

A MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI
GELEJI SÁNDOR

31. KÖTET

1—4. SZÁM



AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST
1962

VI. OSZT. KÖZL.

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI
GELEJI SÁNDOR

31. KÖTET 1—4. SZÁM

SZERKESZTŐSÉG: BUDAPEST V. NÁDOR UTCA 7.
KIADÓHIVATAL: BUDAPEST V. ALKOTMÁNY UTCA 21.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei változó terjedelmű füzetekben jelennek meg. Négy füzet alkot egy kötetet. Évenként általában egy kötet jelenik meg.

A kéziratok a következő címre küldendők:

A Magyar Tudományos Akadémia
Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei
Budapest V. Nádor utca 7.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi levelezés.

Megjelent munkájáért minden szerzőt száz különlenyomat illet meg. Közlésre el nem fogadott kéziratokat a szerkesztőség lehetőleg visszajuttat a szerzőhöz, de felelősséget a beküldött kéziratok megőrzéséért vagy továbbításáért nem vállal.

A Közlemények előfizetési ára kötetenként belföldi címre 40 forint, külföldi címre 60 forint. Belföldi megrendelések az Akadémiai Kiadó (Budapest V. Alkotmány u. 21. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 05-915-111-46), külföldi megrendelések a „Kultúra” Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat (Budapest I. Fő utca 32., Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 43-790-057-181) útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának kiadványa az

Acta Technica

című idegennyelvű folyóirat.

E lap hivatott a magyar műszaki tudományok eredményeinek legjavát a külföld felé tolmácsolni. A cikkek német, angol, francia vagy orosz nyelven jelennek meg, lehetőleg a szerző kívánsága szerint, összefoglaló pedig a cikk nyelvén és azonkívül a másik három nyelven. A cikkeket magyar vagy a szerző választotta idegen nyelven a következő címre kell beküldeni:

Acta Technica szerkesztősége, Budapest V. Nádor utca 7.

A MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI
GELEJI SÁNDOR

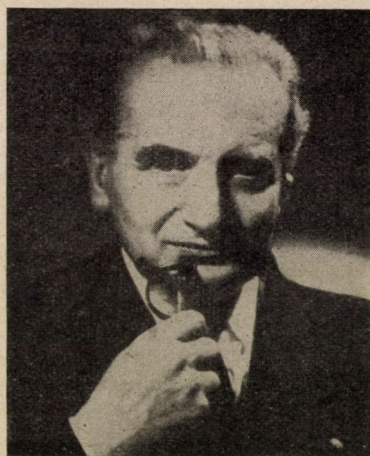
31. KÖTET



AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST
1962

VI. OSZT. KÖZL.

Dr. h. c. KÁRMÁN TÓDOR
A BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM TISZTELETBELI
DOKTORA



A Budapesti Műszaki Egyetem 1962. október 22-én felemelő ünnepség közepette avatta tiszteletbeli doktorává hazánk külföldön élő nagy fiát, a világhírű tudóst, KÁRMÁN Tódor professzort.

KÁRMÁN Tódor 1881. május 11-én Budapesten született. Középiskolai tanulmányait a budapesti tanárképző iskola gyakorló gimnáziumában végezte, ahol a kiváló matematikusnak, BEKE Manónak volt a tanítványa. Már ekkor kitűnt rendkívüli matematikai adottságaival, megnyervén 1896-ban az országos középiskolai matematikai versenyt. Egyetemi tanulmányait a budapesti műegyetemen végezte. Mint IV. éves hallgatót a műegyetem a Horváth Ignác-féle mechanikai pályadíjjal tüntette ki. 1902-ben szerzett gépészmérnöki oklevelet. Ugyanezen évben — 21 éves korában — már tudományos dolgozata jelenik meg a Matematikai és Physikai Lapok hasábjain.

1902—1912 közt több megszakítással a budapesti műegyetemen vállalt tanársegédi állást. Itt BÁNKI Donát és SCHIMANEK Emil professzorok mellett dolgozott, ugyanakkor kutató mérnöki tisztséget töltött be a Ganz-gyárban.

1906-ban, tudásszomjától hajtva, a göttingeni egyetemen továbbképző tanulmányokat folytatott. Itt a világhírű PRANDTL professzor mellett dolgozott, s bölcsészdoktori oklevelet szerzett. 1912-ben rövid időre a selmecbányai Bánya és Erdőmérnöki Főiskolán vállalt tanári állást, majd az aachenj műegyetem meghívására az ott felállítandó aerodinamikai intézet vezetését vette át. Itt több megszakítással egészen 1931-ig folytatott világszerte elismert, úttörő jellegű tudományos tevékenységet. Ekkor az Egyesült Államokba költözött, ahol a *Californian Institute of Technologie* keretében a *Guggenheim Aeronautical Laboratory* vezetését vette át.

Mint tanár és kutatóintézeti igazgató rendkívül tevékeny munkásságot fejtett ki. Moszkvától Nankingig a világ minden részén számos tudományos előadást tartott, sőt több éven át az év három szakában három különféle földrész egyetemén vezetett aerodinamikai kollégiumokat.

Tudományos munkásságát alkotó fantázia, éles logika és nagyfokú szabotosság jellemzi. Mesterien érti módját annak, miként lehet a legbonyolultabb természeti jelenségeket elemekre szétbontani, s matematikai tárgyra járni alkalmassá tenni. Művészi érzékkel keresi meg a különféle kérdések kezelésére alkalmas alapvető összefüggéseket, s ily módon jut el azokhoz a csodálatos eredményekhez, amelyeken a világ minden táján élő specialisták tovább munkálkodhatnak.

A technikai tudományok széles területén kifejtett alapvető munkásságát talán leginkább a reneszánsz-kor tudósainak sokirányú munkásságához lehet hasonlítani. Nevét — a műszaki tudományok legkülönbözőbb területein — a róla elnevezett törvények egész sora jelzi. Mint ilyeneket, e helyen csak a Kármán-féle kihajlási elméletet, a Kármán-féle örvénysort, a Kármán-Trefftz-féle szárnyprofil, a hengerlési munka Kármán-féle differenciálegyenletét, a Kármán-Born-féle kristályrács elméletet, a Kármán-féle héjelméletet, a Kármán-féle helikoptert, a folyadékok határfelületén jelentkező súrlódásra vonatkozó Kármán-féle logaritmikus összefüggést és ennek Kármán-féle állandóját említjük. Nevével jelölnek meg számos egyetemi kutatóintézményt is, mint pl. a gázdinamikai fakultást Pasadenában, vagy az Arnold Center, a Tahoma-Tennessee, a Californian Institute of Technology kutatóintézetét.

