$$

$$U(Q_{15}) - U(Q_{17}) = 0$$

$$-U(Q_1) + U(Q_2) + U(Q_{13}) + U(Q_{18}) = 0$$

$$Q_{21} - Q_{22} = 0$$

$$Q_{22} - Q_{23} = 0$$

$$Q_{23} - Q_{24} - Q_{32} - Q_{33} = 0$$

$$Q_{24} - Q_{25} = 0$$

$$Q_{25} - Q_{26} - Q_{29} = 0$$

$$Q_{26} - Q_{27} = 0$$

$$Q_{29} - Q_{28} = 0$$

$$Q_{27} + Q_{28} - Q_{30} = 0$$

$$Q_{32} - Q_{31} = 0$$

$$Q_{33} - Q_{34} = 0$$

$$Q_{34} - Q_{35} - Q_{38} = 0$$

$$Q_{35} - Q_{36} = 0$$

$$Q_{38} - Q_{37} = 0$$

$$Q_{36} - Q_{37} - Q_{39} = 0$$

$$Q_{30} + Q_{31} + Q_{39} - Q_{40} = 0$$

$$U(Q_{26}) - U(Q_{28}) = 0$$

$$U(Q_{24}) + U(Q_{29}) - U(Q_{31}) = 0$$

$$U(Q_{32}) - U(Q_{34}) - U(Q_{36}) = 0$$

$$U(Q_{35}) - U(Q_{37}) = 0$$

$$-U(Q_{21}) + U(Q_{22}) + U(Q_{33}) + U(Q_{38}) = 0$$

A feladathoz tartozó adatszalat kiiratása a 35. mellékletben, az eredményszalat kiiratása a 36. mellékletben található.

14. TEST GASMIX1: Eljárás gázkeverékek számítására.

14.1. A program matematikai leírása.

A változók deklarációja.

A GASMIX1 blokk kiszámítja több ágból jövő gázáram keveredésekor keletkező gáz hőmérsékletét és összetételét, amikor is az egyes ágakban lévő gáz is több komponensből áll.

A program a NETWORK2 eljárás szerves részét képezi.

A blokk, valamint a bemenő és kimenő jelek jelölésére vonatkozólag lásd a 2.1. fejezetet.

Az eljárásban deklarált változók a 14.1 táblázatban láthatók.

14.1 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|-------------|---|--------------------|
| l | bemenő gázáramok száma | - |
| k | komponensek száma a j-dik áramban | - |
| M_i | i-dik komponens molekulasúlya | - |
| m_{ji} | j-dik áram i-dik komponensének moltiplicitása | - |
| γ_j | j-dik áramban lévő gáz fajhője | kp/m ³ |
| cp_j | j-dik " " " fajhője | kcal/kg |
| Cp_{ji} | j-dik áram i-dik komponensének moláris hőkapacitása | kcal/kMol |
| q_j | j-dik bemenő áram térfogatsebessége | Nm ³ /s |
| T_j | j-dik " " hőmérséklete | C° |
| p_j | j-dik " " nyomása | kp/m ² |
| q_{out} | kimenő áram térfogatsebessége | Nm ³ /s |
| T_{out} | " " hőmérséklete | C° |
| m_{out_i} | i-dik komponens moltiplicitása a kimenő áramban | - |
| c_{0i} | regressziós konstans | - |
| c_{1i} | "-" | "-" |
| c_{2i} | "-" | "-" |

A fent deklarált változók közül ismerteknek tételezzük fel a következőket:

FSN, l , STNin $_j$, STNout, k , M_i , c_{0i} , cl_i , c_{2i} , m_{ji} , $1 \leq j \leq l$ és $1 \leq i \leq k$. Továbbá ismerteknek tekintjük a bemenő ágakban lévő q_j , ν_j , p_j értékeket.

A GASMIX1 eljárás kiértékeli az alábbi kifejezéseket:

$$1./ \quad q_{out} = \sum_j q_j$$

$$2./ \quad m_{out}_i = \frac{\sum_j m_{ji} q_j}{\sum_j q_j}$$

$$3./ \quad \delta_j = 4.34 \times 10^{-6} \sum_i m_{ji} M_i \frac{273}{273 + \nu_j} p_j$$

$$4./ \quad c_{pji} = c_{0i} + cl_i \nu_j + c_{2i} \nu_j^2$$

$$5./ \quad c_{pj} = \frac{\sum_i m_{ji} c_{pji}}{\sum_i m_{ji} M_i}$$

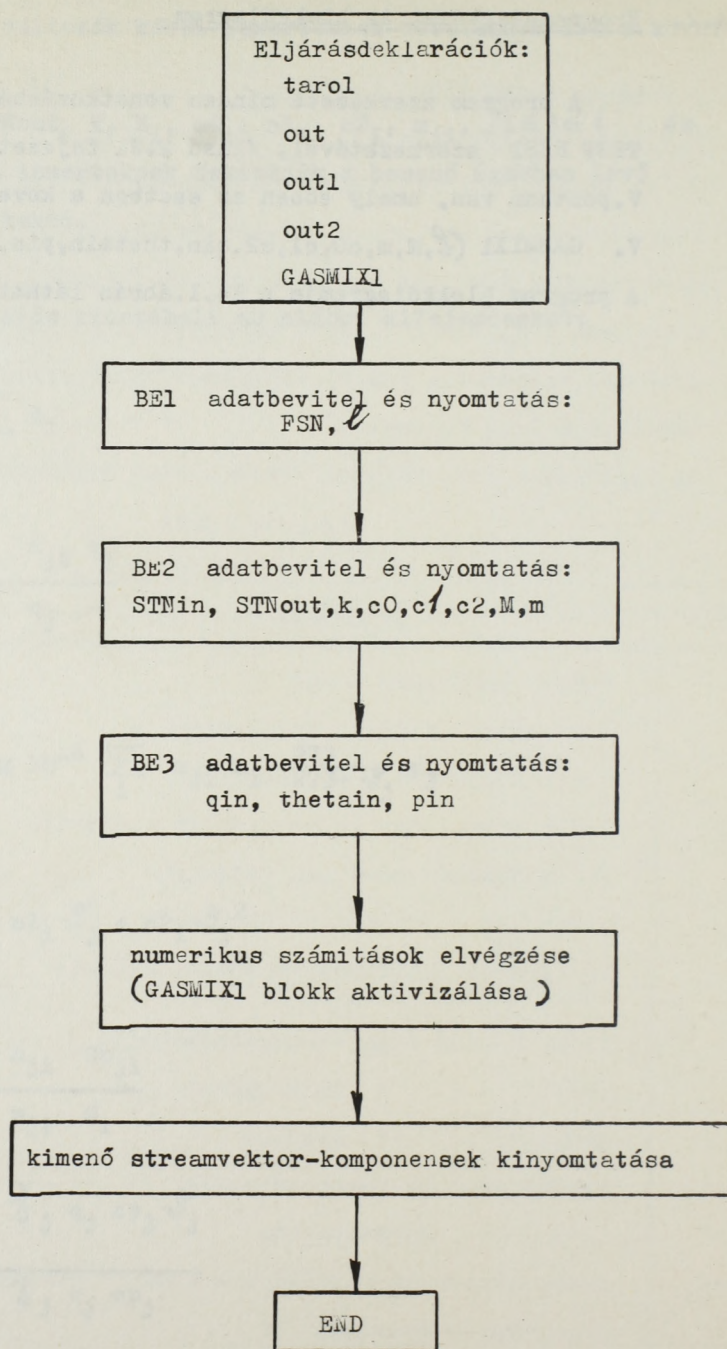
$$6./ \quad \nu_{out} = \frac{\sum_j \delta_j q_j c_{pj} \nu_j}{\sum_j \delta_j q_j c_{pj}}$$

14.2. Programszerkezet és blokkdiagram.

A program szerkezete minden vonatkozásban azonos a TEST RES1 szerkezetével. /lásd 2.2. fejezet/ Eltérés csak az V.pontban van, amely ebben az esetben a következő:

V. GASMIX1 (l, M, m, c0, c1, c2, qin, thetain, pin, qout, thetaout, mout)

A program blokkdiagramja a 14.1.ábrán látható.



14.1. ábra. TEST GASMIX1 blokkdiagramja.

14.3. Adatbevitel.

A program futtatásához szükséges adatmennyiség három részből áll.

Első szinten a csomópontot azonosító adatok állnak.

Második szinten a gázkeveréket jellemző mennyiségek, fizikai konstansok helyezkednek el.

Harmadik szinten a bemenő streamvektorok komponensei vannak.

Az adatszagra a következő sorrendben kerülnek az adatok:

I. FSN, l

II.a/ STNin (ismétlődik l -szer), STNout, k

b/ c_0, c_1, c_2, M

(b/ ismétlődik k -szor)

c/ $m_{11}, m_{12}, \dots, m_{1k}, \dots, m_{l1}, m_{l2}, \dots, m_{lk}$

III.a, theta, p

(III. ismétlődik l -szer)

14.4. Eredményközlés.

Tekintettel arra, hogy a GASMLX1 blokk célja egy csomópontba bemenő több streamvektor esetén a kimenő streamvektor komponenseinek kiszámítása, a számítás eredményei közül csak a streamvektor komponenseit iratjuk ki. Emellett lehetőség van a kb on eljárás használatával az egyes részeredmények ki-iratására is.

14.5. Korlátozások, Időszükséglet, Rendszerszükséglet.

Azonos a 2.5. fejezetben mondottakkal.

14.6. Programbizonylatok.

14.6.1. Programprotokoll. (lásd 37. melléklet)

14.6.2. Lyukasztási utasítás.

Programlyukasztásnál semmi kikötés nincs.

Adatszalglyukasztás: az adatok 14.3. fejezet szerinti sorrendben lyukasztandók. Az egyes adatok között veszsző van.

14.6.3. Gépi menet. Futtatási utasítás.

Program és adatszalg beolvasása után a számítás megindul, futás végén önműködően leáll. Kivánságra kb gomb lenyomásával a részeredmények is kiiródnak.

14.6.4. Hibaközlések.

Az adatszalg esetleges hibás lyukasztása ellenőrizhető a programba épített bemenő értékek kiirátása által.

14.7. Alkalmazási példa.

Adva van két gázáram, amelyekben különböző koncentrációju oxigén és nitrogén áramlik. Feladat a két áram keveredésekor létrejövő gázáram hőmérsékletének és összetételének kiszámítása.

A megoldáshoz szükséges adatok a 14.2 táblázatban láthatók.

14.2 táblázat

| jelölés | érték | dimenzió |
|--------------------|-------|--------------------|
| FSN | 1 | - |
| ℓ | 2 | - |
| STNin ₁ | 1 | - |
| STNin ₂ | 2 | - |
| STNout | 3 | - |
| k | 2 | - |
| c ₀₁ | 4.97 | |
| c ₀₂ | 4.97 | |
| c ₁₁ | 0 | |
| c ₁₂ | 0 | |
| c ₂₁ | 0 | |
| c ₂₂ | 0 | |
| M ₁ | 32 | - |
| M ₂ | 28 | - |
| m ₁₁ | 0.21 | - |
| m ₁₂ | 0.79 | - |
| m ₂₁ | 0.3 | - |
| m ₂₂ | 0.7 | - |
| q ₁ | 5 | Nm ³ /s |
| q ₂ | 2 | Nm ³ /s |
| g ₁ | 10 | C° |
| g ₂ | 100 | C° |
| p ₁ | 10330 | kp/m ² |
| p ₂ | 13000 | kp/m ² |

A példához tartozó adatszalg kiiratása a 38. mellékletben, az eredményszalg kiiratása a 39. mellékletben található. A program futtatása a kb on eljárás használatával történt.

15. TEST COOLSTACI: Eljárás gáz-gáz hőcserélők hőmérséklet viszonyainak számítására.

15.1. A gáz-gáz hőcserélő matematikai modelje.

A program különböző típusu gáz-gőz hőcserélők hőmérsékleteinek számítására szolgál és mint ilyen szerves részét képezi a NETWORK2 eljárásnak.

A hőcserélők be- és kimenő jelei között az összefüggést első közelítéssel közönséges differenciálegyenletekkel írjuk fel. Ennek megfelelően a változók csak az idő függvényei a helynek nem. Feltételezzük, hogy a hőhordozó közegek hőmennyiségének megváltozása arányos a hőmérsékletük megváltozásával. Kondenzációt és elgőzölgtetést nem veszünk figyelembe. Elhanyagoljuk a hővesztéseket. Figyelembe vesszük a fal hőkapacitását, továbbá a differenciálegyenletekben szereplő együtthatók hőmérséklet és nyomás függését. A fentiek alapján felépített matematikai model érvényes egyen-, ellen-, vegyes- és keresztáramu hőcserélőkre, ha mindkét hőhordozó közeg gáz.

Írjuk fel a hőcserélő meleg (hőátadó), a hideg (hőfelvevő) és a hőátbocsátó fal hőmérlegét.

$$c_1 \gamma_1 V_1 \frac{d\vartheta_{1m}}{dt} = c_1 \gamma_1 q_1 (\vartheta_{1in} - \vartheta_{1out}) + \alpha_{1F1} (\vartheta_m - \vartheta_{1m}), \quad (15.1)$$

$$c_2 \gamma_2 V_2 \frac{d\vartheta_{2m}}{dt} = c_2 \gamma_2 q_2 (\vartheta_{2in} - \vartheta_{2out}) + \alpha_{2F2} (\vartheta_{wm} - \vartheta_{2m}), \quad (15.2)$$

$$c_w \gamma_w V_w \frac{d\vartheta_{wm}}{dt} = \alpha_{1F1} (\vartheta_{1m} - \vartheta_{wm}) + \alpha_{2F2} (\vartheta_{2m} - \vartheta_{wm}) \quad (15.3)$$

A jelölések magyarázatát a változók deklaráálásánál adjuk meg.

Állandósult állapotban $\frac{d}{dt} = 0$.

Ha ezt a (15.1-3)-ba behelyettesítjük és a következő közelítéssel élünk:

$$\vartheta_{1m} = \frac{\vartheta_{1in} + \vartheta_{1out}}{2} \quad \text{és} \quad \vartheta_{2m} = \frac{\vartheta_{2in} + \vartheta_{2out}}{2},$$

akkor rendezés után az állandósult állapotbeli összefüggések egyenáramu hőcserélőkre:

$$v_{1out} = a v_{1in} + b v_{wm}, \quad (15.4)$$

$$v_{2out} = c v_{2in} + d v_{wm}, \quad (15.5)$$

$$v_{wm} = e(v_{1in} + v_{1out}) + f(v_{2in} + v_{2out}) \quad (15.6)$$

A (15.4-6) -ban:

$$a = \frac{2c_1 \gamma_{1q_1} - \alpha_1 f_1}{2c_1 \gamma_{1q_1} + \alpha_1 f_1}, \quad (15.7a)$$

$$b = \frac{2\alpha_1 f_1}{2c_1 \gamma_{1q_1} + \alpha_1 f_1}, \quad (15.7b)$$

$$c = \frac{2c_2 \gamma_{2q_2} - \alpha_2 f_2}{2c_2 \gamma_{2q_2} + \alpha_2 f_2}, \quad (15.8a)$$

$$d = \frac{2\alpha_2 f_2}{2c_2 \gamma_{2q_2} + \alpha_2 f_2}, \quad (15.8b)$$

$$e = \frac{\alpha_1 f_1}{2(\alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2)}, \quad (15.9a)$$

$$f = \frac{\alpha_2 f_2}{2(\alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2)}, \quad (15.9b)$$

Ha feltételezzük, hogy a hőcserélők bemenő jelei a ϑ_{1in} , ϑ_{2in} , q_1 és q_2 , a kimenő jelek pedig ϑ_{1out} és ϑ_{2out} , akkor a (15.4-9) megoldásával megkaphatjuk a

$$\vartheta_{1out} = f(\vartheta_{1in}, \vartheta_{2in}, q_1, q_2), \quad (15.10)$$

$$\vartheta_{2out} = f(\vartheta_{1in}, \vartheta_{2in}, q_1, q_2), \quad (15.11)$$

összefüggéseket.

Pl. egyenáramu hőcserélőkre a hőmérséklet bemenő jelekre:

$$\vartheta_{1out} = A_{11} \vartheta_{1in} + A_{12} \vartheta_{2in}, \quad (15.12)$$

$$\vartheta_{2out} = A_{21} \vartheta_{1in} + A_{22} \vartheta_{2in}, \quad (15.13)$$

ahol

$$A_{11} = \frac{a(1-df) + be}{1 - be - df},$$

$$A_{12} = \frac{bf(1+c)}{1-be-df},$$

$$A_{21} = \frac{de(1-df+a+be)}{1-be-df},$$

$$A_{22} = \frac{c(1-be)+df}{1 - be - df}$$

Hasonlóan kapható meg ellenáramu hőcserélőkre is a (15.12-13) összefüggés, továbbá mindkét típusu hőcserélőre a q_1 és q_2 bemenő jel esetén.

A továbbiakban felírjuk a differenciálegyenletek együtthatóiban szereplő tényezők hőmérséklet és nyomás függését. A közepes hőmérsékletekkel és nyomásokkal számolunk. A hőmérsékletek esetében jó közelítést akkor kapunk, ha a bemenő és kimenő hőmérséklet között az eltérés nem túl nagy. Nagy hőmérséklet eltéréseknél a közelítés elég durva. Nyomásoknál a középértéket vehetjük figyelembe, de mivel a legtöbb hőcserélőben a nyomásesés nem nagy, jó közelítést kapunk akkor is, ha akár a belépő, akár a kimenő nyomással számolunk. A középhőmérséklet

$$\vartheta_{km} = \frac{\vartheta_{kin} + \vartheta_{kout}}{2}, \quad (15.14)$$

A jelölések értelmezését a változók deklaráálásánál adjuk, azonban annyit előrebozsátunk, hogy a $k=1$ a meleg, a $k=2$ a hideg oldalra vonatkozók.

A gáz egyes összetevőinek fajsulya:

$$\gamma_{ki} = \frac{1}{22,4 \cdot 10330} M_i \frac{273}{273 + \vartheta_{km}} P_{km} \quad (15.15)$$

A gázelegy fajsulya:

$$\gamma_k = \frac{1}{22,4 \cdot 10330} \sum_i m_{ki} M_{ki} \frac{273}{273 + \vartheta_{km}} P_{km} \quad (15.16)$$

Az egyes gázösszetevők molekuláris fajhőjét a következő regressziós összefüggéssel határozhatjuk meg:

$$C_{pki} = A_{0i} + A_{1i} \vartheta_{km} + A_{2i} \vartheta_{km}^2 + A_{3i} \vartheta_{km}^3 + \dots \quad (15.17)$$

A sulyra vonatkozó fajhő pedig:

$$c_{pki} = \frac{C_{pki}}{M_{ki}} \quad (15.18)$$

Az összetevő sulyaránya:

$$\varepsilon_{ki} = \frac{\gamma_{ki}}{\gamma_k} m_{ki} \quad (15.19)$$

A (15.18) és (15.19) figyelembevételével kapjuk a gázkeverék sulyra vonatkozó fajhőjét állandó nyomáson:

$$c_{pk} = \sum_i c_{pki} \varepsilon_{ki} \quad (15.20)$$

Az áramlási sebesség:

$$w_k = \frac{273 + \vartheta_{km}}{273} \frac{q_k}{F_k} \frac{10330}{P_{km}} \quad (15.21)$$

A gázösszetevők dinamikus viszkozitása:

$$z_{ki} = z_{oki} \frac{273 + C_{ki}}{273 + C_{ki} + \vartheta_{km}} \left(\frac{273 + \vartheta_{km}}{273} \right)^{1,5} \quad (15.22)$$

A gázkeverék dinamikus viszkozitása cP-ban:

$$z_k = \frac{\sum_i m_{ki} M_{ki}}{\sum_i \frac{m_{ki} M_{ki}}{z_{ki}}} \quad (15.23)$$

A Reynolds-féle szám:

$$Re_k = \frac{\mu_k^D \text{kek} v_k}{z_k} \cdot 10^3, \quad (15.24)$$

ahol

$$D_{\text{kek}v} = d_k, \text{ csővezeték esetén,}$$

$$D_{\text{kek}v} = \frac{4F_k}{K_k} \text{ egyéb esetekben.}$$

A gázkeverék dinamikus viszkozitása kg/ms-ban:

$$\mu_k = z_k \cdot 10^{-3} \quad (15.25)$$

A gázösszetevők fajhője állandó térfogaton:

$$c_{vki} = \frac{c_{pki} - 1,985}{M_{ki}} \quad (15.26)$$

A gázkeverék fajhője állandó térfogaton:

$$c_{vk} = \sum_i c_{vki} \xi_{ki} \quad (15.27)$$

Az adiabatikus kitevő:

$$k_k = \frac{c_{pk}}{c_{vk}} \quad (15.28)$$

A E állandó:

$$E_k = 2,25 k_k - 1,25 \quad (15.29)$$

A gázelegy hővezetési tényezője:

$$\lambda_k = E_k c_{vk} \mu_k \quad (15.30)$$

A Prandtl-féle szám pedig:

$$Pr_k = \frac{c_{pk} \mu_k}{\lambda_k} = \frac{4k_k}{9k_k - 5} \quad (15.31)$$

A fal középhőmérséklete:

$$\vartheta_{wm} = \frac{\alpha_1 f_1}{\alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2} \vartheta_{1m} + \frac{\alpha_2 f_2}{\alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2} \vartheta_{2m} \quad (15.32)$$

Itt megjegyezzük, hogy az iteráció első lépésében a hőátadási tényezők ismeretlenek, ezért ekkor a jó vagy rossz közelítésnek mondható

$$\vartheta_{wm} = \frac{\vartheta_{1m} + \vartheta_{2m}}{2}$$

értékkel számolunk.

A fal középhőmérsékletére azért van szükségünk, mert a Nusselt-féle szám meghatározásához ismernünk kell a Prandtl-féle számot ezen a hőmérsékleten. E célból ismét ki kell számítani a Prandtl-féle számhoz szükséges tényezőket:

$$\tau_{kwi} = \frac{1}{22.4 \cdot 10330} M_{ki} \frac{273}{273 + \vartheta_{wm}} P_{km} \quad (15.33)$$

$$\tau_{kw} = \frac{1}{22.4 \cdot 10330} \sum_i m_{ki} M_{ki} \frac{273}{273 + \vartheta_{wm}} P_{km} \quad (15.34)$$

$$C_{pkwi} = A_{0ki} + A_{1ki} \vartheta_{wm} + A_{2ki} \vartheta_{wm}^2 + A_{3ki} \vartheta_{wm}^3 \quad (15.35)$$

$$c_{pkwi} = \frac{C_{pkwi}}{M_{ki}}, \quad (15.36)$$

$$\varepsilon_{kwi} = \frac{\tau_{kwi}}{\tau_{kw}} m_{ki}, \quad (15.37)$$

$$c_{pkw} = \sum_i c_{pkwi} \varepsilon_{kwi}, \quad (15.38)$$

$$z_{kwi} = z_{okwi} \frac{273 + C_{ki}}{273 + C_{ki} + \vartheta_{wm}} \left(\frac{273 + \vartheta_{wm}}{273} \right)^{1,5} \quad (15.39)$$

$$z_{kw} = \frac{\sum_i m_{ki} M_{ki}}{\sum_i \frac{m_{ki} M_{ki}}{z_{kwi}}}, \quad (15.40)$$

$$\mu_{kw} = z_{kw} 10^{-3}, \quad (15.41)$$

$$c_{vkw} = \frac{C_{pkwi} - 1,985}{M_{ki}}, \quad (15.42)$$

$$c_{vkw} = \sum_i c_{vkw} \varepsilon_{kwi}, \quad (15.43)$$

$$k_{kw} = \frac{c_{pkw}}{c_{vkw}}, \quad (15.44)$$

$$E_{kw} = 2,25 k_{kw} - 1,25, \quad (15.45)$$

$$\lambda_{kw} = E_{kw} c_{vkw} \mu_{kw}, \quad (15.46)$$

és a Prandtl-féle szám a ϑ_{wm} hőmérsékleten

$$Pr_{kw} = \frac{4k_{kw}}{9k_{kw} - 5} \quad (15.47)$$

A gázkeverék középhőmérséklete és a fal középhőmérséklete különbségének abszolút értéke:

$$\Delta \vartheta_k = \left| \vartheta_{km} - \vartheta_{wm} \right| \quad (15.48)$$

És a Grashof-féle szám:

$$Gr_k = \frac{g D_{kek}^3 \gamma_k^2 / \beta_k \Delta T_k}{2 \mu_k} \quad (15.49)$$

Az eddigiek ismeretében kiszámítható a Nusselt-féle szám különböző hőcserélő típusok esetén meghatározott Re szám tartományra a következő összefüggések felhasználásával.

Egyenáramu és ellenáramu hőcserélők esetén:

Ha $0 < Re_k < 2300$, akkor

$$Nu_k = 0,15 Re_k^{0,33} Pr_k^{0,43} Gr_k^{0,1} \left(\frac{Pr_k}{Pr_{kw}} \right)^{0,25} \quad (15.50)$$

Ha $2300 < Re_k < 10^4$, akkor

$$Nu_k = f(Re_k) Pr_k^{0,43} \left(\frac{Pr_k}{Pr_{kw}} \right)^{0,25} \quad (15.51)$$

A (15.51)-ben az $f(Re_k)$ -t diagramból vett értékek alapján regressziós összefüggéssel határozzuk meg. Ugyanis a Re szám ezen értéktartományában a Nu számra megbízható összefüggés még nem áll rendelkezésünkre.

$$f(Re_k) = A_0 + A_1 Re_k + A_2 Re_k^2 + A_3 Re_k^3 + \dots \quad (15.52)$$

Ha $Re > 10^4$, akkor

$$Nu_k = 0,021 Re_k^{0,8} Pr_k^{0,43} \left(\frac{Pr_k}{Pr_{kw}} \right)^{0,25} \quad (15.53)$$

Keresztáramu hőcserélő egyen- és ellenárammal soros csőelrendezéssel és az áramló közeg levegő:

$$Nu_k = 0,21 \varepsilon \varphi Re_k^{0,65} \quad (15.54)$$

Keresztáramu hőcserélő egyen- és ellenárammal váltakozó csőelrendezés-
sel és az áramló közeg levegő:

$$Nu_k = 0,37 \cdot \varepsilon \varphi Re_k^{0,65} \quad (15.55)$$

Keresztáramu hőcserélő egyen- és ellenárammal soros csőelrendezéssel,
az áramló közeg gáz:

$$Nu_k = 0,23 \varepsilon \varphi Re_k^{0,65} Pr_k^{0,33} \left(\frac{Pr_k}{Pr_{kw}} \right)^{0,25} \quad (15.56)$$

Keresztáramu hőcserélő egyen- és ellenárammal váltakozó csőelrendezés-
sel, az áramló közeg gáz:

$$Nu_k = 0,41 \varepsilon \varphi Re_k^{0,6} Pr_k^{0,33} \left(\frac{Pr_k}{Pr_{kw}} \right)^{0,25} \quad (15.57)$$

A Nusselt-féle szám ismeretében kiszámítható az α_k hőátadási tényező:

$$\alpha_k = \frac{\lambda_k Nu_k}{D_{kekV}} \quad (15.58)$$

15.2 A változók deklarációja. A program matematikai leírása.

A TEST COOLSTAC1 blokk streamvektorainak ill. ezek komponenseinek jelölése és dimenziója azonos a TEST COOLRES1 blokknál alkalmazottakkal. Egyébként a blokknál a következő változókat deklaráljuk.

15.1 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|-----------------------|--|-------------|
| D_{kekv} | ekvivalens átmérő | m |
| F_k | tényleges áramlási keresztmetszet | m^2 |
| K_k | az áramlási keresztmetszet kerülete | m |
| f_k | hőátadási felület | m^2 |
| V_k | a hőcserélő egyik oldalának térfogata | m^3 |
| k_k | adiabatikus kitevő | |
| E_k | k_k -től függő tényező | |
| γ_w | a cső fajsúlya | kg/m^3 |
| s_k | állandó | |
| d_k | a cső átmérője | m |
| θ_{wm} | a csőfal középhőmérséklete | $^{\circ}C$ |
| $\varepsilon \varphi$ | a cső tengelye és az áramlás iránya által bezárt szögtől függő tényező | |
| M_{ki} | az i-dik gázkomponens molekulasúlya | |
| m_{ki} | az i-dik gázkomponens móltörtje | |
| γ_{ki} | az i-dik gázkomponens fajsúlya | kg/m^3 |
| γ_k | a gázkeverék fajsúlya | kg/m^3 |
| μ_{ki} | az i-dik gázkomponens dinamikus viszkozitása | kg/ms |
| μ_k | a gázelegy dinamikus viszkozitása | kg/ms |
| z_{ki} | az i-dik gázkomponens dinamikus viszkozitása | cP |
| z_k | a gázelegy dinamikus viszkozitása | cP |

15. 1 táblázat folytatása

| jele | jelentése | dimenziója |
|---------------------|---|--|
| z_{oki} | az i-dik gázkomponens állandója | |
| C_{pki} | az i-dik gázkomponens molekuláris fajhője állandó nyomáson | kcal/kgC° |
| c_{pki} | az i-dik gázkomponens fajhője állandó nyomáson | kcal/kgC° |
| c_{pk} | a gázelegy fajhője állandó nyomáson | kcal/kgC° |
| c_{vki} | az id-ik gázkomponens fajhője állandó térfogaton | kcal/kgC° |
| c_{vk} | a gázelegy fajhője állandó nyomáson | kcal/kgC° |
| P_k | nyomás | kp/m ² , [mm v ₀] |
| ϑ_{kin} | a gázelegy bemenő hőmérséklete | C° |
| ϑ_{kout} | a gázelegy kimenő hőmérséklete | C° |
| ϑ_{km} | a gázelegy középhőmérséklete állandósult állapotban | C° |
| $\Delta\vartheta_k$ | a gázelegy középhőmérséklete és a fal középhőmérséklete közötti különbség | C° |
| w_k | a gázkeverék sebessége | m/s |
| q_k | térfogatsebesség | Nm ³ /s |
| α_k | a gázelegy hőátadási tényezője | kcal/m ² sC° |
| λ_k | a gázelegy hővezetési tényezője | kcal/msC° |
| β_k | a gázelegy hőtágulási együtthatója | |
| Re_k | a Reynolds-féle szám | |
| Nu_k | a Nusselt-féle szám | |
| Pr_k | a Prandtl-féle szám | |
| Gr_k | a Grashof-féle száma | |

A $k=1$ a meleg oldalra, a $k=2$ a hideg oldalra a w index a fal középhőmérsékletén kiszámított jellemzőre vonatkozik.

Bevezettünk egy A változót, amelynek tiz értéket adtunk. Ezek jelentése egyenként;

- A=1 egyenáramu hőcserélő
 A=2 ellenáramu hőcserélő
 A=3 keresztáramu hőcserélő egyenárammal soros csőelrendezéssel az áramló közeg levegő
 A=4 keresztáramu hőcserélő ellenárammal soros csőelrendezéssel az áramló közeg levegő
 A=5 keresztáramu hőcserélő egyenárammal váltakozó csőelrendezéssel az áramló közeg levegő
 A=6 keresztáramu hőcserélő ellenárammal váltakozó csőelrendezéssel az áramló közeg levegő
 A=7 u.a. mint 3, de az áramló közeg gáz
 A=8 u.a. mint 4, de az áramló közeg gáz
 A=9 u.a. mint 5, de az áramló közeg gáz
 A=10 u.a. mint 6, de az áramló közeg gáz

A program a következő összefüggéseket értékeli ki:

$$y = \frac{273}{22,4 \cdot 10330}, \quad (15.59)$$

$$Mm_i = M_i m_i, \quad (15.60)$$

$$S_z = \sum_i Mm_i, \quad (15.61)$$

$$U = 10000, \quad (15.62)$$

$$g_m = \frac{g_{in} + g_{out}}{2}, \quad (15.63)$$

$$\gamma = \frac{y \cdot S_z \cdot p}{273 + g_m}, \quad (15.64)$$

$$C_{pi} = x_{0i} + g_m (x_{1i} + g_m x_{2i}), \quad (15.65)$$

$$\gamma_i = \frac{y M_i p}{273 + \vartheta_m} , \quad (15.66)$$

$$\varepsilon_i = \frac{\gamma_i}{\gamma} m_i , \quad (15.67)$$

$$c_p = \sum_i \frac{C_{pi}}{M_i \varepsilon_i} , \quad (15.68)$$

$$c_v = \sum_i \frac{C_{pi} - 1,985}{M_i \varepsilon_i} \quad (15.69)$$

$$k = \frac{c_p}{c_v} , \quad (15.70)$$

$$E = 2,25k - 1,25, \quad (15.71)$$

$$Pr = k/E, \quad (15.72)$$

$$z_i = z_{oi} \frac{273 + C_i}{273 + C_i + \vartheta_m} \left(\frac{273 + \vartheta_m}{273} \right)^{1,5} , \quad (15.73)$$

$$SZ = \sum_i \frac{M m_i}{z_i} , \quad (15.74)$$

$$z = \frac{Sz}{SZ} , \quad (15.75)$$

$$\mu = z \cdot 10^{-3} \quad (15.76)$$

$$\lambda = Ec_v \mu, \quad (15.77)$$

$$D_{ekv} = \begin{cases} \frac{4F_k}{K} , & \text{ha } s=1, \\ d, & \text{ha } s=2, \end{cases} \quad (15.78)$$

$$w = \frac{273 + \vartheta_m}{273} \frac{q}{F_k} \frac{10330}{p} , \quad (15.79)$$

$$Re = \frac{\gamma D_{ekv} w}{z} 1000, \quad (15.80)$$

$$\Delta \vartheta = \left| \vartheta_m - \vartheta_{wm} \right|, \quad (15.81)$$

$$Gr = \frac{9,81 D_{ekv}^3 \gamma^2 \beta \Delta \vartheta}{\mu^2}, \quad (15.82)$$

$$\left(Sz = Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_w} \right)^{0,25} \right), \quad (15.83)$$

Ha $A=1$ vagy $A=2$ akkor, ha

$10 \leq Re < 2300$, akkor

$$Nu = 0,15 Re^{0,33} Gr^{0,1} Sz, \quad (15.84)$$

ha $2300 \leq Re < 10^4$, akkor

$$Nu = \left[RE_0 + Re \left(RE_1 + Re \cdot RE_2 \right) \right] Sz, \quad (15.85)$$

ha $Re \geq 10^4$, akkor

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Sz, \quad (15.86)$$

Ha $A=3$ vagy $A=4$, akkor

$$Nu = 0,21 \varepsilon_{\varphi} Re^{0,65} \quad (15.87)$$

Ha $A=5$ vagy $A=6$, akkor

$$Nu = 0,37 \varepsilon_{\varphi} Re^{0,6} \quad (15.88)$$

Ha $A=7$ vagy $A=8$, akkor

$$Nu = 0,23 \varepsilon_{\varphi} Re^{0,65} Pr^{0,33} \left(\frac{Pr}{Pr_w} \right)^{0,25} \quad (15.89)$$

Ha $A=9$, vagy $A=10$, akkor

$$Nu = 0,41 \varepsilon_{\varphi} Re^{0,6} Pr^{0,33} \left(\frac{Pr}{Pr_w} \right)^{0,25} \quad (15.90)$$

$$\alpha = \frac{\lambda Nu}{D_{ekv}}, \quad (15.91)$$

$$q = q \frac{273 + \vartheta_m}{273} \frac{10330}{p}, \quad (15.92)$$

$$a_0 = \alpha_2 f_2, \quad (15.93)$$

$$a_1 = 2c_{p2} \gamma_2 q_2, \quad (15.94)$$

$$a_2 = \alpha_1 f_1, \quad (15.95)$$

$$a_3 = 2c_{p1} \gamma_1 q_1, \quad (15.96)$$

$$e_1 = \frac{a_3 - a_2}{a_3 + a_2}, \quad (15.97)$$

$$e_2 = \frac{2a_2}{a_3 + a_2}, \quad (15.98)$$

Ha $A=2$, vagy 4 , vagy 6 , vagy 8 , vagy 10 , akkor

$$e_3 = \frac{a_1 + a_0}{a_1 - a_0}, \quad e_4 = -\frac{2a_0}{a_1 - a_0} \quad (15.99)$$

Ha $A=1$, vagy 3 , vagy 5 , vagy 7 , vagy 9 , akkor

$$e_3 = \frac{a_1 - a_0}{a_1 + a_0}, \quad e_4 = \frac{2a_0}{a_1 + a_0}, \quad (15.100)$$

$$e_5 = \frac{a_2}{2(a_2 + a_0)}, \quad (15.101)$$

$$e_6 = \frac{a_0}{2(a_2 + a_0)}, \quad (15.102)$$

$$a = 1 - e_2 e_5 - e_4 e_6, \quad (15.103)$$

$$A_{11} = \frac{e_1 + e_2 e_5 - e_1 e_4 e_6}{a}, \quad (15.104)$$

$$A_{12} = \frac{e_4 e_5 (1 - e_4 e_6 + e_1 + e_2 e_5)}{a}, \quad (15.105)$$

$$A_{21} = \frac{e_2 e_6 (1 + e_3)}{a}, \quad (15.106)$$

$$A_{22} = \frac{e_3 (1 - e_2 e_5) + e_4 e_6}{a}, \quad (15.107)$$

$$J_{1out} = A_{11} J_{1in} + A_{21} J_{2in}, \quad (15.108)$$

$$J_{2out} = A_{12} J_{1in} + A_{22} J_{2in}, \quad (15.109)$$

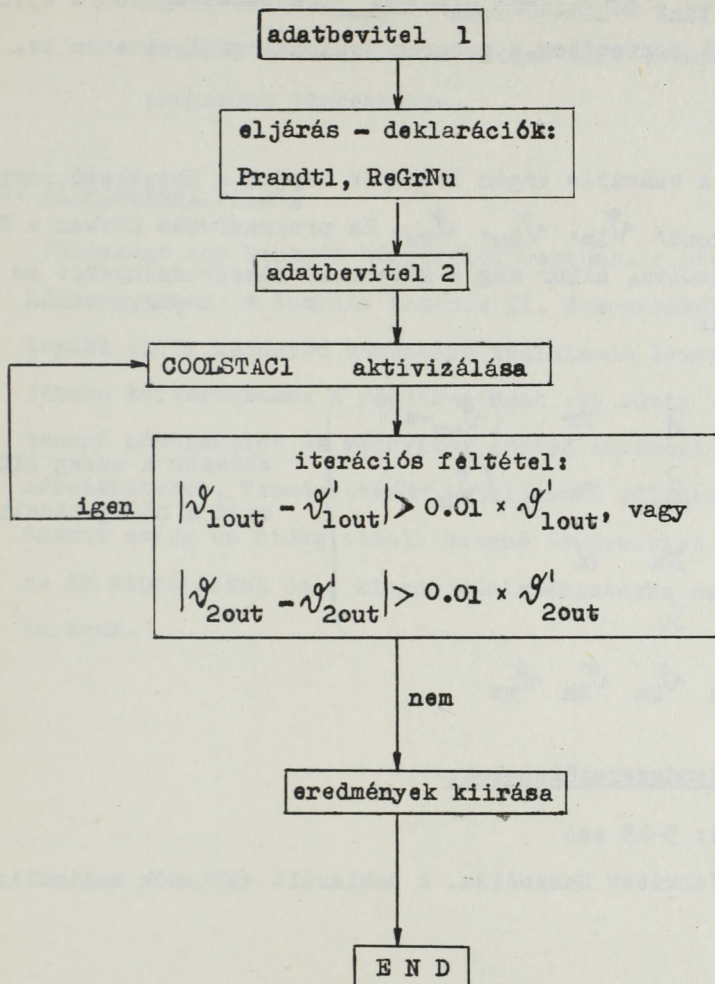
$$J_m = \frac{J_{in} + J_{out}}{2}, \quad (15.110)$$

$$J_{wm} = \frac{a_2 J_{1m} + a_0 J_{2m}}{a_2 + a_0}, \quad (15.111)$$

15.3. Programszerkezet és blokkdiagram.

A COOLSTAC1 blokk a kimenő hőmérsékletek v_{1out} , v_{2out} / közelítő értékének ismeretében iterációs eljárással számítja azok pontos értékét. A külső programblokkban írógépről kell megadni a következő adatokat:

q_1 , q_2 , v_{lin} , v_{2in} , v_{1out} , v_{2out} . Ez a rész olvassa be lyukszalagról a gázkomponensek számát. A belső programblokkban két eljárás /Prandtl, ReGrNu/ van deklarálva, amelyek a számítások lényeges részét végzik. Ezek a következő lényegesebb részeredményeket szolgáltatják: c_p , c_v , Pr ill. μ , λ , w , α , Re, Gr, Nu. A belső blokk elején kerülnek beolvasásra a lyukszalagon lévő adatok. A Prandtl eljárást először a falközéphőmérséklettel, majd pedig a középhőmérséklettel aktivizálja. Ezután a ReGrNu eljárást végzi ugyancsak a középhőmérséklettel. Az eljárásokat mind a meleg, mind a hideg oldalra elvégzi. A kapott eredmények felhasználásával kiszámítja a kimenő hőmérsékleteket. Ha ezek 1%-nál kevésbé térnek el az előzőleg számított kimenő hőmérsékletektől, akkor vége a számításnak. Az így kapott értékek a tényleges kimenő hőmérsékletek. /Írógépen kerülnek kiírásra/. A programba épített eljárás lehetővé teszi a részeredmények írógépen történő kiírását, ha a KB gomb be van kapcsolva. A program felépítése a 15.1. ábrán látható.