Sokirányú munkásságának legfontosabb területei: az alkalmazott matematika, az elméleti fizika, a termodinamika, a szilárdságtan, rugalmasságtan, a stabilitás elmélet, a rezgésttan, az ideális és viszkozus anyagok mechanikája. a hidrodinamika, az aerodinamika és újabban a kémia, a szuperszonikus aerodinamika, az aerotermodinamika, a rakétatechnika, a plazmafizika és az atomfizika.

1950-ig megjelent munkáit a Butterworth kiadó cég *Collected Works of Theodore von Kármán* címen négy vaskos kötetben adta ki (1956). E kötetek KÁRMÁN Tódor III alapvető jelentőségű tanulmányát tartalmazzák. Igen nevezetes műve az Academic Press Inc, New York által kiadott R. von

MISES-szel együtt írt négykötetes munkája: *Advances in Applied Mechanics*, melyet oroszra is lefordítottak. Számos idegen nyelvre fordították le M. Biot-val közösen írt kitűnő könyvét is: *Les méthodes mathématiques de l'ingénieur*. Utóbbinak magyar nyelvre való fordítása folyamatban van.

KÁRMÁN Tódor tudományos munkásságára tisztelettel tekintenek a világ minden részén tanítványai: fizikusok, mérnökök, konstruktőrök, de különös szeretettel és büszkeséggel kísérjük figyelemmel munkásságát mi, magyarok.

A műegyetemen tartott díszdoktori avatásán a kartársak százai gyűltek össze, hogy az egyetemmel együtt ünnepeljék személyét. A műegyetem központi könyvtára az ünnepség alkalmából gazdag kiállítást rendezett műveiből, a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségének Asztro-nautikai Szakosztálya, valamint Gépipari Tudományos Egyesülete pedig ünnepi fogadás keretében méltatta érdemeit. S ezen ünnepségek résztvevői elhozták magukkal az egész magyar mérnöktársadalom üdvözlét és legmelegebb szerencsekívánatait, megható bensőséggel adván kifejezést azon óhajuknak, hogy KÁRMÁN professzor erejének teljében még hosszú éveken át élvezze az alkotómunka szépségét, s azok nagyrabecsülését, kik fel tudják fogni nagyságát és értékelni tudják munkájának nagyvonalúságát.

A szerkesztőség

Dr. h. c. Kármán Tódor magyarországi irodalmi működése

1. Gömbölyű végével vízszintes lapra támaszkodó súlyos pálca mozgása. *Mathematikai és Fizikai Lapok* II (1902), 34–41, 69–78, 131–140.
2. A Királyi József Műegyetem 1906. évi nagy tanulmányi kirándulásának naplója. *M. M. és É. E. Heti Értesítője* 25 (1906), 339–350.
3. A kihajlás elmélete és a hosszú rudakon végzett nyomáskísérletek. *M. M. és É. E. Közönlönye* 40 (1906), 329–335.
4. A kihajlás kérdéséhez. *M. M. és É. E. Közönlönye* 41 (1907), 96.
5. A nagy gázgépeknél előforduló üzenzavarok. *M. M. és É. E. Heti Értesítője* 26 (1907), 109–110.
6. A gázgépek hengerében uralkodó hőmérséklet mérése. *M. M. és É. E. Heti Értesítője* 26 (1907), 140.
7. A német természettudósok ez évi drezdai nagygyűléséről. *M. M. és É. E. Heti Értesítője* 26 (1907), 437–442.
8. A gőzök és gázok áramlási jelenségeire vonatkozó újabb vizsgálatok. *M. M. és É. E. Közönlönye* 42 (1908), 103–110.
9. Igen könnyű motorokról. *M. M. és É. E. Heti Értesítője* 27 (1908), 248–251.
10. Részletek az angol műszaki oktatás köréből. *M. M. és É. E. Heti Értesítője* 27 (1908), 277–279.
11. Hullámos tüzcsővek szilárdsága. *M. M. és É. E. Heti Értesítője* 28 (1909), 302–305.
12. Mitől függ az anyag szilárdsága? *M. M. és É. E. Közönlönye* 44 (1910), 212–226.
13. A Göttingeni Aerodinamikai Állomás mérési eredményei. *M. M. és É. E. Közönlönye* 46 (1912), 37.
14. Magnetofluid Mechanics. Some Comments in Memory of Bánki Donát. *Acta Technica* 27 (1959), 41–51.

Dr. h. c. MIHAILICH GYŐZŐ 85 ÉVES

Dr. h. c. MIHAILICH Győző, Kossuth-díjas akadémikus, műszaki doktor, a budapesti és drezdai műszaki egyetem tiszteletbeli doktora, a magyar híd-építő mérnökök nesztora, 1962. október hó 14-én ünnepelte 85. születésnapját. E szép évforduló alkalmából a magyar mérnöktársadalom szeretettel üdvözlöi a tudós professzort, kinek tudományos tevékenységét az ország határain túl is jól ismerik és nagyra értékelik.

1877. október 14-én született Temesrákoson. Egyetemi tanulmányait Budapesten végezte, ahol 1899-ben mérnöki oklevelet szerzett. Ekkor a műegyetem hídépítéstani tanszékén, KHERNDL Antal professzor mellett mint tanársegéd nyert elhelyezkedést. Kiváló képességeinek birtokában egymás után megszerezte a műszaki doktori, majd a műegyetemi magántanári címet, s rövidesen mint meghívott előadó, megbízást nyert a „Vasbetonszerkezetek” című tárgy előadásainak megtartására is. 1916-ban műegyetemi rendkívüli tanári címet kapott, 1920-ban pedig a II. sz. Hídépítéstani Tanszék nyilvános rendes tanárává nevezték ki. Ezt a munkakört egészen a nyugdíjazásáig 37 éven át töltötte be. Közben több éven át ellátta a Mérnöki és Építész-mérnöki Kar dékáni, illetve a műegyetem rektori tisztét is. Jelentős munkásságot fejtett ki mint a Budapesti Mérnöki Kamara elnöke, illetve mint a Mérnöki Továbbképző Intézet igazgatója. A Magyar Tudományos Akadémia életében is jelentős szerepet töltött be, mint a Műszaki Tudományok Osztályának, illetve mint az Építéstudományi Főbizottságnak az elnöke.