15.1. ábra. TEST COOLSTAC1 blokkdiagramja.

15.4. Adatbevitel.

A program elindítása után a következő adatokat kell írógépről megadni: q_1 , q_2 , ν_{1in} , ν_{2in} , ν_{1out} , ν_{2out} . A többi adatot a 15.2 táblázat szerinti sorrendben a program lyukszalagról olvassa be.

15.5. Eredményközlés.

Az eredményeket a számítás végén írógépen kapjuk a következő sorrendben: ν_{1out} , ν_{2out} , ν_{1m} , ν_{2m} , ν_{wm} . Ha programfutás közben a KB gomb be van kapcsolva, akkor még a következő részeredményeket is kiírja az írógépen:

| | | | | | |
|--------------|--------------|------------|------------|-----------------|---|
| c_p | c_v | γ | Pr | $(\nu_{wm}-el)$ | } először a meleg oldalra, majd a hideg oldalra is |
| c_p | c_v | γ | Pr | $(\nu_{km}-el)$ | |
| Re | Gr | Nu | α | | |
| w | μ | λ | | | |
| ν_{1out} | ν_{2out} | ν_{1m} | ν_{2m} | ν_{wm} | |

15.6. Időszükséglet. Rendszerszükséglet.

A számítás ideje: 5-15 sec

A blokk csak a ferritet használja. A deklarált változók maximális száma 700.

15.7. Programbizonylatok.

15.7.1. Programprotokoll. /lásd 40. melléklet/

15.7.2. Lyukasztási utasítás.

Az adatokat a GIER ALGOL-ból ismert szabályok szerint kell lyukasztani. Az adatokat egymástól vessző választja el.

15.7.3. Futtatási utasítás.

A program indítása előtt az adatszalagot RESET-el beadjuk, majd a programot a szokásos módon elindítjuk /ha a rész-

eredményeket is ki akarjuk iratni, akkor a KB gombot megnyomjuk/. Az írógépről megadható adatok jelét a gép kiírja. Az egyenlőségi jel után legépeljük a kívánt adatot, majd vesszőt ütünk stb. Az utolsó adat vesszője után a gép a programot végrehajtja.

15.8. Alkalmazási példa.

Példaként egy konkrét hőcserélőt vettünk. A hőcserélő a Szolnok-i **Kénsavgyárban** a kontakt kemence II. fokozatából érkező gázzal melegíti elő a kénégető kemencébe táplálendő levegőt. A hőcserélő kétjáratu keresztáramú. A példában csak egy adott meleg és hideg oldali bemenő hőmérséklet és mennyiség esetén határoztuk meg a kimenő hőmérsékleteket. Természetesen az eljárást különböző, egyenként változtatott meleg és hideg oldali bemenő hőmérséklet és mennyiség értékekre is kipróbáltuk és a kimenő hőmérsékletekre helyes eredményeket kaptunk.

A feladat megoldásához szükséges adatok a 15.2 táblázatban találhatóak.

15.2 táblázat

| jelölés | érték | dimenzió |
|-----------------------------------|--|------------------------|
| q_1 | 6,15 | Nm^2/s |
| q_2 | 5 | Nm^2/s |
| $\int_{\text{lin}}^{\text{v}}$ | 600 | C° |
| $\int_{\text{v}}^{\text{v}}$ 2in | 30 | C° |
| $\int_{\text{v}}^{\text{v}}$ 1out | 450 | C° |
| $\int_{\text{v}}^{\text{v}}$ 2out | 350 | C° |
| n | 4 | - |
| M | 32.00 64.06 80.06 28.02 | - |
| Z_0 | 0.0203 0.0117 0.0117 0.0170 | - |
| C | 131 396 396 114 | - |
| x_0 | 6.973519 9.298028 9.298028 6.958408 | - |
| x_1 | 0.000875 0.004832 0.004832 0.000071 | - |

15.2 táblázat
/folytatása/

| jelölés | érték | dimenzió |
|-----------------------|---------------------------------------|-------------------|
| x_2 | 0 0.000003 0.000003 0.000001 | - |
| RE | -13.434117 0.008272 -0.000001 | - |
| ε_φ | 1 | - |
| A | 10 | - |
| s_1 | 1 | - |
| s_2 | 1 | - |
| m_1 | 0.10 0.01 0.09 0.80 | - |
| d_1 | 0.057 | m |
| f_1 | 296.57 | m ² |
| K_1 | 8.96 | m |
| F_1 | 1.428 | m ² |
| β_1 | 0.0036630037 | 1/C° |
| p_1 | 11430 | kp/m ² |
| m_2 | 0.21 0 0 0.79 | - |

15.2 táblázat
/folytatása/

| jelölés | érték | dimenzió |
|-----------|--------------|-------------------|
| d_2 | 0.051 | m |
| f_2 | 265.35 | m ² |
| K_2 | 8.20 | m |
| F_2 | 1.128 | m ² |
| β_2 | 0.0036630037 | 1/C ^o |
| p_2 | 12000 | kp/m ² |

A megfelelő adatszalg kiiratas a 41. mellékletben, az eredményszalg kiiratas a 42. mellékletben látható.

16. TEST SORBSTAC1: Eljárás abszorberek egyensúlyi állapotának számítására.

A program abszorberek, szárítók, gázmosók stb. egyensúlyi hőmérsékleteit és az anyagáramok vegyi összetételét számolja. Mint ilyen szerves részét képezi a NETWORK2 eljárásnak.

16.1. A program matematikai leírása.

A változók deklarációja.

Az abszorber esetében a bemenő paraméterek az áramló mennyiségek nyomásai, hőmérsékletei, bemeneti összetételei, tömegsebességei, a kimeneti paraméterek pedig ugyanezen jellemzők kimeneti értékei.

A feladat megoldásához az abszorpciós torony hőmérsékleteloszlását és koncentrációeloszlását kell számítanunk a hossz mentén és eredményként az egész eloszlást pontonként megadni. A jelen esetben nincs szükségünk az egész eloszlásra, így csak az oszlop alján, az $l=0$ és a tetején az $l=L$ hosszértéknél adjuk meg az eredményeket. Az abszorber számításakor nemcsak az anyagátadás, hanem a hőcsere differenciálegyenleteit is meg kell oldanunk, mert a hőmérséklet a legtöbb esetben érzékenyen hat az abszorpcióra. Hőmérsékletváltozás pedig a hossz mentén majdnem mindig van, mert a szembeáramló közegek rendszerint különböző hőmérsékletűek, ezenkívül az elnyelési vagy esetleges reakcióhő is megváltoztatja a közeg hőmérsékletét.

A számítás alapegyenlete a kontinuitási egyenlet, amely a vezetést /diffúziót vagy hővezetést/ konvekciót, átadást /anyagátadást vagy hőátadást/ és forrást /anyag ill. hő keletkezése/ leíró tagokból áll.

A kontinuitási egyenlet általános alakja állandósult állapotban, csupán hosszirányu változást feltételezve:

$$D_l \frac{d^2 X}{dl^2} - \frac{d}{dl} (W X) + A + F = 0$$

ahol D_l a hossztengetymenti eloszlási tényező, /itt meg kell jegyezni, hogy a gyakorlati esetben a differenciálegyenlet vezetési tagja elhanyagolhatóan kicsiny, az itt felírt D_l az áramlás miatt fellépő turbulencia hatására keletkező hosszirányú keveredést jellemzi/ I az összetétel ill. hőmérséklet, W a tengelymenti sebesség, A az átadás, F a forrás, végül l tengelymenti hossz a független változó.

Feltételezve, hogy a nyomás, a hőmérséklet, a fajhő, a sűrűség állandó, és a kolonna adiabatikusan működik, a következő egyenletrendszert írhatjuk fel:

$$D_g C_{Pg} \rho_g \frac{d^2 t_g}{dl^2} - W_g \rho_g C_{Pg} \frac{dt_g}{dl} - \alpha (t_g - t_l) = 0$$

$$D_l C_{l} \rho_l \frac{d^2 t_l}{dl^2} + W_l \rho_l C_l \frac{dt_l}{dl} + \alpha (t_g - t_l) + \Delta H f_1 (C_g, C_l, t_l) = 0$$

$$D_g' \frac{d^2 C_g}{dl^2} - W_g \frac{dC_g}{dl} - f_1 (C_g, C_l, t_l) = 0$$

$$D_l' \frac{d^2 C_l}{dl^2} + W_l \frac{dC_l}{dl} + f_2 (C_g, C_l, t_l) = 0$$

Nem törekszünk ennek az egyenletrendszernek az általános megoldására, mert ez nagyon bonyolítaná a számítási programot.

Ehelyett azt a gyakorlatban nagyon elterjedt esetet tekintjük, amikor a gázból csak egy komponens megy át a folyadékba, és a diffúziós ellenállás fő részét a gázban tételezzük fel. Feltételezzük továbbá, hogy a folyadék koncentráció az abszorpció következtében csak nagyon kevésé változik meg. Ezek a feltételek egy sor egyszerűsítésre kínálnak alkalmat. Lehetővé válik a hőcsere és az abszorpció egyenleteinek egymásutáni megoldása.

A./ A hőcsere számítása.

Tekintve, hogy a hőcsere pontos számítása az abszorber működését illetően nem elsőrendűen fontos, a következő egyszerűsítéseket tesszük:

a./ Az axiális keveredést elhanyagoljuk és dugattyuszerű mozgást tételezünk fel.

b./ Az abszorpciót és az esetleges velejáró reakciót kísérő hőfejlődést a koncentrációeloszlás közelítő exponenciális függvényeként írjuk fel.

Itt a bizonytalanság a kimeneti gázösszetétel becslésében van, ez viszont a hőfejlődés szempontjából már nem okoz nagy relatív hibát, hiszen a kimeneti összetétel rendszerint jóval kisebb a bemenetnél.

Igy a hőcserére írhatjuk:

$$-q_{g0} C_{pg} W_{g0} \frac{dt_g}{dl} - \alpha_{gl} (t_g - t_l) = 0$$

$$q_l C_l W_l \frac{dt_l}{dl} + \alpha_{gl} (t_g - t_l) + \Delta H K_3 \min e^{-z l} = 0$$

A megoldandó egyenletrendszer peremérték feladatra vezet, mert a bemeneti hőmérsékletek az oszlop elején a gáz, a végén pedig a folyadék részére ismertek.

A perem-feltétel tehát:

$$l = 0 \quad t_g = t_{gin}$$

$$l = L \quad t_l = t_{lin}$$

A megoldáskor keressük az

$$l = 0 \quad t_l = t_{lout}$$

$$l = L \quad t_g = t_{gout}$$

értékeket.

Az egyenletben szereplő konstansokat adatszalagról adjuk be, részben kiszámítjuk. Az adatszalaghoz szükséges paramétereket külön helyen soroljuk fel. Az olyan állandók számításakor, amelyek a hőmérséklettől vagy az összetételtől függenek, becslést alkalmazunk.

Az egyes állandók kiszámítása a következőképpen történik.

A W_{g0} -t, a normál állapotú gáz sebességét az átlagos térfogatsebesség és az oszlop keresztmetszetének hányadosaként kapjuk:

$$w_{g0} = \frac{4Q_{ga}}{\pi D^2}$$

$$\text{ahol } Q_{ga} = \left(1 - \frac{\text{min} - \text{mout}}{2} \right) Q_g$$

a folyadéksebesség hasonlóan

$$w_l = \frac{4Q_l}{\pi D^2}$$

a gáz sűrűsége normál állapotban

$$\rho_{g0} = \frac{1}{22.41} \sum_{i=1}^K m_i M_i$$

a gáz-komponensek viszkozitása a Sutherland-képlettel

$$z_i = z_{0i} \frac{C_1 + 273}{C_1 + 273 + k_1 t_{gin}} \left(\frac{k_1 t_{gin} + 273}{273} \right)^{1.5}$$

ahol k_1 tényezővel állítjuk elő a t_{gin} -ből a feltételezett gáz középhőmérsékletét.

Az eredő viszkozitás

$$\frac{1}{z_g} = \sum_{i=1}^K \frac{m_i M_i}{z_i}$$

Az anyagátadási együtthatót

$$K_g = A w_{ga}^{0.8} \frac{1}{M_{ind}}$$

alakban adjuk meg felületegységre számolva, ahol az átlagos gázsebesség

$$w_{ga} = w_{g0} \frac{10330}{p} \frac{273 + k_1 t_{gin}}{273}$$

Az anyagátadási együtthatót átszámítjuk térfogategységre és egyuttal olyan alakra, hogy a hajtóerőt moltörtben adhassuk meg:

$$K_3 = K_g \frac{P}{10330} 760 \text{ } \overline{6}$$

A közelítő exponenciális eloszlási függvény argumentumának együtthatóját a bemeneti és a feltételezett kimeneti gázkoncentrációból számítjuk:

$$z = \frac{\ln \frac{m_{in}}{m_{out}}}{L}$$

A térfogategységre számított hőátadási együttható $\alpha_{gl} = \overline{6} \omega$ amelyben ω felületi hőátadási együtthatót a Zsavoronkov - Furner által adott összefüggésekből számítjuk [3] a következőképpen:

$$\text{A töltet ekvivalens átmérője } d_e = \frac{4 V_f}{\overline{6}}$$

$$\text{A gáz Prandtl-száma } Pr_g = \frac{3600 C_p 10^{-3}}{\lambda_g \frac{1}{z_g}}$$

$$\text{A gáz Reynolds-száma } Re_g = \frac{4 W_{g0} \rho_{g0} 10^3}{\overline{6}} \frac{1}{z_g}$$

$$\text{A folyadék Reynolds-száma } Re_l = \frac{4 L_l}{\overline{6} z_l}$$

$$\text{ahol } L_l = \frac{4 Q_l \rho_l}{\pi D^2} \text{ az öntözés intenzitása.}$$

$$\text{A Kirpicsev-szám } Ki = 10^{-3} Re_g^{0.7} Re_l^{0.7} Pr_g^{0.33}$$

$$\text{Végül } \omega = \frac{Ki \lambda_g}{3600 d_e} k_2$$

amelyben k_2 az esetleges korrekcióra alkalmas, ha $k_2 = 1$ -nél számított ω eltérne a helyes értéktől /esetleges mérések vagy tapasztalat alapján/.
A gáz és a folyadék kimeneti hőmérsékletének ismeretében meghatározzuk a

logaritmikus átlaghőmérsékleteket.

$$t_{ga} = \frac{t_{gin} - t_{gout}}{\ln \frac{t_{gin}}{t_{gout}}}$$

$$t_{la} = \frac{t_{lin} - t_{lout}}{\ln \frac{t_{lin}}{t_{lout}}}$$

A Clausius - Clapeyron képlettel kiszámítjuk a folyadék bemeneti és feltételezett kimeneti összetételéhez a be- és kimeneti hőmérsékletéhez tartozó egyensúlyi gáztenziót,

$$p_{gin} = 10 \left(B_1 - \frac{C_1}{273 + t_{lout}} \right)$$

$$p_{gout} = 10 \left(B_2 - \frac{C_2}{273 + t_{lin}} \right)$$

Ezután rátérhetünk az összetétel számítására.

B./ Az összetétel számítása.

Élve azzal az egyszerűsítési lehetőséggel, ami a csekély folyadékösszetétel változásból származik, csupán a gázfázisra írjuk fel az anyagátadási egyenletet. A hajtóerő kifejezésében levő egyensúlyi parciális nyomást az eddigiekhez hasonlóan exponenciálisan közelítjük. Az így elkövetett hiba a folyadékösszetétel kis változása miatt elhanyagolható. Az oszlop tetején pedig, ahol a tévesen megadott egyensúlyi nyomás már erősebben hatna a kilépő gáz összetételére, ugyanis pontosan ismerjük a folyadékösszetételt, és így az egyensúlyi nyomást is.

A kilépő gázösszetételre megoldandó differenciálegyenletet molarányban megadott koncentráció-változóval írjuk fel:

$$K_a \frac{d^2 y}{dl^2} - W_{ga} \frac{dy}{dl} - K_1 \frac{y}{y+1} + K_2 p_{ein} e^{-r'l} = 0$$

Az egyenletben ismeretlen a K_a axiális keveredési együttható. Számítására

megbízható összefüggés ma még nem áll rendelkezésre. Értékét becsléssel lehet meghatározni az irodalomban [13], [14], [15] adott peremfeltételek segítségével - tekintve, hogy a fenti egyenlet is peremérték feladatra vezet. A peremfeltétel szerint az $l = 0$ helyen úgy kell megválasztani a $\left(\frac{dy}{dl}\right)_{l=0}$ differenciálhányadost, hogy az $l = L$ helyen $\left(\frac{dy}{dl}\right)_{l=L} = 0$ legyen. Az $l = 0$ helyen, feltételezve, hogy a kolonnán kívül a K_a elhanyagolhatóan kicsiny, fennáll a következő összefüggés:

$$K_a \left(\frac{dy}{dl}\right)_{l=0} - w_{ga}(y_0 - y_{in}) = 0$$

Ez az összefüggés fejezi ki azt a koncentrációugrást, amely a bemeneten jelentkezik a hosszirányú keveredés miatt. A számításához meg kell adni az y_0 értékét - irodalmi adat, mérés, vagy tapasztalat alapján - azután a $\left(\frac{dy}{dl}\right)_{l=0}$ differenciálhányadosnak kezdő értéket adva kiszámítani K_a -t. Ezután megoldható a differenciálegyenlet. Az eljárást addig ismételjük, amíg az oszlop tetejére vonatkozó feltétel nem teljesül. A gyakorlatban nullának tekinthetjük a kimeneti differenciálhányadost, ha a lineárisnak vett eloszlás meredekségének ezredrészére csökken.

$$0 \geq \left(\frac{dy}{dl}\right)_{l=L} \geq -10^{-3} \frac{y_0}{L}$$

Az egyenlet többi konstansát részben már kiszámítottuk. Az anyagátadási tényezőket a molarányra történt áttéréskor át kellett számítani.

$$I_{gy} \quad K_1 = \eta K_3 \frac{22.41}{1-\min} \frac{10330}{p} \frac{273 + t_{ga}}{273}$$

amelyet moltörttel szorzunk $\left(\frac{y}{1+y} = m\right)$ és

$$K_2 = \eta K_g \frac{22.4}{1-\min} \frac{10330}{p} \frac{273 + t_{ga}}{273} k_3$$

amelyet az egyensúlyi parciális nyomással kell szorozni. Itt k_3 értéke

1 vagy 0 attól függően, hogy számolunk-e az egyensúlyi nyomással vagy elhanyagoljuk.

A η a hatásfokot jelenti. Sok esetben ugyanis olyan adat áll rendelkezésre, amely megadja az anyagátadási tényezőt a folyadékösszetétel és hőmérséklet több értékére. Ezek közül valamelyiket felhasználva, a hőmérséklet változását a hatásfokkal lehet figyelembevenni. Az üzemi átlagos folyadékösszetételnél közelítő függvényt kell szerkeszteni a következő séma szerint:

$$\eta = a + b (t_{\lambda a} - t_{\lambda 0})^c + d (t_{\lambda a} - t_{\lambda 0})^e$$

Az állandókat adatszalagon adjuk be. A $t_{\lambda 0}$ a viszonyítási hőmérséklet, amelyen az anyagátadási együtthatót megadtuk.

Az egyensúlyi parciális nyomás eloszlását a már kiszámított gáztenziókból és a bemeneti és kimeneti folyadékösszetételnél megadott moltipörttekből lehet számolni.

$$P_{e\text{in}} = P_{g\text{in}} m_{e\text{out}}$$

$$P_{e\text{out}} = P_{g\text{out}} m_{e\text{in}}$$

$$r = \frac{\ln \frac{P_{e\text{in}}}{P_{e\text{out}}}}{L}$$

A differenciálegyenlet megoldása előtt a bemeneti gázösszetételt moltipörttől molarányra kell átszámítani, a megoldás után pedig az eredményt moltipörttre

$$y_{\text{in}} = \frac{\text{min}}{1 - \text{min}}$$

$$m_{\text{out}} = \frac{y_{\text{out}}}{1 + y_{\text{out}}}$$

Végül a gázösszetételt ismerve felírhatjuk a kimeneti folyadékösszetétel kifejezését:

$$q_{\text{lout}} = \frac{Q_L q_{\text{lin}} \rho_L + Q_G M_L (\text{min} - \text{mout}) k_4 / 22.41}{Q_L \rho_L + Q_G M_{\text{ind}} (\text{min} - \text{mout}) / 22.41}$$

ahol k_4 sztöchiometriai együttható, értéke többnyire 1.

Megjegyzések a modell használatához.

Az eredményt pontosabbá lehet tenni, ha a kezdetben becsléssel megá-
laptított paraméterek értékét az első számítás után az eredményekkel he-
lyettesítve újra futtatjuk a programot. Ez azonban valószínűleg nem hoz-
na lényeges változást, s elég sok időt venne igénybe.

Bizonytalanság mutatkozik az átadási tényezők számítás útján való
meghatározásakor. Könnyen előfordulhat, hogy a kapott eredmény nem egye-
zik a mérési adatokkal. Ez természetes, hiszen az összefüggések maguk is
csak közelítések, azonkívül pedig a bennük szereplő legfontosabb tényező
-a σ fajlagos felület- a valóságban nem ismerhető pontosan. Ezért meg
van rá a lehetőség, hogy a hőátadási együtthatót k_2 változtatásával,
az anyagátadási együtthatót σ változtatásával jobban illesszük esetleges
mérési eredményhez.

Ideális volna olyan - tisztán csak technológiai jelentőségű - prog-
ramok készítése, amelyek a mért eloszlásfüggvényből számítanak ki a dif-
ferenciálegyenletek állandóit.

Tekintettel arra, hogy a stacionárius üzemet számító program elsősor-
ban azért készült, hogy a dinamikus állapot leírásához alapot nyújtson,
erre a célra az így elérhető pontosság is elégnek tűnik.

Az eljárásban deklarált változókat a 16.1 táblázat tartalmazza.

16.1 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|-------------|---|------------|
| K | komponensek darabszáma | - |
| ind | az abszorbeálandó komponens sorszáma | - |
| M_{ind} | -"- "-"- molsulya | - |
| min | -"- "-"- moltipörtje a bemenetnél | - |
| Q_g | a beáramló gáz térfogatsebessége | Nm^3/s |
| Q_l | -"- folyadék "-"- | m^3/s |
| Q_{ga} | a gáz átlagos "-"- | Nm^3/s |
| moutl | a feltételezett kimeneti gázösszetétel /moltipört/ | - |
| W_{g0} | a normálállapotú gáz sebessége /az üres oszlop keresztmetsze- tére vonatkoztatva/ | m/s |
| W_l | a folyadék sebessége /az üres oszlop keresztmetsze- tére vonatkoztatva/ | m/s |
| D | az oszlop átmérője | m |
| d | a töltet átmérője | m |
| L | az oszlop magassága | m |
| m_i | gázkomponensek moltipörtje | - |
| M_i | -"- molsulya | - |
| ρ_{g0} | a normálállapotú gáz sűrűsége | kg/Nm^3 |
| Z_i | gázkomponensek dinamikus viszkozitása | cP |
| Z_g | a gáz eredő viszkozitása | cP |
| C_i | Sutherland féle állandó | - |
| W_{ga} | a gáz átlagos sebessége | m/s |
| p | a gáz abszolút nyomása | kp/m^2 |
| t_{gin} | a gáz bemeneti hőmérséklete | C° |
| k_l | állandó a feltételezett átlagos gázhő- mérséklet képzésére | - |

16.1 táblázat

/folytatás/

| jele | jelentése | dimenziója |
|---------------|--|-------------------------------------|
| L_l | az öntözés intenzitása | $\text{kp/m}^2\text{s}$ |
| de | az ekvivalens töltetátmérő | m |
| V_f | a fajlagos szabad térfogat | m^3/m^3 |
| σ | a töltet fajlagos felülete | m^2/m^3 |
| Re_g | a gáz Reynolds-száma | - |
| Pr_g | a gáz Prandtl-száma | - |
| Ki | a gáz Kirpicsev-száma | - |
| ρ_l | a folyadék sűrűsége az üzemi átlaghőmérsékleten | kg/m^3 |
| λ_g | a gáz hővezetőképessége | $\text{kcal/m}^0\text{C}^0$ |
| Z_l | a folyadék viszkozitása | cP |
| ω | hőátadási tényező | $\text{kcal/m}^2\text{C}^0\text{s}$ |
| k_2 | korrekciós tényező amellyel a program által számított hőátadási tényezőt megváltoztathatjuk, ha értéke a tapasztalati adatoktól eltér./Különben $k_2 = 1/$ | - |
| Ka | hosszanti keveredési tényező | - |
| α_{gl} | térfogati hőátadási tényező | $\text{kcal/m}^3\text{s}$ |
| z | a közelítő koncentrációeloszlás kitevőjének szorzótényezője | - |
| A | az anyagátadási együttható szorzótényezője | - |
| K_g | anyagátadási együttható | $\text{kgmol/m}^2\text{s Torr}$ |
| K_3 | anyagátadási együttható | $\text{kgmol/m}^3\text{s}$ moltört |
| l | tengelyirányu távolság az oszlop aljától mérve | m |
| t_g | a gáz hőmérséklete az oszlop mentén | C^0 |
| t_l | a folyadék -"- -"- -"- | C^0 |

16.1 táblázat

/folytatás/

| jele | jelentése | dimenziója |
|--------------|--|------------|
| C_{pg} | a gáz fajhője állandó nyomáson | kcal/kg C° |
| C_l | a folyadék fajhője | kcal/kg C° |
| ΔH | abszorpciós hő | kcal/kgmol |
| t_{ga} | a gáz logaritmikus átlaghőmérséklete | C° |
| t_{la} | a folyadék "- "- | C° |
| P_{gin} | a folyadék feletti össznyomás $l = 0$ -nál | Torr |
| P_{gout} | "- "- "- $l = L$ -nél | Torr |
| B_1, C_1 | a Clausius-Clapeyron összefüggés állandói $l = 0$ -nál | - |
| B_2, C_2 | a Clausius-Clapeyron összefüggés állandói $l = L$ -nél | - |
| P_{ein} | egyensúlyi parciális nyomás a számított folyadék hőmérsékleten $l = 0$ -nál | Torr |
| P_{eout} | egyensúlyi parciális nyomás a számított folyadék hőmérsékleten $l = L$ -nél | Torr |
| m_{ein} | a folyadékösszetételhez tartozó egyen- súlyi gázösszetétel /moltörtben/ $l = 0$ -nál | - |
| m_{eout} | a folyadékösszetételhez tartozó egyen- súlyi gázösszetétel /moltörtben/ $l = L$ -nél | - |
| r | az egyensúlyi parciális nyomás hossz- menti közelítő eloszlásának kitevőté- nyezője | - |
| η | hatásfok | - |
| a, b, d, e | a hatásfok összefüggés állandói és kitevői | - |
| t_{l0} | az ismert hatásfokhoz tartozó folyadék- hőmérséklet | C° |

16.1 táblázat

/folytatás/

| jele | jelentése | dimenziója |
|------------|---|-------------|
| K_1 | anyagátadási együttható | l/s moltört |
| K_2 | "-" " | l/s Torr |
| k_3 | állandó az egyensúlyi nyomás figyelembevételére Ha elhanyagolható $k_3 = 0$ ha nem "-" $k_3 = 1$ | - |
| y_{in} | a bemeneti gázösszetétel molaránya | - |
| mout | a kimeneti számított gázösszetétel /moltört/ | - |
| y | a hossz mentén változó molarány | - |
| q_{lin} | a folyadék bemeneti összetételének sulytörtje | - |
| q_{lout} | a folyadék kimeneti összetételének sulytörtje | - |
| k_4 | sztoichiometria együttható a gázból átadott molok számából a folyadékban keletkező molok számának kiszámítására /általában $k_4 = 1/$ | - |
| M_l | a folyadékösszetételt meghatározó komponens molsulya | - |
| y_0 | a gáz molaránya az $l = + 0$ helyen | - |

16.2. Programszerkezet és blokkdiagram.

A program egy adatrendszer bevitelét és a SORBSTAC1 eljárás egyszeri aktivizálását végzi, valamint gondoskodik a részeredmények /KB gomb bekapcsolása esetén/ és a kimenő streamvektor komponenseinek kiiratásáról.

A SORBSTAC1 eljárás a hőmérsékletre, ill. az aktiv komponens moltörtjére vonatkozó differenciálegyenletek önállósága miatt két egymástól majdnem független részre bomlik. A kapcsolatot csak néhány közös konstans használata jelenti. Így az eljárás-törzs felépítése az alábbiakban ismertetett módon a legcélszerűbb.

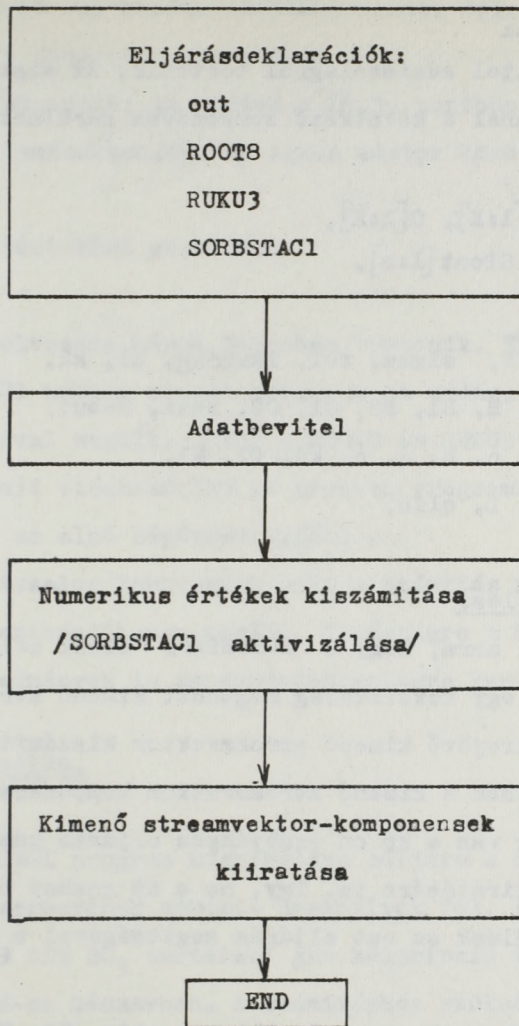
A legkülső blokkban deklaráltuk a bejövő, ill. a kimenő változókat. Ebben a blokkban történik az adatok behozatala, valamint a kiszámított értékek további felhasználás végett történő tárolása.

A tulajdonképpeni számítást végző blokk - amelyet a COUNT címke jelöl - tartalmazza a mindkét alblokkjában /TEMP és COMP címkével jelölt blokkok/ egyaránt használt konstansok, ill. munkarekeszek deklarációját.

A TEMP blokk a saját, ill. a két blokk közös konstansainak számítását, a COMP blokk csak a saját konstansainak számítását végzi, természetesen a differenciálegyenlet rendszer megoldásán kívül. Ennek menete mindkét blokkban - jellegére nézve - azonos.

A differenciálegyenlet rendszer egy másodrendű differenciálegyenletből származik. Megoldását nehezíti, hogy a határfeltételek csak szétválasztva ismertek, azaz az egyik változóra /maga a függvény/ nézve az intervallum egyik végén, a másik változóra /derivált/ nézve az intervallum másik végén. A megoldás egy gyökkereső eljárás /ROOTS/ segítségével történik, amelynek független változója az ismeretlen határfeltétel függvényértéke, és amelyet addig iterál, - a regula falsi módszerrel, - amíg a differenciálegyenlet integrációja /Runge - Kutta módszer/ ezen határfeltétel mellett az intervallum végén az ismert függvényértéket adja.

A program blokkdiagramja a 16.1. ábrán látható.



16.1. ábra. TEST SORBSTAC1 blokkdiagramja.

16.3. Adatbevitel.

Az adatbevitel adatszalaiagról történik. Az adatszalaiagra a TEST SORBSTAC1 programnál a következő sorrendben kerülnek az adatok:

K, FSN, s,

M[1:K], zO[1:K], C[1:K],

STin[1:s], STout[1:s],

STN[1:2],

tlin, kl, Vf, sigma, rol, lambdag, Z1, k2,

A, cpg, cl, H, B1, B2, C1, C2, mein, meout,

k3, a, t10, c, b, d, e, k4, Q1, M1,

yO, ind, D, L, qlin,

16.4. Eredményközlés.

Tekintettel arra, hogy a SORBSTAC1 blokk célja adott bemenő streamvektor- és egy közelítőleg megadott kimenő streamvektor - esetén a ténylegesen létrejövő kimenő streamvektor kiszámítása, a számítás eredményei közül csak a kimenő streamvektor komponenseit iratjuk ki. Emellett lehetőség van a kb on szabványos eljárás használatával az egyes részeredmények kiiratására is. Így, ha a KB gombot benyomjuk, az eredményszalaiagra kerülnek az out eljárás segítségével a következő értékek is:

alfagl, Kg, Ki, Reg, tl, tg, y2, tlin, r, eta, K1, K2, y, dy, qlout

16.5. Korlátozások. Időszükséglet. Rendszerszükséglet.

A program dobmemóriát használ. Futtatási idő 5 - 10 perc.

16.6. Programbizonylatok.

16.6.1. Programprotokoll. /lásd 43. melléklet/

16.6.2. Lyukasztási utasítás.

Programlyukasztás: tekintve, hogy a program használja a ROOT8 és RUKU3 standard eljárásokat, a procedure SORBSTAC1 előtt a programba lyukasztandó egy STOP CODE,

egy END CODE és egy hosszú SPACE-sorozat. /pl. 50 db/, majd folytatódik a program lyukasztása.

Adatszalglyukasztás: Az adatok a 16.3. pontban leírt sorrendben egymás után lyukasztandók. Az egyes adatok között vessző van.

16.6.3. Gépi menet. Futtatási utasítás.

A program beolvasása három lépésben történik. Először a TEST SORBSTAC1 szalag elejét olvassuk be addig, amíg az írógépen pause kiírásával megáll. Ekkor a ROOT8 és RUKU3 eljárásokat kell beolvasni. Majd visszatérünk az eredeti programra, amit ott folytatunk, ahol az első lépésben megállt.

Végül az adatszalg beolvasása után a számítás megindul. A futás végén a gép automatikusan megáll. Kivánságra a KB gomb lenyomásával a részeredmények is az eredményszalagra kerülnek.

16.7. Alkalmazási példa.

A TEST SORBSTAC1 program kipróbálása céljára a Szolnoki Kénsavgyár SO_3 abszorberének adatait használtuk fel. Az abszorberben a beáramló /9 tf% SO_3 tartalmu/ gáz kéntrioxid tartalmát nyeletik el 98,3 %-os kénsavban. A számításhoz szükséges adatokat a 16.2 táblázatban adjuk meg.

A megfelelő adatszalg kiiratása a 44. mellékletben, az eredményszalg kiiratása a 45. mellékletben található.

16.2 táblázat

| jelölés | érték | dimenzió |
|-----------|-----------------------|------------|
| ind | 3 | - |
| m_1 | 0.082 | - |
| m_2 | 0.002 | - |
| m_3 | 0.09 | - |
| m_4 | 0.826 | - |
| M_1 | 32.0 | - |
| M_2 | 64.06 | - |
| M_3 | 80.06 | - |
| M_4 | 28.02 | - |
| C_1 | 131 | - |
| C_2 | 396 | - |
| C_3 | 396 | - |
| C_4 | 114 | - |
| z_{01} | 2.03×10^{-2} | cP |
| z_{02} | 1.17×10^{-2} | cP |
| z_{03} | 1.17×10^{-2} | cP |
| z_{04} | 1.70×10^{-2} | cP |
| Q_g | 8.95 | Nm^3/s |
| Q_l | 0.0644 | m^3/s |
| moutl | 0.0008 | - |
| D | 4.16 | m |
| d | 0.08 | m |
| L | 4.57 | m |
| P | 10430 | kp/m^2 |
| t_{gin} | 200 | $^\circ C$ |
| t_{lin} | 60 | $^\circ C$ |
| k_1 | 0.65 | - |
| V_f | 0.75 | m^3/m^3 |
| \bar{c} | 75 | m^2/m^3 |
| ρ_l | 1790 | kg/m^3 |

16.2 táblázat

/folytatás/

| jelölés | érték | dimenzió |
|--------------------|------------------------|-------------|
| λ_g | 2.72×10^{-2} | kcal/m ó C° |
| Z_l | 4 | cP |
| k_2 | 1 | - |
| A | 4.72×10^{-5} | - |
| C_{pg} | 0.237 | kcal/kg C° |
| C_l | 0.343 | kcal/kg C° |
| ΔH | 3.257×10^4 | kcal/kgmol |
| $B_1=B_2=C_1=C_2$ | 1 | - |
| $n_{ein}=n_{eout}$ | 1 | - |
| k_3 | 0 | - |
| a | 0.995 | - |
| t_{l0} | 40 | C° |
| C | 1 | - |
| b | -4.18×10^{-4} | - |
| d | 0 | - |
| e | 1 | - |
| k_4 | 1 | - |
| q_{lin} | 0.983 | - |
| M_l | 98.06 | - |
| y_0 | 0.085 | - |

17. TEST REACTSTAC1: Eljárás kénsavgyári reaktor egyensúlyi állapotjellemzőinek számítására.

Bevezetés

A program kéndioxidnak kéntrioxiddá való oxidálására szolgáló kontaktreaktor egyensúlyi hőmérsékleteinek ill. gázösszetételeinek számítását végzi, és mint ilyen, részét képezi a NETWORK2 eljárásnak.

A program önmagában egyetlen reaktorlépcső egyensúlyi állapotjellemzőit határozza meg, de szerkezete olyan, hogy tetszőleges számú lépcsőből álló reaktor állapotjellemzőit egyszerűen az eljárás többszöri ismétlésével állíthatja elő.

A reaktorlépcső matematikai modelljének megszerkesztéséhez, ill. a vegyi folyamatok kinetikájának leírásához a Boreszkov-féle koncepciót szolgált alapul. [12]

17.1. A program matematikai leírása. A változók deklarációja.

A katalizátorréteg folyamatmechanizmusának bázis adatrendszer.

I. Kontakt katalízis belépő oldal:

/Független változók/

a./ Gáz térfogatsebessége Nm³/ó

b./ Gázhőmérséklet C°

c./ Gázösszetétel

α./ SO₂ tartalom tf %

β./ O₂ tartalom tf %

d./ Konverzió /Az első katalizátorréteg belépő oldalán értelemszerűen zérus/.

II. A katalizátort elhagyó anyagáram jellemzői.

/Függő változók/

* A program matematikai modelljét Müller László dolgozta ki.

| | |
|-------------------------------|--------------------|
| a./ Gáz térfogatsebessége | Nm ³ /ó |
| b./ Gázhőmérséklet | C° |
| c./ Gázösszetétel /konverzió/ | |
| α./ SO ₂ tartalom | tf % |
| β./ O ₂ tartalom | tf % |
| γ./ SO ₃ tartalom | tf % |

III. A katalizátorrétegben lejátszódó folyamat meghatározásához szükséges egyéb paraméterek:

1./ Katalizátorréteg geometriai jellemzői:

| | |
|-------------------------------|---|
| a./ Reaktorátmérő | m |
| b./ Szabad térfogati tényező | |
| c./ Katalizátor rétegmagasság | m |

2./ A reakció egyensúlyi és kinetikai információi:

| | |
|-------------------------------|----------|
| a./ Egyensúlyi konverzió | |
| b./ Reakcióentalpia | kcal/mol |
| c./ Reakciókinetika egyenlete | |
| d./ Kinetikai állandó | |
| e./ Aktiválási energia | kcal/mol |

3./ A gázáram fizikokémiai paraméterei:

| | |
|--|-------------------|
| a./ Gázelegy össznyomása | atm |
| b./ Gázelegy fajsulya | kp/m ³ |
| c./ Gázelegy molhő ill.fajhő függvénye | kcal/kg C° |

Megjegyzendő, hogy a kilépő gázáram tulajdonságait meghatározó függvénykapcsolatok explicit alakja közvetlenül biztosítja a hőmérséklet, ill. konverzió helykoordináta függvények meghatározásának lehetőségét is.

A stacionárius állapot leíróegyenletének megszerkesztése a következő módon végezhető el:

- 1./ Meghatározzuk a tartózkodási idő függvényt a katalizátorrétegben.
- 2./ Felírjuk az egyensúlyi konverzió hőmérsékleti függését adott feltételekre zárt alakban.
- 3./ Számoljuk az adiabatikus reaktor hőmérlegéből a konverzióváltás-hőmérséklet összefüggést.