Tudományos munkásságának eredményességét számos nagy jelentőségű szaktanulmánya bizonyítja. Ezek közül megemlítendő *A csomópontok okozta mellékfeszültségek grafikai meghatározása* című doktori értekezése (1906), *A rácsos tartók rugalmas elhajlásának meghatározása* című tanulmánya (MMÉE 1908), de főként a *Vasbetonszerkezetek* című könyve. Ez utóbbit a Magyar Mérnök- és Építész Egylet aranyéremmel tüntette ki. Ez a szakkönyv később, 1946-ban, második kiadásban is megjelent. Szakdolgozatai közül külföldön is általánosan ismert az *Essais Comparatives avec poutres du béton à section en T avec armatures en acier siliceux et réduction des sections des armatures contre le cisaillement* című tanulmánya, mely az 1932. évi Híd- és Magasépítési

Kongresszuson került bemutatásra. Számos, az anyagvizsgálat körébe vágó tanulmánya közül külön ki kell még emelni az *Összehasonlító kísérletek folyvas- és acélbetétes portlandcementtel és bauxitcementtel készült T-keresztmetszetű gerendákkal* című dolgozatát (Anyagvizsgálók Közlönye, 1934), valamint *A meleg befolyása a bauxitbeton szilárdságára* című akadémiai székfoglaló tanulmányát (Mat. és Természettudományi Értesítő, 1936).

Mint tervező mérnök is jelentős munkásságot fejtett ki. Alkotásai között első helyen kell említeni a temesvári Liget-úti vasbeton hidat, mely a maga idejében a legnagyobb nyílású vasbeton gerendahíd volt, s tervezőjének világszerte elismerést szerzett. Ennek építését a *Beton u. Eisen* 1909. évfolyamában ismertette. Ő tervezi többek közt a szolnoki közúti Tisza-híd vasszerkezetét és vasbeton pályalemezét (1910—11), valamint a berekböszörményi Sebes-Kőrös-híd (1910—11) és a tamáshidai Fekete-Kőrös-híd (1912—13) vasbetonszerkezetét is. Nevezetes alkotása a csepeli 3500 vagonos gabonaraktár vasbetonszerkezete (1927—29), melynek építését a *Beton u. Eisen* hasábjain ismertette (1929), valamint a budapesti Szabó József utcai autobuszgarázs (1929—30). Ez utóbbi építmény leírását a *Bautechnik* 1931. évfolyamában közli. Jelentős alkotása a budapesti Margit-híd megerősítése és kiszélesítése. Sikerrel vesz részt a budapesti Óbudai, illetve Boráros-téri Duna-hidak tervezésére kiírt pályázatokon is. Itt pályatervét 1., illetve 2. díjjal tüntetik ki.

Nagy jelentőségű oktató és alkotó munkássága elismeréseként számos kitüntetésben részesült. 1938-ban a Magyar Érdemrend középkeresztjét, 1947-ben a Magyar Köztársasági Érdemrend középkeresztjét, 1948-ban a Kossuth-díj első fokozatát, 1950-ben a Magyar Népköztársasági Érdemrend III. fokozatát nyerte el. 1957-ben a Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsa a „Munka Vörös Zászló Érdemrend”-del, 1962-ben pedig, 85. születésnapja alkalmából, a Munka Érdemrenddel tüntette ki.

A Magyar Tudományos Akadémia 1936-ban levelező tagjává, 1949-ben pedig rendes tagjává választotta. 1948-ban a Budapesti Műszaki Egyetem, 1954-ben pedig a drezdai műegyetem tiszteletbeli doktorrá avatta.

Dr. MIHAILICH Győző professzort 85. születésnapján meleg szeretettel köszöntik a tanítványok ezrei, kik mindenkor igaz hálával és őszinte tisztelettel gondolnak vissza tudós, öreg professzorukra, s 85. születésnapja alkalmából azt kívánják, hogy még hosszú éveken át jó erőben és egészségben élvezhesse a hálának, tiszteletnek és szeretetnek azt a megnyilvánulását, mely minden magyar mérnök részéről feléje száll.

A szerkesztőség

Dr. h. c. SCHLEICHER ALADÁR

1881—1962



Pár nap előtt még közöttünk volt, élveztük kedves mosolyát, a lényéből fakadó melegséget és derűt . . . Minap még csodáltuk fiatalos munkabírását, mindenre kiterjedő figyelmét, páratlan szorgalmát . . . Alig néhány napja még figyelmesen hallgattuk oktató szavait, bölcs tanítását . . . S íme, mindez immár csak az emlékezeté: dr. SCHLEICHER Aladár örökre eltávozott körünkből.

1881. július 12-én született Salgótarjánban. Főiskolai tanulmányait az ősi selmeci főiskolán végezte, hol 1904-ben fémkohómérnökke avatták. Továbbképezve magát, 1910-ben a budapesti tudományegyetemen vegyész doktori oklevelet szerzett, majd 1910—12-ben a charlottenburgi egyetemen metallurgiai tanulmányokat végzett.

Az első világháború alatt a bécsi arzenál általa berendezett kutatólaboratóriumát vezette. Ezután 1922-től kezdve mint magánmérnök fejtett ki érdekes tevékenységet, értékes tanácsokkal s irányt mutató javaslatokkal támogatva a háború után újra éledő magyar bánya- és kohóipart.

Gazdag szakismereteit irodalmi téren is bőségesen kamatoztatta. Tanulmányait különböző hazai és külföldi folyóiratokban jelentette meg. Irodalmi

munkásságának legkiemelkedőbb terméke *A metallográfia elemei* című munkája, mely 1917-ben látott napvilágot. Ezen, valamint különféle szakdolgozatain kívül külön is említésre méltók a *Vaskohászati Enciklopédia* számára írt tanulmányai, valamint a magyarországi őskohászat történetére vonatkozó dolgozatai.

Széleskörű tudásának elismeréseként a budapesti műegyetem 1919-ben magántanárrá avatta, majd 1932-ben nyilv. rk. tanári címmel tisztelte meg, a Tudományos Minősítő Bizottság pedig 1952-ben a műszaki tudományok doktora címmel tüntette ki.

Mint előadó tanár a magyar felsőoktatás terén élénk tevékenységet fejtett ki. Éveken át ő látta el Sopronban, majd Budapesten a metallográfia és fémtechnológia egyetemi előadásait.

Elismeréssel kell megemlékeznünk a Magyar Tudományos Akadémia műszaki folyóiratainak szerkesztése terén kifejtett értékes munkásságáról is. Az *Acta Technica* és az *Osztály Közlemények* szerkesztő bizottsága és szerzői gárdája mindenkor tisztelettel tekintett tevékenységére, nagyra értékelve ügybuzgalmát és a magyar tudomány érdekében kifejtett áldozatos tevékenységét.

1961. július 12-én tisztelői és barátai meleg ünnepség keretében emlékeztek meg 80. születésnapjáról. Ez alkalommal a Népköztársaság Elnöki Tanácsa a Munka Érdemrenddel tüntette ki, a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem pedig tiszteletbeli doktorává avatta. Ugyanakkor a *Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közleményeiben* VERŐ József akadémikus méltatta érdemeit, a *Kohászati Lapok* hasábjain pedig ÁRKOS Frigyes emlékezett meg a magyar kohászat terén kifejtett értékes munkásságáról.

Dr. SCHLEICHER Aladár 82 éves korában, tevékeny alkotómunka közepette hirtelen távozott körünkből. Távozása súlyos csapás mindazokra, kik tisztelték széleskörű tudását, és szerették emberi fogatékosságoktól mentes, kedves egyéniségét. Tanítványaival együtt mi is hálával és elismeréssel gondolunk vissza személyére, s kegyelettel hajtjuk meg előtte az emlékezés zászlaját.

A szerkesztőség

Dr. h. c. Schleicher Aladár irodalmi munkássága

1. Néhány fémszulfid magatartása kaliumcyanid oldataiban. *Bányász. és Kohász. Lapok* 41 (1908) I. köt., 65—71.
2. A ciansav hydrolitos bomlásáról és erősségéről. Bölcsészetdoktori értekezés, Budapest, 1910, 36.
3. A metallográfia fejlődéséről és irányairól. *Bányász. és Kohász. Lapok* 44 (1911) I. köt., 246—251.
4. Experimentelle Untersuchungen am System Kadmium-Zinn. *Intern. Zeitschr. für Metallographie* 2 (1912) 76—89.
5. Kísérleti vizsgálatok a kadmium és az ón ötvözeteivel. *Magy. Chemiai Folyóirat* 20 (1914) 81—86.

6. Studien am ternären System Kupfer-Kadmium-Antimon. *Intern. Zeitschr. f. Metallographie* 3 (1912) 102–126.
7. Kísérleti tanulmányok a kadmium, réz és antimon hármas ötvözeteivel. *Magy. Chem. Folyóirat* 19 (1913) 119–125 és 137–142.
8. Elektrische Widerstandsmessungen an Gemischen von Kupfer und Quecksilber. *Zeitschr. für Elektrochemie* 18 (1912) 998–1000.
9. Réz meg higany elegyeivel végzett elektromos ellenállásmérések. *Magy. Chem. Folyóirat* 20 (1914) 145–149.
10. A fémek anyagok vizsgálatánál használt mikroszkópokról és mikrografáló berendezésekről. *Bányász. és Kohász. Lapok* 45 (1912) II. köt., 435–449.
11. Oxigénnel való vágás az acélöntőműben. *Bányász. és Kohász. Lapok* 45 (1912) 464–465.
12. Über die Legierungen des Goldes mit Arsen. *Intern. Zeitschr. f. Metallographie* 6 (1914) 18–22.
13. Az arany és arzén ötvözetei. *Magy. Chem. Folyóirat* 20 (1914) 107–111.
14. Resistometrische Studien an einigen Eisen-Nickel-Legierungen. *Zeitschr. für Elektrochemie* 20 (1914) 237–252.
15. A földgáz felhasználása a fémek autogén hegesztésére és vágására. *Vegyszeri Lapok* 9 (1914) 132–133.
16. A mai hadviselés néhány fontos anyaga. *Természettudományi Közöny* 46 (1914) 661–664.
17. A fémek anyagok vizsgálatának újabb módszerei. *Természettudom. Közöny*, Pótfüzetek 46 (1914) 113–131.
18. A metallografia alapfogalmai. Budapest, 1917. Orsz. Magy. Bányász. és Kohász. Egy. kiadása 169. 1. és 4 tábla.
19. Über den Einfluss des Antimons auf die Festigkeitseigenschaften des Eisens. *Stahl und Eisen* 42 (1922) 781.
20. Das magnetische Verhalten von Messing mit Eisengehalt. *Zeitschr. für Metallkunde* 15 (1923) 227–228.
21. Über Fehlstellen im legierten Stahl. *Stahl und Eisen* 43 (1923) 1449–1452.
22. Über Aenderungen der Eigenschaften der Zinnbronze beim Pressen und Schmieden. *Zeitschr. f. Metallkunde* 18 (1926) 322–323.
23. Sur la formation de la ferrite et la diminution de la résistance au choc des aciers au chrom-nickel améliorés. *Revue de Métallurgie* 24 (1927) 293–295.
24. Króm-nikkel-acélok vizsgálata, különös tekintettel a lövegek anyagával szemben támasztott igényekre. *Magyar Mérnök- és Építész Egylet Közl.* 65. (1931) 51/52, 19.
25. Vízvezeteki cső anyagának kiválasztásáról. A Magyar Mérnök- és Építész Egyletben tartott előadássorozat és vita tanulságai. *Magy. Mérnök- és Építész Egylet Közl.* 66 (1932) 185–188.
26. Hegesztett illesztések minőségének bírálata sztatikai vizsgálat alapján. *Értekezések, beszámolók a műszaki és gazdaságtudomány köréből.* 1943. VI. füzet. Társzerző dr. Verő József.
27. Beiträge zur statischen Prüfung von Schweissverbindungen. *Mit. d. berg- und hüttenmänn. Abt. zu Sopron* 15 (1943) 171–206. 26. és 27. Társzerző dr. Verő József.
28. Adatok a hazai nikkelkohászat és a losonci nikkelkohó történetéhez. *Bányász. és Kohász. Lapok* 1947. 12. szám.
29. Beiträge zur Geschichte des Hüttenwesens in Ungarn. I. Die Geschichte des Metallhüttenwesens auf dem Gebiete des Mátra-Gebirges. *Acta Technica Acad. Sc. Hung.* 2 (1951) 3–46.
30. Karbon vagy szén? *Öntöde* 3 (1952) 167–168.
31. Karbon vagy szén? *Öntöde* 3 (1952) 286–288.
32. Vashenger öntése lángkemencéből. *Kohászati Lapok* 86 (1953) évf., *Öntöde* 4 (1953) 45–48.
33. Über die Wirkung des Arsens auf die Warmverformbarkeit und Schweissbarkeit des Kupfers. *Acta Technica* 6 (1953) 201–207.
34. Beiträge zur Geschichte des Hüttenwesens in Ungarn. II. Über die spätmittelalterliche Verarbeitung des Messings und über die Drahtzieherei in Europa. *Acta Technica* 7 (1953) 225–231.
35. A sárgaréz késő középkori feldolgozása és a dróthúzás kezdete Magyarországon. *A Magy. Tud. Akad. Műsz. Tud. Oszt. Közl.* 9 (1953) 367–370.
36. Adatok a Börzsöny-hegység ércbányászatának történetéhez. *A Magy. Tud. Akad. Műsz. Tud. Oszt. Közl.* 9 (1953) 415–435.
37. Cementálás, szénítés, szenezés. *Szabványosítás* 5 (1953) 147.
38. Beiträge zur Geschichte des Hüttenwesens in Ungarn. III. Die Wiederherstellung eines in 1813 erbauten Hochofens. *Acta Technica* 8 (1954) 425–433.
39. Az 1813. évben épült és 1952-ben újjáépített újmassai nagyolvasztó. *Magy. Tud. Akad. Műsz. Tud. Oszt. Közl.* 12 (1954) 403–411.