4./ Kiválasztjuk a megfelelő statikus kinetikai függvényt és behelyettesítjük a korábbiakban meghatározott függvénykapcsolatokat.

5./ A differenciálegyenletet valamilyen módszerrel megoldjuk.

Ezekután tekintsük a számítási részfeladatokat:

A tartózkodási idő alakulása a katalizátorrétegben.

Legyen T hőmérséklet x konverzió esetén az F felületű katalizátor dl vastagságú térfogatelemén áthaladó anyagáram q . Akkor a tartózkodási idő:

$$d\tau = \beta \frac{F}{q(x, T)} dl \quad /17.1/$$

Fejezzük ki a q értéket a q_0 normált belépő térfogati áram függvényében, akkor q -ra írhatjuk:

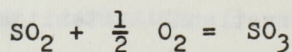
$$q = q_0 \left(1 - \frac{ax}{2} \right) \frac{273 + \mathcal{V}}{273} \quad /17.2/$$

a /17.1/ és /17.2/ -ből adódóan a tartózkodási idő differenciálegyenlete:

$$d\tau = \frac{F}{q_0 \left(1 - \frac{ax}{2} \right)} \frac{273}{273 + \mathcal{V}} dl \quad /17.3/$$

Az egyensúlyi konverzió számítása.

Az



reakció egyensúlyi állandója definíció szerint:

$$K = \frac{P_{SO_3}}{P_{SO_2} \sqrt{P_{O_2}}} \quad /17.4/$$

ahol:

$$K = f(T) \quad /17.5/$$

Az egyensúlyi konverzió pedig:

$$x_E = 1 - \frac{p_{SO_2}}{p^0_{SO_2}} \quad /17.6/$$

A /17.6/ egyenletből $p^0_{SO_2} = p_{SO_2} + p_{SO_3}$ helyettesítéssel

$$x_E = 1 - \frac{p_{SO_2}}{p_{SO_2} + p_{SO_3}} = \frac{p_{SO_3}}{p_{SO_2} + p_{SO_3}} \quad /17.7/$$

Fejezzük ki az egyensúlyi konverziót /17.7/ a nyomás és összetétel függvényében.

Legyen a gázelegy össznyomása p és a gázelegy kezdeti SO_2 tartalma a , az O_2 kezdeti mennyisége b .

Kifejezve az egyensúlyi O_2 parciális nyomást a konverzióváltozást kísérő térfogatkontrakciót figyelembevéve kapjuk:

$$p_{O_2} = p \frac{b - 0.5 ax_E}{100 - 0.5 ax_E} \quad /17.8/$$

Végül a /17.4/, /17.7/ és /17.8/ egyenletből adódik:

$$x_E = \frac{K}{K + \sqrt{\frac{100 - 0.5ax_E}{p(b - 0.5ax_E)}}} \quad /17.9/$$

A /17.9/ harmadfoku egyenlet kifejtésével a /17.10/ egyenletet kapjuk:

$$x_E^3 + x_E^2 \frac{K^2 ap + K^2 bp - 100}{0.5 a - 0.5 K^2 ap} - x_E \frac{0.5 K^2 ap + 2 K^2 bp}{0.5 a - 0.5 K^2 ap} + \frac{pb K^2}{0.5 a - 0.5 K^2 ap} = 0 \quad /17.10/$$

A /17.10/ egyenlet megoldását - célszerűen - a következő formában keressük:

$$x_E = \varphi(\mathcal{Y}); \text{ /konst } a, b, p \text{ mellett/} \quad /17.11/$$

Ehhez:

- 1./ Tschiruhaustranszformációval bizonyítottuk, hogy a /17.10/ egyenletnek egy valós gyöke van.
- 2./ Gyökközelítéssel módszerrel meghatároztuk a /17.11/ feltétel figyelembevételével a különböző \mathcal{Y} értékekhez tartozó gyököket.
- 3./ Az összetartozó \mathcal{Y} és x_E adatpárokból regressziós függvényt szerkesztettünk:

$$x_E = a_0 + a_1 \mathcal{Y} + a_2 \mathcal{Y}^2 + \dots \quad /17.12/$$

alakban. A figyelembe veendő tagok számát az:

$$\varepsilon = \frac{a_i \mathcal{Y}^i}{\sum_{n=1}^{i-1} a_n \mathcal{Y}^n} \leq 10^{-3} \quad /17.13/$$

egyenlőtlenség alapján határoztuk meg.

Az egyensúlyi konverzió-függvényeket a 17.1 táblázatban közöljük.

A katalizátorágy hőmérleg számítása.

A hőmérleg-számítás két alapvető feltételezést tartalmaz:

- a./ A reaktor termikusan izolált, így a falon keresztül hőforgalom nincs.
- b./ A katalizátorágy hőtartalom változása az áramló fluidum hőforgalmához viszonyítva elhanyagolható.

17.1 táblázat

| SO_2 tf% | O_2 tf% | $x_E = g(\%)$ | | |
|------------|-----------|------------------|---------------------|---|
| 7 | 10 | 0.2131324951 + | 0.0027961731 $\% -$ | 0.0000001732 $\%^2 -$ 0.0000000051 $\%^3$ |
| 7 | 12 | 1.3721221164 - | 0.0039196014 $\% +$ | 0.0000126082 $\%^2 -$ 0.0000000130 $\%^3$ |
| 7 | 14 | 0.6714195535 + | 0.0003118515 $\% +$ | 0.0000040475 $\%^2 -$ 0.0000000072 $\%^3$ |
| 9 | 8 | - 1.1966293380 + | 0.0112733841 $\% -$ | 0.0000168569 $\%^2 +$ 0.0000000055 $\%^3$ |
| 9 | 10 | - 0.2479267791 + | 0.0055685043 $\% -$ | 0.0000056475 $\%^2 -$ 0.0000000016 $\%^3$ |
| 9 | 12 | 0.1985536609 + | 0.0030975342 $\% -$ | 0.0000012796 $\%^2 -$ 0.0000000039 $\%^3$ |
| 11 | 6 | 1.0829614997 - | 0.0008010864 $\% +$ | 0.0000040755 $\%^2 -$ 0.0000000068 $\%^3$ |
| 11 | 8 | - 1.3043874279 + | 0.0122070313 $\% -$ | 0.0000192188 $\%^2 +$ 0.0000000073 $\%^3$ |
| 11 | 10 | 3.1133390516 - | 0.0130367279 $\% +$ | 0.0000283625 $\%^2 -$ 0.0000000222 $\%^3$ |
| 13 | 8 | - 1.5875564776 + | 0.0143661499 $\% -$ | 0.0000243988 $\%^2 +$ 0.0000000111 $\%^3$ |
| 13 | 9 | - 2.2027562261 + | 0.0175142288 $\% -$ | 0.0000297334 $\%^2 +$ 0.0000000143 $\%^3$ |
| 13 | 10 | - 0.1956564742 + | 0.0057621002 $\% -$ | 0.0000069141 $\%^2 -$ 0.0000000003 $\%^3$ |

A reaktorban időegység alatt felszabaduló hőmennyiség a konverzió differenciális megváltozása esetén:

$$dQ = \frac{aG}{100} H dx \quad /17.14/$$

A gáz hőmérsékletváltozása pedig:

$$d\mathcal{V} = \frac{dQ}{GC_p} = \frac{\gamma_{SO_2}}{\gamma_{gáz}} \frac{aH}{100 C_p} dx \quad /17.15/$$

ahol:

$$\begin{aligned} \gamma_{gáz} &= f_1(a, b) \\ C_p &= f_2(a, b, \mathcal{V}, x) \\ H &= f_3(\mathcal{V}) \end{aligned} \quad /17.16/$$

Vizsgáljuk a /17.15/és /17.16/ egyenleteket az egyszerűsítési lehetőségek figyelembevételével:

A moláris reakcióentalpia 450 - 600 C^o hőmérsékletintervallumban a következő:

| hőfok $\mathcal{V}/C^o/$ | reakcióentalpia Q /kcal/mol/ |
|-----------------------------|---------------------------------|
| 450 | 22.675 |
| 500 | 22.556 |
| 550 | 22.449 |
| 600 | 22.335 |

Az adott reakcióhő változása a kurens 450-600 C^o intervallumban nem nagy, így $\pm 1.5\%$ -on belüli eltérés tapasztalható csupán ha az 500 C^o-os értékkel számolunk, mint átlaggal. A reakcióhő kg SO₂-re vonatkoztatva

$$353 \text{ kcal/kg SO}_2$$

figyelembevételével, hogy:

$$\gamma_{SO_2} = 2.857 \text{ kp/m}^3$$

a /17.15/ egyenletből kapjuk:

$$d\mathcal{V} = 10.085 \frac{a}{\gamma C_p} dx \quad /17.17/$$

A kiindulási gázelegység fajsúlyát a következő adatok felhasználásával számoljuk:

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{SO}_2} &= 2.857 \text{ kp/m}^3 \\ \gamma_{\text{O}_2} &= 1.429 \text{ " } \\ \gamma_{\text{N}_2} &= 1.2506 \text{ " } \end{aligned} \quad /17.18/$$

$$\gamma = \frac{a\gamma_{\text{SO}_2} + b\gamma_{\text{O}_2} + (100-a-b)\gamma_{\text{N}_2}}{100} \quad /17.19/$$

Ebből:

$$\gamma = 1.2506 + (1.606a + 0.178) \cdot 10^{-2} \text{ kp/m}^3 \quad /17.20/$$

Az x konverzió esetén \mathcal{V} hőmérsékletű gázelegység fajhő meghatározásához a következő molhőfüggvényeket használjuk:

$$\begin{aligned} C_{p_{\text{O}_2}} &= 6.148 + 3.102 \cdot 10^{-3} T - 9.23 \cdot 10^{-7} T^2 \\ C_{p_{\text{SO}_2}} &= 6.147 + 13.844 \cdot 10^{-3} T - 91.03 \cdot 10^{-7} T^2 \\ C_{p_{\text{SO}_3}} &= 3.603 + 36.31 \cdot 10^{-3} T - 288.28 \cdot 10^{-7} T^2 \\ C_{p_{\text{N}_2}} &= 6.449 + 1.415 \cdot 10^{-3} T - 0.807 \cdot 10^{-7} T^2 \end{aligned} \quad /17.21/$$

A gázelegység molhőfüggvénye x konverzió esetén

$$\begin{aligned} C_p = \frac{1}{100-0.5ax} & \left[a(1-x) C_{p_{\text{SO}_2}} + ax C_{p_{\text{SO}_3}} + (b-0.5ax) C_{p_{\text{O}_2}} + \right. \\ & \left. + (100-a-b) C_{p_{\text{N}_2}} \right] \text{ kcal/kmol } C^\circ \end{aligned} \quad /17.22/$$

És a fajhő:

$$\bar{c}_p = \frac{1}{[\text{Ms}] \text{ átl.}} c_p \quad \text{kcal/kg } ^\circ\text{C} \quad /17.23/$$

Az átlagos molsúly pedig:

$$[\text{Ms}] \text{ átl.} = \frac{a(1-x)64.06 + ax80.06 + (b-0.5ax)32 + (100-a-b)28.01}{100 - 0.5 ax} \quad /17.24/$$

Ebből:

$$[\text{Ms}] \text{ átl.} = \frac{28.04 \cdot 10^2 + 36.05a + 3.996}{100 - 0.5 ax} \quad /17.25/$$

behelyettesítve a /17.23/ egyenletbe:

$$\bar{c}_p = \frac{1}{28.04 \cdot 10^2 + 36.05a + 3.996} \left[a(1-x) c_{p\text{SO}_2} + \dots c_{p\text{N}_2} \right] \quad /17.26/$$

Tekintsük a konverzió megváltozásának hatását a fajhőre; az x függő tagok:

$$ax c_{p\text{SO}_3} - ax c_{p\text{SO}_2} - 0.5 ax c_{p\text{O}_2} \quad /17.27/$$

Behelyettesítés után:

$$\pm \Delta = ax \cdot -5.618 + 20.915 \cdot 10^{-3} T - 192.645 \cdot 10^{-7} T^2$$

$$\mathcal{Y} = \text{max esetben } /T = 873 \text{ K}^\circ/$$

$$\frac{\pm \Delta}{\bar{c}_p} \sim \frac{2.05ax}{2.05ax + 3.65a + 768.2}$$

az $a = 10$ tf % tartományban a $\pm \Delta$ korrekció hatása $< 2 \%$

$$\mathcal{Y} = \text{min esetben } /T = 725 \text{ K}^\circ/$$

$$\frac{\pm \Delta}{\bar{c}_p} \sim \frac{0.527ax}{0.527ax + 2.15a + 688.6} \ll 2 \%$$

Ezzel bizonyítottuk, hogy a fajhő konverzió-függvénye $x = 0.5$ konverziónak megfelelő átlagértékkel helyettesíthető. Ez a változók szeparálása szempontjából előnyös:

A /17.26/ összefüggésből:

$$\bar{c}_p = \frac{1}{28.04 \cdot 10^2 + 36.05a + 3.99b} \left[6.449 \cdot 10^2 - 3.1105a - 0.301b + 10^{-3}T(1.415 \cdot 10^2 + 22.884a + 1.687b) - 10^{-7}T^2(0.807 \cdot 10^2 + 186.527a + 8.423b) \right] \quad /17.28/$$

Visszahelyettesítve a /17.17/ egyenletbe, adódik:

$$d\gamma_{C_p} = \frac{10.085a}{1.2506 + (1.606a + 0.178b)10^{-2}} dx \quad /17.29/$$

Abszolút hőmérsékletet bevezetve

$$T = 273 + \gamma$$

$$6.449 \cdot 10^2 - 3.1105a - 0.301b + 10^{-3}T(1.415 \cdot 10^2 + 22.884a + 1.678b) - 10^{-7}T^2(0.807 \cdot 10^2 + 186.53a + 8.423b) dT = \quad /17.30/$$

$$= \frac{10.085a(28.01 \cdot 10^2 + 36.05a + 3.99b)}{1.2506 + 10^{-2}(1.606a + 0.178b)} dx$$

De:

$$M = 6.449 \cdot 10^2 - 3.1105a - 0.301b$$

$$N = (22.884a + 1.678b + 1.415 \cdot 10^2) 10^{-3} \quad /17.31/$$

$$O = -(0.807 \cdot 10^2 + 186.53a + 8.423b) 10^{-7}$$

$$P = \frac{10.085a (28.01 \cdot 10^2 + 36.05a + 3.99b)}{1.2506 + 10^{-2} (1.606a + 0.178b)}$$

$$(M + NT + OT^2) dT = P dx \quad /17.32/$$

$$\int_{T_1}^T (M + NT + OT^2) dT = P \int_{x_1}^x dx \quad /17.33/$$

$$(T-T_1) \left[M + \frac{1}{2} N(T - T_1) + \frac{1}{3} O(T - T_1)^2 \right] = P /x-x_1/ \quad /17.34/$$

A /17.34/ egyenletet valamilyen közelítő módszerrel megoldjuk.

Legyen a megoldás sor alakú:

$$T = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots \quad /17.35/$$

szimbólikusan:

$$T = f(x) \quad /17.36/$$

A katalitikus oxidáció kinetikája.

Alkalmazzuk-első közelítésben - a Boreszkov-féle kinetikai egyenletet az oxidáció folyamatának leírására:

$$\frac{dc_{SO_3}}{d\tau} = K c_{O_2} \left(\frac{c_{SO_2} - c_{SO_2}^E}{c_{SO_3}} \right)^{0.8} \quad /17.37/$$

Helyettesítsük a koncentrációkat a kiindulási gázösszetétel és a konverzió figyelembevételével:

$$c_{SO_2} = a(1-x)$$

$$c_{O_2} = b - \frac{ax}{2} \quad /17.38/$$

$$c_{SO_3} = ax$$

$$c_{SO_2}^E = a(1-x_E)$$

Behelyettesítve a /17.37/ egyenletbe, adódik:

$$\frac{dx}{dt} = K \frac{(x_E - x)^{0.8}}{ax^{0.8}} \left(b - \frac{ax}{2} \right) \quad /17.39/$$

A tartózkodási idő /17.3/, valamint /17.39/ egyenletekből következnek:

$$\frac{ax^{0.8}}{K(x_E - x)^{0.8} \left(b - \frac{ax}{2} \right)} dx = \frac{\beta}{I \left(1 - \frac{ax}{2} \right)} \frac{273}{273 + \vartheta} dl \quad /17.40/$$

ahol $I = \frac{4q_0}{d^2 \pi}$ /áramsűrűség/.

Helyettesítsük be az egyensúlyi konverzió, valamint a hőmérség egyenleteket a /17.40/ egyenletbe. A sebességi állandó hőmérsékletfüggvénye a következő:

$$K = 4.88 \cdot 10^7 e^{-\frac{12900}{T}} \quad /17.41/$$

A /17.11/, /17.36/, /17.41/ behelyettesítésével a /17.40/ egyenletbe:

$$\frac{ax^{0.8} \left(1 - \frac{ax}{2} \right) f(x)}{4.88 \cdot 10^7 e^{-\frac{12900}{T(x)}} \left[\vartheta(x) - x \right]^{0.8} \left(b - \frac{ax}{2} \right)} dx = \frac{\beta}{I} 273 dl \quad /17.42/$$

És végül

$$\frac{a}{4.88 \cdot 10^7} \int_{x_1}^{x_L} \frac{x^{0.8} \left(1 - \frac{ax}{2} \right) f(x)}{e^{-\frac{12900}{T(x)}} \left[\vartheta(x) - x \right]^{0.8} \left(b - \frac{ax}{2} \right)} dx = \frac{273\beta}{I} \int_0^L dl \quad /17.43/$$

A katalizátorréteg folyamatmechanizmusának numerikus számítási programja.

A számítás bemenő adatai:

- a./ Gáz térfogatsebessége /normált/ q_0
b./ Gázhőmérséklet \mathcal{T}
c./ Térfogati összetétel $a : \text{SO}_2$
/x = 0 feltétel/ $b : \text{O}_2$
d./ Belépő konverzió x_1
e./ Katalizátorréteg felülete F
f./ Szabad térfogati tényező β
g./ Katalizátorréteg-vastagság L
h./ Gázelegy átlagos nyomása p

1./ Egyensúlyi konverzió számítása:

Szükséges adatok a; b; p

A 17.1 táblázat alapján megkapjuk az $x_E = \mathcal{S}(\mathcal{T})$ függvényt.

2./ A reakció konverzió-hőmérséklet összefüggés számítása.

Szükséges adatok a; b; x_{Be} ; T_{Be}

a./ Meghatározzuk, az

M; N; O; P értékeket

Behelyettesítünk a /17.34/ egyenletbe és kifejezzük a

$T = f(x)$ függvényt.

3./ Az $f(x) = 273 + \mathcal{T}$ függvényt visszahelyettesítjük az

$x_E = \mathcal{S}(\mathcal{T})$ egyenletbe, kapjuk az

$x_E = \mathcal{S}(x)$ függvényt.

4./ Behelyettesítjük a /17.43/ egyenletbe, az $f(x)$, ill. $\mathcal{S}(x)$ függvényeket és az egyenletet L rétegvastagságra megoldjuk, megkapjuk az

x_L konverziót.

5./ Az x_L értéket visszahelyettesítjük a /17.36/ $T = f(x)$ függvénybe, kapjuk a

T_L ill. \mathcal{T}_L értéket.

6./ A /17.43/ egyenlet általános integrálása szolgáltatja az

$$x_1 = f(\ell) \text{ függvényt.}$$

7./ Az $x_1 = f(\ell)$ függvényt a \mathcal{V} , ill. T változóra transzformálva a /17.36/ egyenlet alapján, kapjuk a

$$T = f(\ell)$$

hőmérséklet-helykoordináta függvényt.

Számítások eredményeként kapott értékek:

- | | |
|---|-------------------------|
| a./ Gáz térfogatsebessége | q_0 /konverziófüggő/ |
| b./ Gázhőmérséklet | \mathcal{V}_L |
| c./ Konverzió /gázösszetétel/ | x_L |
| d./ Konverzióváltozás helykoordináta függvény | $x = f(\ell)$ |
| e./ Hőmérséklet helykoordináta függvény | $\mathcal{V} = f(\ell)$ |

Megjegyzés: A REACTSTAC1 eljárásban a streamvektor komponensek dimenziója nem mindenütt egyezik a RES1 eljárásban szabványosított dimenziókkal, de ez nem okoz problémát, mert a REACTSTAC1 a nem szabványos dimenzióju változókat csak belső paraméterekként használja /q,p/.

A programban szereplő változók deklarációja a 17.2 táblázatban látható.