40. Beiträge zur Geschichte des Hüttenwesens in Ungarn. IV. Die erste betriebsmässige Erzeugung des Tellurs. *Acta Technica* 9 (1954) 213—222.
41. A műszaki tudományok osztálya műszaki tudománytörténeti főbizottságának vitaülésén elhangzott előadásokhoz tartott hozzászólás. *Akadémiai Értesítő* 62. (1955) 132—135.
42. A kislódi vashámor története. Nyersvastermelés bauxitos elegyből a XVIII. században. *Magy. Tud. Akad. Műsz. Tud. Oszt. Közl.* 21 (1957) 397—413.
43. Data on the history of metallurgy in Hungary. V. Manufacture of pig iron from high alumina ores in the 18th century. *Acta Technica* 18 (1957).
44. In Memory of Anathony Kerpely Sen. (1837—1907). *Acta Technica* 19 (1957) 245—247.
45. Project of Blast Furnace and Blast Engine. Dated from 1816. *Acta Technica* 20 (1958) 137—144.
46. Nagyolvasztó és hozzátartozó fúvógép terve 1816-ból. *Magy. Tud. Akad. Műsz. Tud. Oszt. Közl.* 22 (1958) 91—98.
47. Adatok a kohászat magyarországi történetéhez. VII. Magyarország, mint az ún. európai amalgamáció bölcsője. *Magy. Tud. Akad. Műsz. Tud. Oszt. Közl.* 29 (1961) 407—416.
48. Data on the History of Metallurgy in Hungary VII. Hungary, the Cradle of the So-Called European Amalgamation. *Acta Technica* 39 (1962) 441—450.
49. Adatok a kohászat magyarországi történetéhez. VIII. A kislódi vashámor története. II. r. *Magy. Tud. Akad. Műsz. Tud. Oszt. Közl.* 30 (1962) 393—406.

*

Dr. h. c. SCHLEICHER Aladár több műszaktörténeti tanulmánya nyomdai előkészítés alatt áll. Ezek részint az *Acta Technica*-ban, részint az *MTA Műsz. Tud. Oszt. Közleményei*-ben fognak megjelenni.

BESZÁMOLÓ A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK MUNKÁJÁRÓL

GELEJI SÁNDOR
AKADÉMIKUS, OSZTÁLYTITKÁR

Elhangzott a Műszaki Tudományok Osztályának az MTA 1962. évi Nagygyűlése keretében
április 5-én tartott nyilvános ülésén

Bevezetés

A Magyar Tudományos Akadémia 1962. évi közgyűlése és osztályülésünk olyan időben ül össze, amikor az egész világon a Szovjetunió Kommunista Pártjának XXII. kongresszusi határozatai kerülnek megtárgyalásra Keleten és Nyugaton egyaránt. A kommunizmus műszaki anyagi bázisának megteremtése, amit a XXII. kongresszus az elkövetkezendő hosszabb távra a szovjet nép elé feladatul tűzött, a szocialista tábor valamennyi országa számára, így hazánk számára is fényes perspektívákat nyújt. A program rámutat arra, hogy „a kommunizmus a gyors tudományos és műszaki haladás révén lehetővé teszi a társadalmi termelés szakadatlan fejlesztését és a munka magasfokú termelékenységét, hatalmasra növeli az embernek a természet feletti hatalmát, és lehetővé teszi, hogy mindinkább és mind teljesebben irányítsa a természetet vak erőt. Az egész társadalomgazdaság tervszerű szervezése eléri a legmagasabb fokot, megvalósul az anyagi gazdaság és a munkaerők leghatékonyabb és legésszerűbb felhasználása a társadalom tagjai növekvő szükségleteinek kielégítésére.”

Az MSZMP VII. kongresszusa is határozott állást foglalt a műszaki fejlesztés rendkívüli fontossága mellett. A Párt lerögzítette, hogy a második öt éves tervben, mellyel a szocializmus alapjait rakjuk le hazánkban, a tudomány eredményeit a termelés nem nélkülözheti.

A Magyar Tudományos Akadémiának, különösen a Műszaki Tudományok Osztályának feladatai ismertek ebben az építőmunkában, amint az a programban kifejezésre is jut. A Párt minden eszközzel előmozdítja, hogy a tudomány jelentősége tovább növekedjék a kommunista társadalom építésében, ösztönzi a termelőerők fejlődésével új lehetőségeket feltáró kutatásokat, a legújabb tudományos és műszaki eredmények széleskörű, gyors gyakorlati megvalósítását.

Napjainkban a műszaki fejlődés a műszaki munkát nagymértékben átalakítja. A műszaki munka mindennapos gyakorlatában egyre nagyobb jelentőséghez jut a tudományos kutatás, az elméleti és kísérleti munkán alapuló fejlesztés. Ez azt is jelenti, hogy a mérnöki munkának egyre nagyobb

része lesz majd a kutatás, és a mérnökökkel szemben támasztott igények mind elméleti, mind tudományos szempontból egyre növekednek.

A műszaki tudományt ma már nem lehet a termeléstől elszakítva elképzelni. A tudomány művelőinek, de a gyakorlatban dolgozóknak is meg kell érteniük, hogy a ma tudománya a holnap termelését jelenti.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának a párthatározat végrehajtásában nagy feladat jut. Az MSZMP Központi Bizottságának a XXII. kongresszussal kapcsolatos határozata is kimondja, hogy egyre növekvő feladatok hárulnak a tudományok művelőire az anyagi javak nagyobb bőségéért, a szebb és jobb életért folyó harcban. A magyar műszaki tudósok örömmel vállalják a rájuk háruló megtisztelő feladatokat, és minden erőfeszítést megtesznek azok sikeres végrehajtása érdekében.

*

Ezek után engedjék meg, hogy áttérjek az Osztály elmúlt évi munkájának ismertetésére.

Beszámolóm foglalkozik az akadémiai kutatások eredményeivel, az Osztályvezetőség irányító és ellenőrző tevékenységével, ezen belül a műszaki tudományok helyzetének elemzésével, bizottságainak munkájával, tudományos rendezvényeinkkel, nemzetközi kapcsolataink helyzetével, minősítési és aspiráns ügyekkel, könyv- és folyóiratkiadásunk helyzetével.

Nézzük meg az Osztályhoz tartozó kutatóhelyek munkáját és eredményeit külön-külön.

I. Intézetek, laboratóriumok, kutatócsoportok

Műszaki Fizikai Kutató Intézet

Az intézetben a félvezető anyagok fizikájára vonatkozó kutatások 1961. évre kitűzött célja a félvezetőanyagok, elsősorban a germánium felületi tulajdonságainak vizsgálata volt.

Ennek során vizsgálta az intézet a felületi abszorpció, az adalékanyagok gázfázisból való bediffundáltatásának hatását, a fajlagos ellenállás hőmérsékletfüggését stb.

Ezen a területen az intézet egyik fő eredményének tekintik a fiatal tudományos dolgozóknak olyan mértékű fejlődését, amelynek következtében azok önálló tudományos munkára váltak képessé (lásd közlemények, szabadalmak).

Komoly eredményeket ért el az intézet a kísérleti fémfizika területén a wolfram kristályosodási folyamatának vizsgálatával kapcsolatban. A Német Tudományos Akadémiával folytatott együttműködés keretében a drezdai

Reinstoff Institutban zónás olvasztásnak alávetett wolframfém plasztikus alakváltozásait vizsgálva, elméletileg új eredményeket kaptak.

Igen jelentős megállapításnak tekinthető az a felismerés, hogy a wolfram kedvező tulajdonságait előidéző káliumadalékanyagok a WO_3 redukció során válnak hatásossá.

Eredményesnek mondhatók az elektronfizika területén az alábbi kutatások:

Az intézet vizsgálta a közel atmoszféranyomású gázban termikus elektronok hatására képződő elektromos ív keletkezésének mechanizmusát, itt az elektrontöltés érdekes befolyására mutattak rá. Tömegspektrométerrel vizsgálták a wolframból kipárolgó szennyezéseket, mint az ív valószínű kiváltó okát.

Rendkívül fontosak azok a vizsgálatok, amelyeket a párologtatott rétegek kristályosodására vonatkozólag végeztek.

Geokémiai Kutató Laboratórium

A Geokémiai Kutató Laboratórium 1961. évi munkájából kiemelhető az új szemléletű magmás kőzetan elméleti kutatásainak befejezése.

A laboratórium munkája 5 témára terjed ki. Ezek közül legfontosabb a magmás kőzetan egyes fejezeteinek (ércesedés, alkáli kőzetek, metasomatózis stb.) részletes kidolgozása, ami a magmás és metamorf kőzetekről alkotott eddigi ismereteinket lényegesen továbbfejlesztette, illetve új megvilágításba helyezte. További jelentős tevékenység a magmás és üledékes kőzetek egykori hőmérsékletére és a hozzátartozó nyomásra (paleotermometria, paleomanometria) vonatkozó vizsgálatok. Ugyancsak új vizsgálati módszerként született meg a kőszéntelepek UV-lumineszcencia vizsgálata, amely fontos kőszénbányászati kérdéshez új megoldást nyújt.

Geodéziai Kutató Laboratórium

A Geodéziai Kutató Laboratórium a felsőrendű alapvonalmérések elméleti vizsgálata terén az invardrótok behajlási és nyúlási korrelációinak laboratóriumi mérésére dolgozott ki módszereket. A libella vizsgálatokra kidolgozott új eljárás tisztán matematikai összefüggések alapján lényegesen fokozza a másodpercelibellákkal elérhető mérési pontosságot. Rendszeresen végrehajtották a nagyecenki asztrogeodéziai obszervatóriumban a Nemzetközi Szélesség Szolgálat méréseit az értékelésre és a pontosság fokozására irányuló kutatásokkal egyidejűleg. A kiegyenlítőszámítás vizsgálati módszereit alkalmazták és továbbfejlesztették a hossz méréses hálózatokkal, az egyképes fotogrammetriai eljárások tájékozási adataival, a földalatti szeizmikus reflexiók mérésekkel és a földrengési központok meghatározásával kapcsolatban. Javaslatokkal és

új ellenőrző eljárásaikkal jelentős segítséget nyújtanak a Magyar Optikai Műveknek a műszerek bevezetésétől a sorozatgyártásig. Eredményeikről nemzetközi konferenciákon számoltak be az év folyamán.

Geofizikai Kutató Laboratórium

A Geofizikai Kutató Laboratórium 4 témakörben folytatta kutatásait. Folyamatosan biztosították a nagycenki obszervatóriumban a földiáramok és a földmágnesség adatainak regisztrálását. Megkezdték a légelektromos műszerek használatát, és mérési eredményeikből következtetéseket vontak le a csúcskiszüléssel szállított töltésmennyiség időbeli elosztására vonatkozólag. Tanulmányozták a mágneses és ballisztikus pulzációk, öbölháborgások kapcsolatát anizotrop közegben, melynek alapján részben a szerkezetkutatáshoz, részben pedig az elektromágneses tér természetére nézve kaptak érdekes felvilágosításokat. Összefoglalták a négy éve működő földiáram-obszervatóriumnak a spektrumvizsgálat terén elért eredményeit. A tanulmány fizikai alátámasztását adja az egyes perióduscsoportok határának. Az országos földiáram-mérések frekvenciaszondázásai alapján megállapították, hogy a tellurikus vizsgálatok a kéregvastagság meghatározására is alkalmasak.

Olajbányászati Kutató Laboratórium

A hazai kőolajtelepek folyadékai határfelületi viszonyainak vizsgálata során megvizsgálták a Guastalla-módszer pontosságát és alkalmazhatóságát kőolaj-rétegvíz rendszereknél, és a módszert céljainkra alkalmasnak találták. Kőolajaink felületaktív-anyag tartalmának vizsgálatára berendezést szerkesztettek, amely az olajcseppet burkoló felületi hártya határhelyzetéből enged következtetni a koncentrációra, és ezzel megkezdték kőolajaink vizsgálatát.