17.2 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|-------------|--|-------------------------|
| q_0 | gáz térfogatsebessége /normált/ | $Nm^3/ó$ |
| ν | hőmérséklet | C° |
| T | abszolút hőmérséklet | K° |
| p | nyomás | atm |
| a | SO ₂ tartalom | tf % |
| b | O ₂ tartalom | tf % |
| F | reaktorfelület /anyagáramra merőleges/ | m ² |
| β | szabad térfogati tényező | m^3/m^3 |
| k | kinetikai állandó | - |
| τ | idő | ó |
| δ | gázelegy fajsulya | kp/m ³ |
| x | konverzió | - |
| x_E | egyensúlyi konverzió | - |
| K | egyensúlyi állandó | - |
| Q | reakció entalpia | kcal/mol |
| C_p | molhő | kcal/kmolC ^o |
| \bar{c}_p | fajhő | kcal/kg C ^o |
| H | reakcióhő | kcal/kg |
| G | gáz tömegsebessége | kg/ó |
| L | katalizátor rétegvastagsága | m |
| a_0 | regressziós együttható | - |
| a_1 | -"- | - |
| a_2 | -"- | - |
| a_3 | -"- | - |
| I | áramsűrűség | $Nm^3/m^2 ó$ |
| d | reaktor átmérője | m |
| h | töltet magassága | m |

17.2. Programszerkezet és blokkdiagram.

A program a reaktor hőmérsékletre és anyagi komponensek moltörtjeire gyakorolt hatását leíró REACTSTAC1 eljárás kipróbálására és önálló használatára készült.

E feladat elvégzéséhez a program három funkciót lát el. Gondoskodik a REACTSTAC1 eljárás által megkivánt adatok megfelelő formában történő beviteléről és tárolásáról, aktivizálja az eljárást az adott paraméterekkel, végül az eljárás szolgáltatotta eredményeket kinyomtatja.

A reaktor matematikai modellje végső soron egy $\int_a^{xh} F(x) dx = C$

tipusu egyenlet megoldásához vezet. Ezt a Romberg integráló, valamint a ROOT8 gyökkereső eljárás /GIER-könyvtári szubrutinok/ segítségével oldottuk meg.

Képeztük a $G(xh) = \int_a^{xh} F(x) dx - C$ függvényt a Romberg eljárás

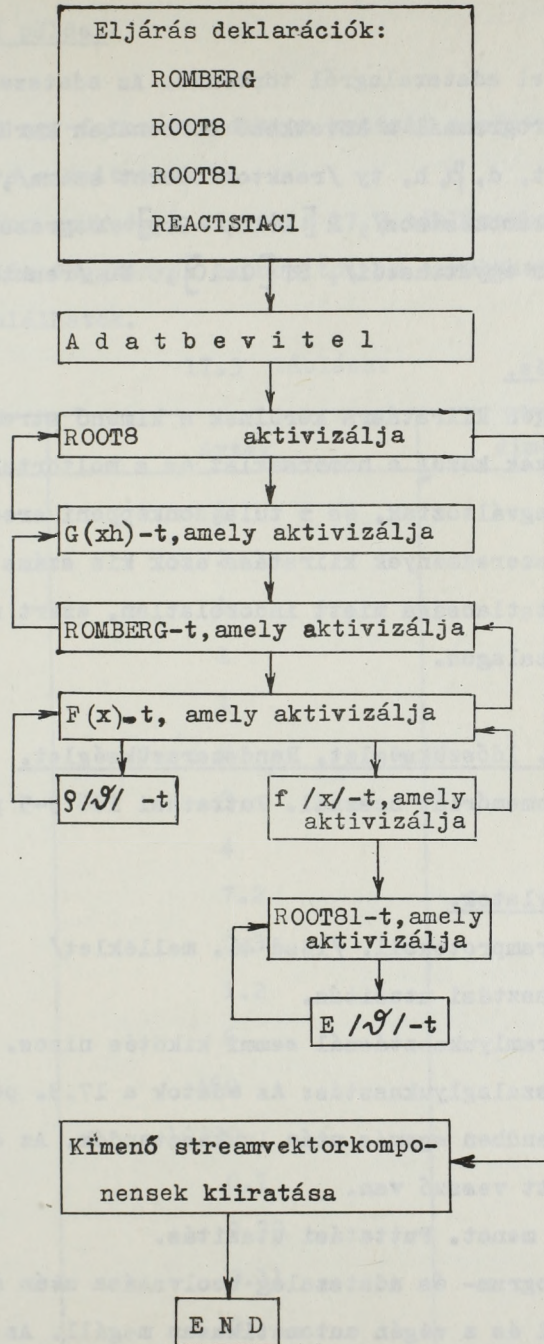
segítségével, és ennek nullahelyét kerestük a ROOT8 eljárással.

Az $F(x)$ függvény előállításához felhasználtunk egy $\mathcal{V} = f(x)$ függvényt is, amelyet - implicit módon lévén megadva $/E(\mathcal{V}) - x = 0/$ - egy újabb gyökkereső eljárással, a ROOT81-el invertáltunk.

Az így kapott t változó argumentuma az $F(x)$ -ben szereplő $\mathcal{F}(\mathcal{V})$ függvénynek. Ez a függvény 12 különböző regressziós függvény egyike, amelyet az aktiv komponensek moltörtjei specifikálnak. A kiválasztás a regressziós függvényeket jellemző és az aktuális moltörtök eltérésének négyzetösszege szerint / a minimálisnál/ történik. A különböző fokozatok hőmérséklet, ill. moltört viszonyainak számítását az "a" alsó integrációs határral szabályozhatjuk, amennyiben ez az első fokozatnál nulla, az n-dik fokozatnál pedig az /n-1/-dik fokozat xh felső integrációs határral egyenlő.

A TEST REACTSTAC1 program csak egy reaktorfokozat számítását végzi el, és csak adatrendszerének megváltoztatásával és ismé-

telt futtatásokkal érhető el egy többfokozatu reaktor teljes kiértékelése. A REACTSTAC1 eljárás azonban alkalmas ennek automatikus kezelésére megfelelő szervezőprogram esetén. /lásd NETWORK2 /



17.1. ábra. TEST REACTSTAC1 blokkdiagramja.

17.3. Adatbevitel.

Az adatbevitel adatszalagról történik. Az adatszalagra a TEST REACTSTAC1 programnál a következő sorrendben kerülnek az adatok: STNin, STNout, d , β , h , ty /reaktorfokozat száma/, mi [1:K] /komponensek átszámolásához/, R [1:12, -2:3] /regressziós függvények azonosítói és együtthatói/, ST [1:10], No /reaktor azonosítója/

17.4. Eredményközlés.

A program végén kiíratásra kerülnek a kimenő streamvektor komponensei, amelyek közül a hőmérséklet és a moltörtek a program futása során megváltoztak, és a tulajdonképpeni eredményt szolgáltatják. A részeredmények kiíratása azok kis száma és viszonylagos felhasználhatatlansága miatt indokolatlan, ezért nem szerepelnek az eredményszalagon.

17.5. Korlátozások. Időszükséglet. Rendszerszükséglet.

A program dobmemóriát használ. Futtatási idő 3-5 perc.

17.6. Programbizonylatok.

17.6.1. Programprotokoll. /lásd 46. melléklet/

17.6.2. Lyukasztási utasítás.

Programlyukasztásnál semmi kikötés nincs.

Adatszalaglyukasztás: Az adatok a 17.3. pontban leírt sorrendben egymás után lyukasztandók. Az egyes adatok között vessző van.

17.6.3. Gépi menet. Futtatási utasítás.

A program- és adatszalag beolvasása után a számítás megindul és a végén automatikusan megáll. Az eredményszalagra a kimenő streamvektor kerül.

17.7. Alkalmazási példa.

Feladatként egy-fokozatu reaktor hatását a hőmérsékletre és az összetételre számítottuk ki.

A megoldáshoz szükséges adatok a 17.3 táblázatban láthatók.

A regressziós függvények azonosítói és együtthatói a 17.1 táblázatban találhatóak.

17.3 táblázat

| jelölés | érték | dimenzió |
|--------------------|-------|--------------------------------|
| STN _{in} | 1 | - |
| STN _{out} | 2 | - |
| FSN | 1 | - |
| ty | 1 | - |
| mi ₁ | 1 | - |
| mi ₂ | 2 | - |
| mi ₃ | 3 | - |
| mi ₄ | 4 | - |
| d | 7.2 | m |
| β | 0.3 | m ³ /m ³ |
| h | 1.2 | m |
| q | 6 | Nm ³ /6 |
| γ | 460 | C° |
| p | 10330 | kp/m ² |
| m ₁ | 0.1 | - |
| m ₂ | 0.79 | - |
| m ₃ | 0.11 | - |
| m ₄ | 0 | - |

A megfelelő adatszalat kiírása a 47. mellékletben, az eredményszalat kiírása a 48. mellékletben található.

18. TEST TANKI: Eljárás folyadékok keveredésének számítására.

18.1. A program matematikai leírása.

A változók deklarációja.

A program számítja több ágból jövő folyadékáram keveredésekor létrejövő áram hőmérsékletét és az aktív komponens súlyrészét az elegyben. A blokk, valamint a be- és kimenő jelek jelölésére vonatkozólag lásd a 2.1. fejezetet. Az áramvektorok komponensei szintén azonosak a TEST RES1 programnál mondottakkal./ 2.1 táblázat/

Az eljárásban deklarált változók a 18.1 táblázatban láthatók.

18.1 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|-------------------|---|------------------------------------|
| l | bemenő folyadékáramok db.szama | - |
| F | felület | m ² |
| k | hőátadási tényező | kcal/m ² C ^o |
| γ_j | j-dik bemenő ágban lévő folyadék fajsulya | kp/m ³ |
| cp _j | " " " " " hőkapacitása | kcal/kgC ^o |
| ϵ_j | " " " " " aktív komponens súlyrésze | - |
| γ_{at} | külső hőmérséklet | C ^o |
| q _{out} | kimenő áram térfogatsebessége | Nm ³ /s |
| γ_{out} | " " hőmérséklete | C ^o |
| γ_{out} | " " fajsulya | kp/m ³ |
| ϵ_{out} | kimenő ágban lévő aktív komp. súlyrésze | - |
| cp _{out} | " " " folyadék hőkapacitása | kcal/kgC ^o |
| a _{jo} | regressziós együttható | - |
| a _{j1} | " " | - |
| a _{j2} | " " | - |
| a _{j3} | " " | - |
| b _o | " " | - |
| b ₁ | " " | - |

18.1 táblázat
/folytatása/

| jele | jelentése | dimenziója |
|-----------------|--|-------------|
| b_2 | regressziós együttható | - |
| b_3 | " " | - |
| c_1 | " " | - |
| c_2 | " " | - |
| γ_{out1} | kimenő ág hőmérsékletének induló értéke | $^{\circ}C$ |
| $cp_{g_{out}}$ | kimenő ágban lévő folyadék hőkapacitása az aktív komp. súlyrészének függvényében | kcal/kg |

A fent deklarált változók közül ismerteknek tételezzük fel a következőket:

FSN , l , STN_{in_j} , STN_{out} , ε_j , γ_j , a_{j0} , a_{j1} , a_{j2} , a_{j3} ($1 \leq j \leq l$), F , k , γ_{at} , γ_{out1} , γ_{out} , b_0 , b_1 , b_2 , b_3 , c_1 , c_2 .

Továbbá ismerteknek tekintjük a bemenő ágakban lévő q_j , γ_j ($1 \leq j \leq l$) értékeket.

A TANKI eljárás kiértékeli az alábbi kifejezéseket:

$$1./ \quad q_{out} = \sum_j q_j$$

$$2./ \quad \varepsilon_{out} = \frac{\sum_j \gamma_j q_j \varepsilon_j}{\sum_j \gamma_j q_j}$$

$$3./ \quad cp_j = a_{j0} + a_{j1} \gamma_j + a_{j2} \gamma_j^2 + a_{j3} \gamma_j^3$$

$$4./ \quad cp_{g_{out}} = b_0 + b_1 \varepsilon_{out} + b_2 \varepsilon_{out}^2 + b_3 \varepsilon_{out}^3$$

$$5./ \quad c_{p_{out}} = c_{p_{out}} + c_1 \mathcal{V}_{outl} + c_2 \mathcal{V}_{outl}^2$$

$$6./ \quad \mathcal{V}_{out} = \frac{k_F \mathcal{V}_{at} + \sum_j \gamma_j q_j \mathcal{V}_j^{c_{p_j}}}{k_F + \gamma_{out} q_{out} c_{p_{out}}}$$

\mathcal{V}_{out} kezdeti értéke: \mathcal{V}_{outl}

Ha $\text{abs}(\mathcal{V}_{out} - \mathcal{V}_{outl}) < 0.01$, akkor vége a számításnak. Ha nem áll fenn ez az egyenlőtlenség, akkor a program $\mathcal{V}_{outl} = \mathcal{V}_{out}$ értékkel újra számítja az 5./ és 6./ összefüggést, mindaddig, amíg az eltérés \mathcal{V}_{out} és \mathcal{V}_{outl} között kisebb, mint 1%.

18.2. Programszerkezet és blokkdiagram.

A program a következő eljárásokat tartalmazza:

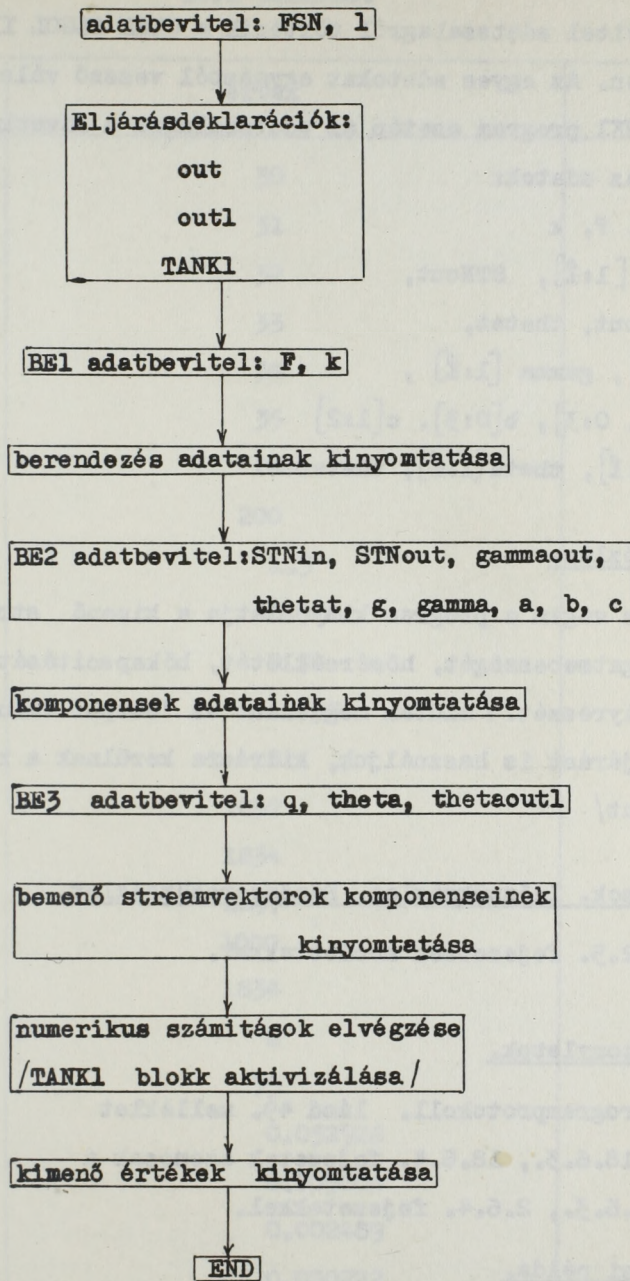
I. out (a,b)

II. outl (a,b,c)

III. TANKl (l, F, k,g, gamma, gammaout, a, b, c, q, theta, thetat, thetaoutl)

Az out és outl eljárás megegyezik a TEST RESl programban is használt eljárásokkal. (lásd 2.2. fejezet) A TANKl eljárás elvégzi a 18.1. fejezetben leírt matematikai összefüggések kiszámítását. A program futtatásához szükséges adatokat adatszagról kell bevinni.

A program blokkdiagramja a 18.1 ábrán látható.



18.1. ábra. TEST TANK1 blokkdiagramja.

18.3. Adatbevitel.

Az adatbevitel adatszalagról történik a GIER ALGOL III. szabályainak megfelelően. Az egyes adatokat egymástól vessző választja el.

A TEST TANKI program esetén az adatszalagra a következő sorrendben kerülnek az adatok:

I. FSN, λ , F, k

II. STNin [1: λ], STNout,

gammaout, thetat,

g[1: λ], gamma [1: λ],

a[1: λ , 0:3], b[0:3], c[1:2]

III. q[1: λ], theta[1: λ], thetaoutl

18.4. Eredményközlés.

A futtatás végén a program kinyomtatja a kimenő streamben lévő folyadék térfogatsebességét, hőmérsékletét, hőkapacitását, és az aktív komponens súlyrészét. / miután megjelent az "output values" felirat/ Ha a kb on eljárást is használjuk, kiírásra kerülnek a részeredmények is. /cp, cpgout/

18.5. Korlátozások. Időszükséglet. Rendszerszükséglet.

Azonos a 2.5. fejezetben mondottakkal.

18.6. Programbizonylatok.

18.6.1. Programprotokoll. lásd 49. melléklet

18.6.2., 18.6.3., 18.6.4. fejezetek azonosak a

2.6.2., 2.6.3., 2.6.4. fejezetekkel.

18.7. Alkalmazási példa.

Egy keverő edénybe három különböző koncentrációju kénsaváram, valamint víz lép be. Számítandó a keverőből kilépő kénsav hőmérséklete és koncentrációja.

A megoldáshoz szükséges adatok a 18.2 táblázatban láthatók.

18.2 táblázat

| jelölés | érték | dimenzió |
|--------------------|----------|------------------------------------|
| FSN | 30 | - |
| STNin ₁ | 31 | - |
| STNin ₂ | 32 | - |
| STNin ₃ | 33 | - |
| STNin ₄ | 34 | - |
| STNout | 35 | - |
| l | 4 | - |
| F | 200 | m ² |
| k | 1.5 | kcal/m ² C ^o |
| ε ₁ | 0.986 | - |
| ε ₂ | 0.94 | - |
| ε ₃ | 1.045 | - |
| ε ₄ | 0 | - |
| γ ₁ | 1837 | kp/m ² |
| γ ₂ | 1834 | kp/m ² |
| γ ₃ | 1897 | kp/m ² |
| γ ₄ | 1000 | kp/m ² |
| γ _{out} | 1834 | kp/m ² |
| γ _{at} | 2 | C ^o |
| γ _{out1} | 75 | C ^o |
| q ₁ | 0.052926 | Nm ² /s |
| q ₂ | 0.005604 | Nm ² /s |
| q ₃ | 0.002489 | Nm ² /s |
| q ₄ | 0.000222 | Nm ² /s |
| γ ₁ | 80 | C ^o |
| γ ₂ | 15 | C ^o |
| γ ₃ | 90 | C ^o |
| γ ₄ | 10 | C ^o |

18.2 táblázat

/folytatás/

| jelölés | érték | dimenzió |
|----------|--------|----------|
| a_{10} | 0.4477 | - |
| a_{11} | 0.0224 | - |
| a_{12} | 0 | - |
| a_{13} | 0 | - |
| a_{20} | 0.3672 | - |
| a_{21} | 0.0184 | - |
| a_{22} | 0 | - |
| a_{23} | 0 | - |
| a_{30} | 0.3395 | - |
| a_{31} | 0.0169 | - |
| a_{32} | 0 | - |
| a_{33} | 0 | - |
| a_{40} | 1 | - |
| a_{41} | 0.05 | - |
| a_{42} | 0 | - |
| a_{43} | 0 | - |
| b_0 | 1 | - |
| b_1 | -0.70 | - |
| b_2 | 0 | - |
| b_3 | 0 | - |
| c_1 | 0.0224 | - |
| c_2 | 0 | - |

A példához tartozó adatszalg kiiratas az 50. mellékletben, az eredmény-szalg kiiratas az 51. mellékletben található. A program futtatása kb on eljárás használatával történt.

19. TEST COOLSTAC 2 : Eljárás gáz-folyadék hőcserélők hőmérséklet viszonyai-
nak számítására.

19.1. A gáz-folyadék hőcserélő matematikai modelje.

A program különböző típusu gáz-folyadék hőcserélők hőmérsékleteinek számítására szolgál, és mint ilyen szerves részét képezi a NETWORK 2 eljárásnak.