A szintetikus porózus testek készítésére kidolgozott módszert — amellyel tetszés szerinti szerkezetű standard modelleket lehet előállítani — továbbfejlesztették, és szabadalmazásra bejelentették. Berendezkedtek a fajlagos felület mérésére.

Továbbfejlesztették az olajkiszorításra szerkesztett kísérleti berendezéseket és módszereket, és hosszú kísérletek után megoldották porózus üvegmodelljeik hidrofiliájának szilikonos kezeléssel történő szabályozását, ami jelentős eredmény.

Automatizálási Kutató Laboratórium

A laboratórium egyes témáit a következőkben foglalhatjuk össze:

Automatika-elmélet fejlődése. Főleg a mintavételes szabályozási rendszerekre, valamint a sztochasztikus folyamatok irányítástechnikai kérdéseire

irányult a kutatás. Megkezdődött egy gyökhelygörbe-felvevő, analóg számológép tervezése is.

Villamos számoló és léptető elemcsoportokat készített a laboratórium. Ezenkívül folytatódott a KGST keretében rögzített műszaki követelményeknek megfelelő egységes elemek tervezésére vonatkozó alapkutatás.

Mágneses erősítő végfokozatú feszültségszabályozó kifejlesztésének témájában elkészült a háromfázisú mágneses végerősítő, továbbá a feszültségszabályozót bizonyos részletek átalakításával lényegesen egyszerűsítették.

Digitális elven működő szabályozó készült el villamos hajtások számára.

Az autodin továbbfejlesztésére a laboratórium a moszkvai autodin laboratóriummal szorosan együttműködött.

A hazai igények kielégítésére továbbfejlesztette a laboratórium a nagyobb teljesítményű feszültségszabályozó autodint.

A komplex automatizálás célját szolgáló irányítórendszer előzetes vizsgálatait és irányítási algoritmusok kidolgozását folytatta a laboratórium.

Fenti témákon kívül a laboratórium részben az Almásfüzitői Timföldgyár, részben pedig a Felvonógyár számára konkrét segítséget nyújtott az iparnak.

Ipargazdaságtani Kutató Csoport

Az 1961. év folyamán a kapacitáskihasználás és a folytonos üzemű termelés témakörben 30 gyárban közvetlenül is folytatott helyszíni tanulmányok alapján máris érték el a gyakorlat számára hasznosítható részeredményeket szervezési irányelvek kimunkálásában. E tárgykörben összefoglaló tanulmány készül a Varsóban megtartandó ipargazdaságtani konferenciára, miután nézetük szerint erre vonatkozó vizsgálataik a szocialista országok számára is jelentősek.

A termelékenységet befolyásoló tényezők vizsgálatával kapcsolatban tanulmányok készültek a termelékenység tényezőinek és tartalékainak meghatározására, és a KGM Ipargazdasági és Üzemszervezési Intézetével munkaközösségben üzemi vizsgálatok indultak meg a gépi adatfeldolgozás igénybevételével. Az eredmények értékelése jelenleg folyik.

II. Céltámogatott kutatóhelyek tudományterületenként

Földtan—Geokémia

ELTE Földtani Intézet. Az intézet 6 témán dolgozott. Különösen elismerésre méltók a Dunántúli Középhegység triász képződményeinek vizsgálata terén elért eredmények. A vizsgálatok ezen a téren az említett terület egészére kiterjedő korszerű és átfogó földtani kép kialakítására irányultak.

Az intézet ezzel fontos hézagpótló munkát teljesít. Jelentős új elméleti megállapításokat eredményezett a negyedkori képződmények vizsgálata.

Szegedi Ásvány-Kőzettani Intézet. Az intézet 4 témán dolgozott. Kiemelendő eredmény a hazai ásványelőfordulások leírása mellett az előfordulások ásványtársulásai keletkezésének feltárása. Fontos adatokat szolgáltatott az urkuti oxidos mangánérccek vizsgálata is.

Geofizika

Az ELTE Geofizikai Tanszék a céltámogatás segítségével folytatta a Föld belső szerkezeti és szeizmológiai vizsgálatokat. Kidolgozták a paleogeográfiai térképek és a tágulás közötti kapcsolat pontosabb elméletét. Meghatározták a Föld belsejének paramétereit a kambrium kezdetére, megvizsgálták a paleomágneses és paleoklimatikus adatok kapcsolatát. Finomították a magnetizmus mechanizmusára vonatkozó eredményeiket. Üzembe helyezték a sashegyi földrengésjelző obszervatóriumot, és a műszerfelszerelés kiegészítésén dolgoztak.

Bányászat

A Bányászati Munkaközösség az 1961. év folyamán folytatta azoknak az analitikai összefüggéseknek kutatását, amelyeket a bányászati telepítések analitikája eddig még nem tárgyalt. Az analitikai számításokhoz tartozó rendkívüli gazdasági előny indokoltá teszi a vizsgálatoknak a legnagyobb mélységig történő folytatását. Az eddigi eredményeket a Bányászati Kutató Intézetten keresztül az ipar hasznosította, és így gazdaságosabban működő bányák telepítésére nyílt lehetőség.

A mélybányászat tervezéséhez szükséges alapadatok egy részét szolgáltatja a bányalevegő felmelegedésének elméleti vizsgálata. Az 1961. évben a téma keretében a hőátadási tényező befolyásának, valamint a mesterséges hűtés különböző hőforrások figyelembevételével meghatározott határfokának vizsgálatát befejezték.

Magyarország altalaja geotermikus viszonyainak mérés útján való megállapítását az 1961. évben a geotermikus adatok feldolgozásával folytatták; az Alföldön fűrt olaj- és vízkutatófúrásokból kapott kőzetmintáknál hővezetőképesség-mérést és termikus adatmeghatározást végeztek. Az 1962. évben a kutatásokat a dél-zalai olajvidékre is kiterjesztik.

A hidrociklon elméleti kérdéseivel, továbbá a légemelő hidrociklon vizsgálatával kapcsolatban az 1961. év során tudományos publikációk jelentek meg. A tudományos kutatás már az 1960. év során a flotációs folyamatok kinetikájának irányában tolódott el, és e területen folyó évben az eredmények egyetemi doktori disszertációban összpontosultak.

Energetika

A Kalorikus Gépészeti Munkaközösség az 1961. évben 12 témával foglalkozott, és ezeken belül a következő fontosabb eredményeket érte el: A keverőkondenzátor-témával kapcsolatban az üzemi mérések alapján megvizsgálták a légtelenítés és az indulási gyors-leszívás elméletét. Elkészült két hőcserélő mérőállomás és három termokémiai hőtranszformátor. Javaslat készült a gáztalanító berendezések gazdaságosságát fokozó kapcsolásmódra. A gáz-hűtésű reaktorokkal kapcsolatban elkészült a teljesítménysűrűség meghatározására vonatkozó számítás. Befejeződött a Diesel-motorokban a gyúlási késedelem ideje alatt lejátszódó fizikai-kémiai folyamatok vizsgálata.