Ezen hőcserélő matematikai modelje a 15.1. pontban lévő gáz-gáz hőcserélőkre kialakított matematikai modeltől a folyadék oldal modeljében tér el a (15.14) összefüggéstől a (15.47) összefüggésig. Az ott leírt model többi része alkalmazható a gáz-folyadék hőcserélőkre is. A folyadék modeljét a fenti szakaszban a következőkben írjuk le.

A folyadék fajsúlyát a hőmérséklet függvényében táblázatban található adatokból regresszióval határozhatjuk meg. A kritikus értékig, amíg a folyadék a gázzal egyensúlyban van, a nyomás és hőmérséklet egyértelműen függnek össze.

$$\gamma_f = X0_\gamma + X1_\gamma \gamma_m + X2_\gamma \gamma_m^2 + X3_\gamma \gamma_m^3 + \dots \quad (19.1)$$

γ_m a folyadék középhőmérséklete, γ_f a folyadék fajsúlya.

A folyadék fajhője:

$$c_{pf} = X0_c + X1_c \gamma_m + X2_c \gamma_m^2 + X3_c \gamma_m^3 + \dots \quad (19.2)$$

Az áramlási sebesség:

$$w = \frac{q}{n F} \quad (19.3)$$

A folyadék dinamikus viszkozitása:

$$\mu_f = X0_\mu + X1_\mu \gamma_m + X2_\mu \gamma_m^2 + X3_\mu \gamma_m^3 + \dots \quad (19.4)$$

A Reynolds-féle szám:

$$Re = \frac{\gamma_f D_{ekv} w}{\mu_f} \quad (19.5)$$

ahol

$$D_{\text{ekv}} = d \quad \text{csővezeték esetén,}$$

$$D_{\text{ekv}} = \frac{4 F}{K} \quad \text{egyéb esetekben.}$$

A Prandtl-féle szám a folyadék középhőmérsékletén:

$$\text{Pr}_f = X0_P + X1_P \mathcal{V}_m + X2_P \mathcal{V}_m^2 + X3_P \mathcal{V}_m^3 + \dots, \quad (19.6)$$

és a fal középhőmérsékletén:

$$\text{Pr}_{fw} = X0_P + X1_P \mathcal{V}_{wm} + X2_P \mathcal{V}_{wm}^2 + X3_P \mathcal{V}_{wm}^3 + \dots \quad (19.7)$$

(19.7)-ben \mathcal{V}_{wm} az iteráció első lépésében, amikor a hőátadási tényezők még ismeretlenek:

$$\mathcal{V}_{wm} = \frac{\mathcal{V}_{1m} + \mathcal{V}_{2m}}{2}, \quad (19.8)$$

majd a további lépésekben:

$$\mathcal{V}_{wm} = \frac{\alpha_1 f_1}{\alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2} \mathcal{V}_{1m} + \frac{\alpha_2 f_2}{\alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2} \mathcal{V}_{2m} \quad (19.9)$$

A folyadék hővezetési tényezője:

$$\lambda_f = X0_\lambda + X1_\lambda \mathcal{V}_m + X2_\lambda \mathcal{V}_m^2 + X3_\lambda \mathcal{V}_m^3 + \dots \quad (19.10)$$

A folyadék hőtágulási együtthatója:

$$\beta_f = X0_\beta + X1_\beta \mathcal{V}_m + X2_\beta \mathcal{V}_m^2 + X3_\beta \mathcal{V}_m^3 + \dots \quad (19.11)$$

19.2. A változók deklarációja. A program matematikai leírása.

A TEST COOLSTAC 2 blokk streamvektorainak ill. ezek komponenseinek jelölése és dimenziója azonos a TEST COOLSTAC 1 blokknál alkalmazottakkal. A blokkban ezen kívül deklarált változók a 19.1 táblázatban láthatók.

(The content of this table is extremely faint and illegible due to low contrast and blurring. It appears to be a technical table with multiple columns and rows, likely detailing variable declarations and dimensions.)

19.1 táblázat

| jele | jelentése | dimenziója |
|---------------|--|-------------------|
| D_{kekv} | ekvivalens átmérő | m |
| d_k | cső átmérője | m |
| F_k | tényleges áramlási keresztmetszet | m ² |
| K_k | áramlási keresztmetszet kerülete | m |
| f_k | hőátadási felület | m ² |
| V_k | hőcserélő egyik oldalának térfogata | m ³ |
| k_k | adiabatikus kitevő | - |
| E_k | k_k -től függő tényező | - |
| ρ_w | cső fajsúlya | kp/m ³ |
| s_k | állandó | - |
| θ_{wm} | csőfal középhőmérséklete | C° |
| E_φ | csőtengely és az áramlás iránya által bezárt szögtől függő tényező | - |
| M_{ki} | i-dik gázkomponens mólsúlya | - |
| m_{ki} | i-dik gázkomponens móltörtje | - |
| ρ_{ki} | i-dik gázkomponens fajsúlya | kp/m ³ |
| ρ_k | gázkeverék v. folyadék fajsúlya | kp/m ³ |
| μ_k | gázkeverék v. folyadék viszkozitása | kg/ms |
| μ_{ki} | i-dik gázkomponens viszkozitása | kg/ms |
| z_{oki} | i-dik gázkomponens viszkozitása 0C°-on | cP |
| C_{pki} | i-dik gázkomponens moláris fajhője állandó nyomáson | kcal/kgC° |
| p_{ki} | i-dik gázkomponens fajhője állandó nyomáson | kcal/kgC° |

19.1 táblázat

/ folytatás /

| jele | jelentése | dimenziója |
|---------------------|---|-------------------------|
| c_{pk} | gázkeverék, v. folyadék fajhője állandó nyomáson | kcal/kgC° |
| c_{vki} | i-dik gázkomponens fajhője állandó térfogaton | kcal/kgC° |
| c_{vk} | gázkeverék fajhője állandó térfogaton | kcal/kgC° |
| p_k | nyomás | kp/m ² |
| ϑ_{kin} | gázkeverék, v. folyadék bemenő hőmérséklete | C° |
| ϑ_{kout} | gázkeverék, v. folyadék kimenő hőmérséklete | C° |
| ϑ_{km} | gázkeverék, v. folyadék középhőmérséklete állandósult állapotban | C° |
| $\Delta\vartheta_k$ | ϑ_{km} és ϑ_{wm} közötti különbség | C° |
| w_k | gázkeverék, v. folyadék sebessége | m/s |
| q_k | térfogatsebesség | Nm ³ /s |
| α_k | gázkeverék, v. folyadék hőátadási tényezője | kcal/m ² sC° |
| λ_k | gázkeverék, v. folyadék hővezetési tényezője | kcal/msC° |
| β_k | gázkeverék, v. folyadék hőtágulási tényezője | 1/C° |
| Re_k | Reynolds-féle szám | - |
| Nu_k | Nusselt-féle szám | - |
| Pr_k | Prandtl-féle szám | - |
| Gr_k | Grashof-féle szám | - |

A k és w index értelmezése ugyanaz, mint a 15.2. pontban. Ugyancsak megegyezik az A változó értelmezése a 15.2. pontban leirtakkal.

A program a következő összefüggéseket értékeli ki:

Első rész megegyezik a 15. fejezetben lévő (15.59)-től a (15.80)-ig terjedő összefüggésekkel.

Ezután következnek:

$$\gamma_f = X0_\gamma + X1_\gamma \gamma_m + X2_\gamma \gamma_m^2 + X3_\gamma \gamma_m^3 + \dots \quad (19.12)$$

$$c_{pf} = X0_c + X1_c \gamma_m + X2_c \gamma_m^2 + X3_c \gamma_m^3 + \dots \quad (19.13)$$

$$w_f = \frac{q}{n F} \quad (19.14)$$

$$\mu_f = X0_\mu + X1_\mu \gamma_m + X2_\mu \gamma_m^2 + X3_\mu \gamma_m^3 + \dots \quad (19.15)$$

$$Re = \frac{\gamma_f D_{ekv} w_f}{\mu_f} \quad (19.16)$$

$$D_{ekv} = \begin{cases} \frac{4 F}{K}, & \text{ha } s = 1 \\ d, & \text{ha } s = 2 \end{cases} \quad (19.17)$$

$$Pr_f = X0_P + X1_P \gamma_m + X2_P \gamma_m^2 + X3_P \gamma_m^3 + \dots \quad (19.18)$$

$$Pr_{fw} = X0_P + X1_P \gamma_{wm} + X2_P \gamma_{wm}^2 + X3_P \gamma_{wm}^3 + \dots \quad (19.19)$$

$$\gamma_{wm} = \begin{cases} \frac{\gamma_{1m} + \gamma_{2m}}{2} & \text{első lépésben} \\ \frac{\alpha_1 f_1}{\alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2} \gamma_{1m} + \frac{\alpha_2 f_2}{\alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2} \gamma_{2m} \end{cases} \quad (19.20)$$

$$\lambda_f = X0_\lambda + X1_\lambda \gamma_m + X2_\lambda \gamma_m^2 + X3_\lambda \gamma_m^3 + \dots \quad (19.21)$$

$$\beta_f = X0_{\beta} + X1_{\beta} \mathcal{J}_m + X2_{\beta} \mathcal{J}_m^2 + X3_{\beta} \mathcal{J}_m^3 + \dots \quad (19.22)$$

A következő rész megegyezik a 15. fejezet (15.81) - (15.111) -ig terjedő összefüggéseivel.

19.3. Programszerkezet és blokkdiagram.

A COOLSTAC 2 blokk a kimenő hőmérsékletek / $\mathcal{J}_{1out}, \mathcal{J}_{2out}$ / közelítő értékének ismeretében iterációs eljárással számítja azok pontos értékét. A külső programblokkban írógépről kell megadni a következő adatokat:

$q_1, q_2, \mathcal{J}_{1in}, \mathcal{J}_{2in}, \mathcal{J}_{1out}, \mathcal{J}_{2out}$. Ez a rész olvassa be lyukszalagról a gázkomponensek számát. A belső programblokkban két eljárás / Prandtl, ReGrNu / van deklarálva, amelyek a számítások lényeges részét végzik. Ezek a következő jelentősebb részeredményeket szolgáltatják: c_p, c_v, δ, Pr ill. Re, Gr, Nu, α . A belső blokk elején kerülnek beolvasásra a lyukszalagon lévő adatok.

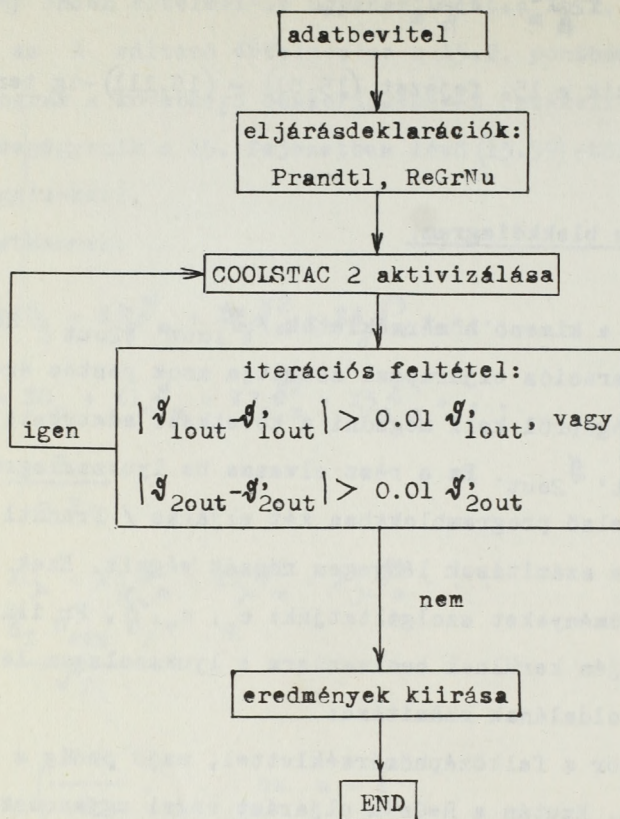
A hőcserélő meleg oldalának számítása:

A Prandtl eljárást először a falközéphőmérséklettel, majd pedig a középhőmérséklettel aktivizálja. Ezután a ReGrNu eljárást végzi ugyancsak a középhőmérséklettel.

A hőcserélő hideg oldalának számítása:

A $Pr, Pr_w, \delta, c_p, \beta, \mu$ és λ értékeket regresszióval számítja ki, majd a ReGrNu eljárást a hideg oldal középhőmérsékletével hajtja végre.

A két oldalon kapott eredmények segítségével kiszámítja a kimenő hőmérsékleteket. Ha ezek 1%-nál kevésbé térnek el az előzőleg számított kimenő hőmérsékletektől, akkor vége a számításnak. Az így kapott értékek a tényleges kimenő hőmérsékletek. / Írógépen kerülnek kiírásra. / A programba épített eljárás lehetővé teszi a részeredmények írógépen történő kiírását, ha a KB gomb be van kapcsolva. A program felépítése a 19.1. ábrán látható



19.1. ábra. TEST COOLSTAC 2 blokkdiagramja.

19.4. Adatbevitel.

Megegyezik a 15.4. fejezettel.

19.5. Eredményközlés.

Az eredményeket a számítás végén írógépen kapjuk a következő sorrendben: \mathcal{J}_{1out} , \mathcal{J}_{2out} , \mathcal{J}_{1m} , \mathcal{J}_{2m} , \mathcal{J}_{wm} . Ha a programfutás közben a KB gomb be van kapcsolva, akkor még a következő részeredményeket is kiírja az írógépen:

$$\left. \begin{array}{l} c_p \quad c_v \quad Pr \quad (\mathcal{J}_{wm-el}) \\ c_p \quad c_v \quad Pr \quad (\mathcal{J}_{1m-el}) \\ Re \quad Gr \quad Nu \\ w \quad \mu \quad \lambda \end{array} \right\} \begin{array}{l} \\ \\ (\mathcal{J}_{1m-el}) \end{array} \quad \text{meleg oldal}$$

$$\left. \begin{array}{l} Re \quad Gr \quad Nu \\ w \quad \mu \quad \lambda \end{array} \right\} (\mathcal{J}_{2m-el}) \quad \text{hideg oldal}$$

$$\mathcal{J}_{1out} \quad \mathcal{J}_{2out} \quad \mathcal{J}_{1m} \quad \mathcal{J}_{2m} \quad \mathcal{J}_{wm}$$

19.6. Időszükséglet. Rendszerszükséglet.

Azonos a 15.6. fejezettel.

19.7. Programbizonylatok.

19.7.1. Programprotokoll. / Lásd 52. mellékletet /

19.7.2., 19.7.3. azonos a 15.7.2. és 15.7.3. pontokkal.

19.8. Alkalmazási példa.

Példaként a Szolnoki Kénsavgyár kazántápviz előmelegítőjét számítottuk ki. Az előmelegítő feladata a kazántápviz előmelegítése 40 atm nyomáson. A víz előmelegítését a reaktor ötödik fokozatából érkező gáz végzi. A készülék adatait a 19.2 táblázat tartalmazza.

19.2 táblázat

| jelölés | érték | dimenzió |
|--|---|------------------------|
| q_1 | 8.94 | Nm^3/s |
| q_2 | $3.55 \cdot 10^{-3}$ | m^3/s |
| γ_{1in} | 430 | $^\circ\text{C}$ |
| γ_{2in} | 80 | $^\circ\text{C}$ |
| γ_{1out} | 200 | $^\circ\text{C}$ |
| γ_{2out} | 180 | $^\circ\text{C}$ |
| $\left. \begin{array}{l} n \\ M \\ Z_o \\ C \\ X_o \\ X_1 \\ X_2 \\ RE \end{array} \right\}$ | lásd COOLSTAC 1 /15.2 táblázat/ | |
| P | 10.4460881 - 1.41932547 10^{-1} 6.31546660 10^{-4} - 8.55020460 10^{-7} | - |
| B | - 6.03051973 10^{-4} 4.01695797 10^{-5} - 3.12538305 10^{-7} 7.52304330 10^{-10} | - |
| MU | 1.44828604 10^{-3} - 1.95206212 10^{-5} 9.01821764 10^{-8} - 1.30577472 10^{-10} | - |
| LA | 1.36012635 10^{-4} 3.64981645 10^{-7} - 1.00232000 10^{-9} - 1.09614314 10^{-12} | - |

19.2 táblázat

/ folytatás /

| jelölés | érték | dimenzió |
|-------------------------|---|------------|
| CP | 0.902704880 5.64484857 10^{-3} - 5.28056771 10^{-5} 1.34035716 10^{-7} | |
| GA | 1003.29561000 - 0.417547703 0.000160558 - 0.000007006 | - |
| ε_{φ} | 1 | - |
| A | 10 | - |
| s_1 | 1 | - |
| s_2 | 2 | - |
| n_1 | 1 | - |
| n_2 | 8 | - |
| m | 0.082 0.002 0.090 0.826 | - |
| d_1 | 0.102 | m |
| f_1 | 328 | m^2 |
| K_1 | 8.64 | m |
| F_1 | 1.376 | m^2 |
| β_1 | 0.0036630037 | $1/^\circ$ |
| p_1 | 10600 | kp/m^2 |
| d_2 | 0.043 | m |
| f_2 | 103.5 | m^2 |

19.2 táblázat

/ folytatás /

| jelölés | érték | dimenzió |
|---------|----------|----------|
| K_2 | 0 | m |
| F_2 | 0.001455 | m^2 |
| P_2 | 0 | kp/m^2 |

A megfelelő adatszalat kiírása az 53. mellékletben, az eredményszalat kiírása az 54. mellékletben látható.

20. NETWORK 2: NETWORK 1 program továbbfejlesztése.

A 13. fejezetben ismertetett NETWORK 1 program alkalmas a vegyipari hálózatok reológiai számítására, azaz az anyagáram-erősség és a nyomás meghatározására. Ez általánosságban nem elegendő, mivel a hőmérsékletre és a kémiai összetételekre vonatkozó számítások nélkül /ill. azok értékeinek rögzített megadásával/ csak szerencsés esetben kapunk hü képet. Ezt elkerülendő fejlesztettük tovább a NETWORK 1 programot és iktattunk bele hőmérséklet- és moltörtszámításra vonatkozó eljárásokat.

Szerkezetiileg ezt az eddigi módszerek és elvek megtartásával végeztük. A 13.3.-ban említett RESACT eljárás mintájára és azonos funkció betöltésére készítettük el a STACT nevezetű eljárást, amely tartalmazza az egyes berendezéstípusok hőmérsékletre és moltörtre vonatkozó matematikai modelljét számító "STAC" eljárásokat, valamint egy kiegészítő részt, amely a berendezés sorszámából eldönti, hogy az milyen típusu és a megfelelő eljárást kiválasztja, gondoskodik az adatok beviteléről és aktivizálja a STAC-eljárást.

Az összes berendezés STAC-blokkjainak aktivizálása után a számított hőmérséklet és moltört értékek a streamvektorok megfelelő komponenseiben tárolódnak. Ezekkel az értékekkel új áramerősségre vonatkozó iterációs ciklusba kezdünk és ezt mindaddig folytatjuk, amíg két egymást követő iterációban az áramerősségvektor különbsége elég kicsi.

Az ágak összefolyásánál a stream információk folytonos átvitele érdekében virtuális berendezéseket tételezünk fel, amelyek szimulálják az ott fellépő keveredést. Az erre vonatkozó számításokat a MIX nevezetű eljárás végzi.

A bővülő számítási eljárások a NETWORK 1 adatrendszerének kiterjesztését tették szükségessé.

Szem előtt tartva azt az igényt, hogy a NETWORK 1-hez készült adatszalatot változatlanul használhassuk a NETWORK 2-nél is, az új adatrendszer eléggé redundáns.

A 13.4. pontban ismertetett öt külön adatszalat /adatszoport/-hoz most 2 újabb járul.

VI. A hőmérséklet és moltört számító berendezések adatai. /STAC-tape/
Az alábbi 5 pont egyetlen berendezésre vonatkozik, ezért berendezésenként /E/-szer ismétlődik.

a./ FSN a berendezés sorszáma, /Flow Sheet Number/ ez meg kell, hogy egyezzen a II. pont számozásával. Ha az illető berendezés a hőmérséklet és a moltörtek szempontjából inaktív, a sorszám negatív /pl.: ha a II.-ben 1.-nek sorszámozott /FSN=1/ berendezés 8 típusu /VALVE 1/, akkor itt: -1, a megfelelő FSN/. Ilyenkor a b./ c./, d./, e./ pontok elmaradnak.

b./ TYNO a berendezés típuszáma /Type Number/. A hőmérséklet és moltört számítás szempontjából az egyes berendezések új típusszámot kapnak. A jelenleg használt 3 berendezéstípus típuszáma a következő:

| tipusszám | eljárás azonosítója |
|-----------|---------------------|
| 1. | COOL STAC 1 |
| 2. | REACT STAC 1 |
| 3. | SORB STAC 1 |

c./ l a berendezés csőszakaszainak /azonos jellegű rész/ arab-száma. Ez a szám határozza meg az egyes STAC eljárások tömbjeinek a hosszát, ezért $1 \leq l$. Ha egy eljárás ezt nem használja bármilyen lehet, de elhagyni nem szabad.

d./ A b./-ben specifikált eljárás input programjának megfelelő sorrendben és formában a c./-ben megadott hosszúságú tömbökre számítva a berendezés paraméterei.

e./ A berendezés adatainak végét jelző speciális karakter /minuszjel/.

A STAC-tape beolvasása a "stac.equipments" kiírás után történik.

VII. A csomópontokra vonatkozó adatok /MIX-tape/.

1. A csomópontok darabszáma.

Ha nincs: 0. /Ebben az esetben 2. és 3. elmarad./

2. A MIX eljárás által felhasznált konstansok a MIX input programjának megfelelő formában.
3. Egy csomópontra vonatkozó adatok.
- /1. alatt megadott számszor ismétlődik/
- a./ A csomópontba be-folyó ágak darabszáma.
- b./ a./-ban megadott darabszámú STN /Stream Number/, a csomópont-
ba folyó ágak sorszámai.
- c./ A csomópontból ki-folyó ág sorszáma.

A MIX tape beolvasása a "MIX" kiírás után történik.

A 13.5. pontban ismertetett PARAM eljárást, a program egy újabb helyén, a hőmérséklet és moltörtek számításának megkezdése előtt is aktivizálhatjuk. /Hasonlóan a KB-gomb true-re állításával./ Némiképpen módosult a switch különböző értékeinek jelentése. Az új értelmezést a 20.1 táblázat mutatja

20.1 táblázat

| switch értéke | PARAM értéke | jelentése | megjegyzés |
|---------------|--------------|--|---|
| 0 | 2 | semmiféle közbülső output nincs a Q-ra vonatkozó iterációnál | kezdeti állapot |
| 1 | 2 | Q iteráció végén a stream-vektorek outputja | lyukszalagon |
| 2 | 2 | a Q-ra vonatkozó iterációnál a korrekciós mátrix valamint az iteráció eredménye és a korrekciók outputja | lyukszalagon, az alábbi kettő írógépen is |
| 3 | 2 | 1 és 2 együttesen | |
| 0 | 3 | nincs output a hőmérséklet és moltört számítás közben | |

20.1 táblázat

/folytatás/

| switch értéke | PARAM értéke | jelentés | megjegyzés |
|---------------|--------------|--|--------------|
| 1 | 3 | hőmérséklet és moltörtek számítása után a stream vektorok outputja | lyukszalagen |
| 2 | 3 | hatástalan | |
| 3 | 3 | hatása azonos elsővel | |
| 0, 1, 2, 3 | 1 | hatástalan | |

A PARAM eljárás többi lehetősége változatlan. A PARAM eljárás aktivizálásától függetlenül a Q-ra vonatkozó iteráció végén az írógépen megjelenik az iterációk darabszáma.

A 13.7.4. pont hibajelzéseire új futás közbeni hibadetektálás kapcsolódik. Ez a STACT meghívásánál jelentkezhet és a berendezés sorszámának, vagy típuszámának hibájára utal. A futás a hibás meghívás figyelmen kívül hagyásával folytatódik.

A programprotokoll a 55. mellékletben látható.

Alkalmazási példa.

Egy kénsavgyár gázhálózatának közelítőleges számítása.

A példa elsősorban a kénsavgyár áramlás- és nyomásviszonyait számítja, de a NETWORK 1 eljárással nyert adatokat bizonyos mértékben korrigálja a reaktorban lejátszódó vegyi- és hőfolyamatok alapján. Figyelembe veszi továbbá azt a körülményt, hogy a hálózat különböző csomópontjain légbekeverés folytán hő- és koncentrációváltozások állnak elő.

A technológiai séma a 20.1. ábrán látható. A kén elégetéséhez szükséges levegőt az F fuvó szolgáltatja. A levegő a KK kénégető kemencébe való belépés előtt az SZ szárítón halad keresztül, majd két részre bomlik.

A H hőcserélőn áthaladó rész kb. 250 C° hőmérsékletre melegszik fel. A hideg és meleg áram keverésével beállítható a kemencelevegő hőfoka. Az F-ből kijövő SO₂ gázt a G gőzkazánban, ill. ennek tulhevitő részlegében lehütik. A kilépő gáz hőmérsékletének szabályozására a kazánból és tulhevitőből kijövő gázt megfelelő arányban keverik. A kb. 450 C°-ra beállított gáz a K kontakt reaktorba kerül. A reaktor egyes lépcsőiből /K1, ... , K5 lépcsők/ kijövő gázok hőmérsékletei hőcserélő beiktatásával, ill. közvetlen légbekeveréssel lesznek szabályozva. A reaktorból kijövő gázt a P permező hűtőben lehütik és a gáz SO₃ tartalmát az A abszorberben elnyeletik.

A számítási séma a 20.2. ábrán látható. A hálózat leegyszerűsítése céljából több esetben sorbakapcsolt blokkokat egyetlen blokkba vontuk össze. A blokkok típusára és sorszámára /FSN/ vonatkozólag lásd a 20.2 táblázatot.

20.2 táblázat

| készülék megnevezése | blokk azonosító | FSN | RES | STAC |
|----------------------|-----------------|---|-----|------|
| fuvó | BLOW 1 | 1 | X | |
| légszárító | SORB 1 | 3 | X | |
| abszorber | SORB 1 | 33 | X | |
| gáz-gáz hőcserélő | COOL 1 | 5, 18 | X | |
| gáz-víz hőcserélő | COOL 2 | 32 | X | |
| gőzkazán | BOIL 1 | 10 | X | |
| tulhevitő | COOL 1 | 11 | X | |
| reaktorlépcső | REACT 1 | 17, 19, 23, 27, 30 | X | X |
| keverő | MIX 1 | 35, 36, 37, 38, 39 | | X |
| pillangószelep | VALVE 1 | 6, 7, 9, 12, 15, 20, 24, 28 | X | |
| csővezeték | RES 1 | 2, 4, 8, 13, 14, 16, 21, 22, 25, 26, 29, 31, 34 | X | |

A táblázat utolsó két oszlopa annak megjelölésére szolgál, hogy a

számítás kapcsán a blokknak RES-típusú, vagy STAC-típusú változata aktivizálódik-e, ill. mind a kettő. /Természetesen oly blokkoknál amelyek mint olyanok csak RES, ill. STAC változatban léteznek, ez a kérdés eleve egyértelmű./

A hálózati áramokra és az áramhurkokra vonatkozólag a következő egyenleteket írhatjuk fel

$$Q_1 - Q_2 = 0$$

$$Q_2 - Q_3 = 0$$

$$Q_3 - Q_4 - Q_{22} = 0$$

$$Q_4 - Q_5 - Q_8 = 0$$

$$Q_5 - Q_6 = 0$$

$$Q_8 - Q_7 = 0$$

$$Q_6 + Q_7 - Q_9 = 0$$

$$d_1 Q_9 - Q_{10} = 0$$

$$Q_{10} - Q_{11} = 0$$

$$Q_{11} - Q_{12} - Q_{15} = 0$$

$$Q_{12} - Q_{13} = 0$$

$$Q_{15} - Q_{14} = 0$$

$$Q_{13} + Q_{14} - Q_{16} = 0$$

$$d_2 Q_{16} - Q_{17} = 0$$

$$Q_{18} + Q_{19} - Q_{23} = 0$$

$$Q_{20} - Q_{19} = 0$$

$$Q_{21} - Q_{20} - Q_{28} = 0$$

$$Q_{22} - Q_{21} = 0$$

$$Q_{23} - Q_{24} = 0$$

$$Q_{24} + Q_{25} - Q_{29} = 0$$

$$Q_{26} - Q_{25} = 0$$

$$d_3 Q_{17} - Q_{18} = 0$$

$$Q_{27} - Q_{26} - Q_{32} = 0$$

$$Q_{28} - Q_{27} = 0$$

$$Q_{29} - Q_{30} = 0$$

$$Q_{30} + Q_{31} - Q_{33} = 0$$

$$Q_{32} - Q_{31} = 0$$

$$\frac{1}{\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3} Q_{33} - Q_{34} = 0$$

$$U(Q_5) - U(Q_8) = 0$$

$$U(Q_{12}) - U(Q_{15}) = 0$$

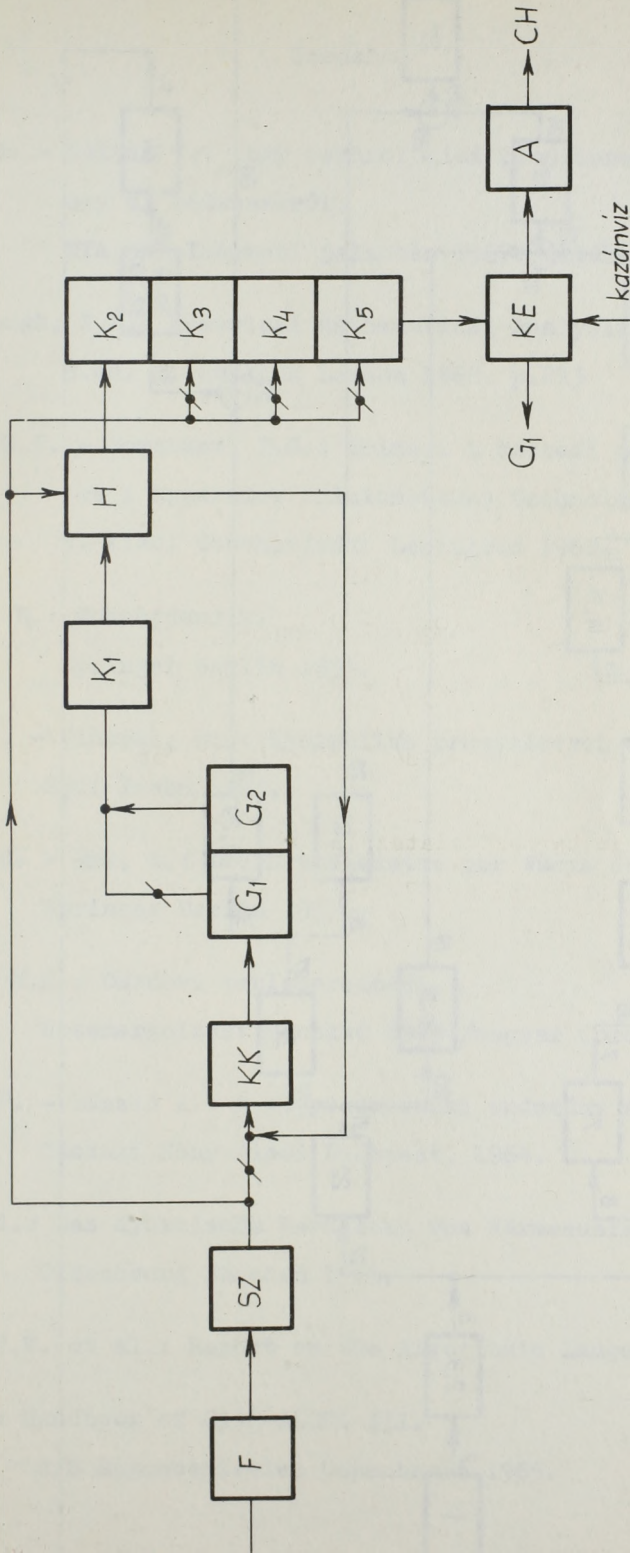
$$U(Q_5) + U(Q_9) + U(Q_{10}) + U(Q_{12}) + U(Q_{16}) + U(Q_{17}) - U(Q_{20}) - U(Q_{22}) = 0$$

$$U(Q_{20}) + U(Q_{23}) - U(Q_{26}) - U(Q_{28}) = 0$$

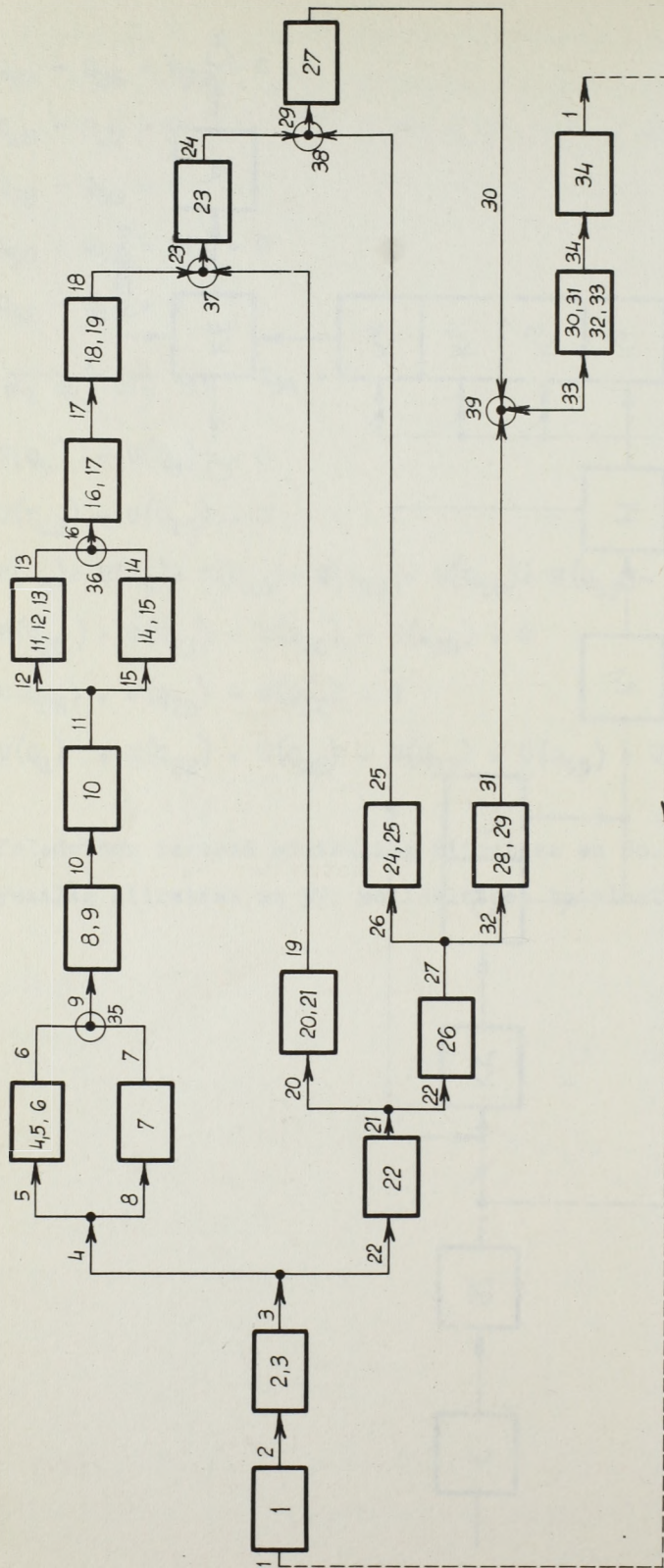
$$U(Q_{26}) + U(Q_{29}) - U(Q_{32}) = 0$$

$$-U(Q_1) + U(Q_{22}) + U(Q_{28}) + U(Q_{32}) + U(Q_{35}) + U(Q_{34}) = 0$$

A feladathoz tartozó adatszalat kiíratása az 56. mellékletben, az eredményszalat kiíratása az 57. mellékletben található.



20.1.1. ábra. Egy kénssavgyár gáztészlelének technológiai sémája.



20.2.ábra. Egy kénsvagyár gázrészlegének számítási blokkmája.

Irodalom

1. Singer D. - Koltai T.: Nagy technológiai rendszerek vizsgálatának egy új módszeréről.
MTA AKI Intézeti jelentés 1967. október.
2. Scarborough, I.B.: Numerical Mathematical Analysis .
5.ed. I. Hopkins London 1962. p.213
3. Pavlov, K.F. - Romankov, P.G.: Primeri i zadacsi po kurzu processov i apparatov chimicseszkoj technologii.
5. kiad. Goschimizdat Leningrad 1961.
4. Richter, H.: Rohrhydraulik.
Springer Berlin 1954.
5. Kolar, V. - Vinopal, St.: Hydraulika promyslovykh armatur.
SNL Praha 1963.
6. Gröber, H. - Erk, S.: Die Grundgesetze der Wärme übertragung.
Springer Berlin 1957.
7. Mihejev, M.A.: Osznovi teploperedacsi.
Gosenergoizdat Moszkva 1949 /magyar fordítás/.
8. Benedek P. - László A.: A vegyészmérnöki tudomány alapjai.
Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1964.
9. Schöne, A.: Das dynamische Verhalten von Wärmeaustauschern.
Oldenbourg München 1966.
10. Bachus, I.W. et al.: Report on the Algorithmic Language Algol 60.
11. Naur, P.: Handbook of GIER-ALGOL III.
A/S Regnecentralen Copenhagen 1965.

12. Malin, K.M.: Tehnologija.szernoj kisloti.
Goschimizdat 1950.
13. Britten, M.I.: Chem. Engng. Sci. 1967. p. 1019-1023
14. Miyauchi - Vermuelen: Ind. Chem. Fund. 1963. május.
15. Bischoff - Levenspiel: Chem. Engng. Sci. 1962.p. 245-267.
16. Waeser, B.: Schwefelsäurefabrikation.
F. Vieweg Braunschweig, 1961.

Mellékletek jegyzéke

1. TEST RES1 programprotokollja.
2. TEST RES1 példa adatszalgja.
3. TEST RES1 példa eredményszalgja.
4. TEST SORBRES1 programprotokollja.
5. TEST SORBRES1 példa adatszalgja.
6. TEST SORBRES1 példa eredményszalgja.
7. TEST REACTRES1 programprotokollja.
8. TEST REACTRES1 példa adatszalgja.
9. TEST REACTRES1 példa eredményszalgja.
10. TEST COOLREGAS1 programprotokollja.
11. TEST COOLREGAS1 példa adatszalgja.
12. TEST COOLREGAS1 példa eredményszalgja.
13. TEST COOLREGAS2 programprotokollja.
14. TEST COOLREGAS2 példa adatszalgja.
15. TEST COOLREGAS2 példa eredményszalgja.
16. TEST COOLRESWATER1 programprotokollja.
17. TEST COOLRESWATER1 példa adatszalgja.
18. TEST COOLRESWATER1 példa eredményszalgja.
19. TEST BOILREGAS1 programprotokollja.
20. TEST BOILREGAS1 példa adatszalgja.
21. TEST BOILREGAS1 példa eredményszalgja.
22. TEST VALVE1 programprotokollja.
23. TEST VALVE1 példa adatszalgja.
24. TEST VALVE1 példa eredmény szalgja.
25. TEST RES2 programprotokollja.
26. TEST RES2 példa adatszalgja.
27. TEST RES2 példa eredmény szalgja.
28. TEST VALVE2 programprotokollja.
29. TEST VALVE2 példa adatszalgja.

30. TEST VALVE2 példa eredményszalagja
31. RESACT programprotokollja.
32. NETWORKDRUM1 programprotokollja.
33. NETWORK1 1. példa adatszsalagja.
34. NETWORK1 1. példa eredményszalagja.
35. NETWORK1 2. példa adatszsalagja.
36. NETWORK1 2. példa eredményszalagja.
37. TEST GASMIX1 programprotokollja.
38. TEST GASMIX1 példa adatszsalagja.
39. TEST GASMIX1 példa eredményszalagja.
40. TEST COOLSTAC1 programprotokollja.
41. TEST COOLSTAC1 példa adatszsalagja.
42. TEST COOLSTAC1 példa eredményszalagja.
43. TEST SORBSTAC1 programprotokollja.
44. TEST SORBSTAC1 példa adatszsalagja.
45. TEST SORBSTAC1 példa eredményszalagja.
46. TEST REACTSTAC1 programprotokollja.
47. TEST REACTSTAC1 példa adatszsalagja.
48. TEST REACTSTAC1 példa eredményszalagja.
49. TEST TANK1 programprotokollja.
50. TEST TANK1 példa adatszsalagja.
51. TEST TANK1 példa eredményszalagja.
52. TEST COOLSTAC2 programprotokollja.
53. TEST COOLSTAC2 példa adatszsalagja.
54. TEST COOLSTAC2 példa eredményszalagja.
55. NETWORKDRUM2 programprotokollja.
56. NETWORK2 példa adatszsalagja.
57. NETWORK2 példa eredményszalagja.
58. TEST PIPERES3 programprotokollja.
59. TEST PIPERES3 példa adatszsalagja.
60. TEST PIPERES3 példa eredményszalagja.