A Kalorikus Munkaközösség keretében folyó munkák eredményeképpen jelentés készült az Energia Világkonferencia Melbourne-i ülészaka számára, és több előadás hangzott el az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesületben.

Az Erősáramú Villamos Munkaközösség 1961-ben a következő fontosabb eredményeket érte el:

Javaslat készült a generátorszigetelés félvezető bevonatának számítási módszerére, amelynek alapján a műhorony készítése megindulhatott. Elkészült a tranziens analízátor, és megkezdődtek a mérések. Kidolgozták a szikraközök védőtávolságát növelő módszert. A vándorhullámok korona okozta torzulására irányuló vizsgálatok eredményeképpen gyakorlati következtetéseket tartalmazó tanulmány készült. A nagyvasúti soros egyenáramú motorokkal kapcsolatban sikerült több fontos összefüggést és tervezési alapadatot tisztázni. Elkészült a villamosgépek hornyaiban elhelyezett vezetők egységes számításmódja. Az egyenáramú shunt-motorok stabilitásának vizsgálatával kapcsolatban új, eddig még nem ismert, gyakorlatilag fontos megállapítás született. A munkaközösség keretében elért eredményekről négy publikáció készült.

Kohászat

A Kohászati Munkaközösségen belül 1961-ben 5 tanszék összesen 16 jóváhagyott kutatási témán dolgozott, és valamennyi témával kapcsolatban folytattak kutatómunkát.

Kiemelkedő kutatási részeredmények:

A fóliahengerlés erő- és teljesítményszükségletének megállapítása c. téma keretében a kísérletek az év elején lezárultak, a kísérletek értékelése megtörtént.

A színesfémek melegalakítása folyamán mutatkozó jelenségek kísérleti vizsgálata témakörben a réz melegduzzasztási kísérletei folytatódtak.

Az acél edzésével összefüggő egyes problémák vizsgálata során az átalakulások térfogatváltozáson alapuló vizsgálatára alkalmas dilatometer elkészült.

Az újrakristályosodási vizsgálatok során sikerült az egyes acélfajtákon az alakított austenit-szemcsenagyság láthatóvá tétele.

A nyersólom réztelenítésével kapcsolatos téma keretében vizsgálatok folytak a nitrogén-atmoszférában végzett kénező olvasztás optimális feltételeinek megállapítására.

Az acéltuskótápfaj hűlésviszonyainak vizsgálatával foglalkozó téma keretében a Lenin Kohászati Művekben előkísérletek folytak.

Az oxigénbefúvatás hatása az acél kéntelenítési folyamatára c. kutatási téma keretében a kísérleti módszer kidolgozásához és a mérések tökéletesítéséhez szükséges kísérleti adagok gyártása folyt.

Az 1961. évi kutatások egyes részeredményeinek ipari realizálásával kapcsolatban említésre méltó a nyers ólom réztelenítési eljárásának ipari bevezetése, az alumínium-elektrolízis gazdaságos áramsűrűségére vonatkozó kutatások ipari realizálása.

Gépészet

Gépszerkezettani Munkaközösség. A kifáradási határ és a statikus szilárdsági adatok közötti összefüggés megállapítása c. témában az elvégzett kísérletekkel megadták a téma kidolgozásához szükséges elméleti alapot. A különböző kialakítású ékhornyok befolyásának vizsgálata a tengelyanyagok kifáradási határára c. témát befejezték, az eredményeket bemutatták a Korszerű Méretezési Konferencián.

A gördüléskor keletkező képlékeny alakváltozások c. téma első részét értékes kandidátusi disszertáció bemutatásával és megvédésével zárták le.

A kifáradásra vonatkozó elméleti és kísérleti anyag összegyűjtése és bírálata c. témában lezárták a feszültséggradiens felbontására vonatkozó vizsgálatokat, és erről a Korszerű Méretezési Konferencián számoltak be.

A csavarkötések terhelhetőségének és kifáradásának vizsgálata c. témában elért eredményt ugyancsak a Korszerű Méretezési Konferencián mutatták be.

Áramlástechnikai Munkaközösség

A hátrahajló lapátozású járókerék vizsgálata terén új eredmények tekinthető a járókerekek elektronikus számítógéppel történő számítása, másrészt iparilag jól használható új ventillátortípusok kidolgozása.

Nehézgépészeti Munkaközösség

Műanyag gépelemek alkalmazási lehetőségének vizsgálata c. témában kísérleteket folytattak fogaskerekekkel. Az elért kísérleti eredményeket bemutatták a Korszerű Méretezési Konferencián. Ezek a vizsgálatok a műanyagoknak a gépiparban való felhasználását segítik elő.

A térbeli optikai feszültségvizsgálattal kapcsolatos alapkutatások terén néhány konkrét csavarási probléma mérését és ezeknek az elméleti számításokkal való összehasonlítását végezték el.

Jelentős új megoldást találtak a képlékeny hullám terjedése alumíniumban c. téma kutatása során.

Híradástechnika

A Vezetéknélküli Híradástechnikai Tanszéken az a színes képbontót (televízió) készítették el. Az akusztikai csoport jelentős eredményeket ért el az objektív teremakusztikai vizsgálatok terén.

A Vezetékes Híradástechnikai Tanszéken elkészült az impulzuselosztó mezőny kísérleti példánya.

A Finommechanika-Optikai Tanszéken az 1961. évben megindult a spektroszkópiai kutatócsoport munkája is.

Építészet

Építéstudományi Munkaközösség. Az 1961. évi eredmények alapján az alábbi kutatási feladatok emelhetők ki, mert az e témákban eddig elért eredmények jelentősek.

A beton szilárdsági és alakváltozási jellemzőinek vizsgálata c. témát szükségessé tette a beton készítésének nagymérvű fejlődése. A betonszilárdságok közötti relációk elméleti és kísérleti vizsgálata alapján a Munkaközösség olyan minősítő vizsgálati módszer bevezetésére tett javaslatot, mely több adatot szolgáltat, és így a beton minőségének meghatározását pontosabbá teszi. Az eddigi kutatási eredmények alapján a természetesen szilárdított betonok alakváltozása és feszültsége között olyan összefüggés kidolgozása volt lehetséges, mely a függvény teljes tartományában igen jól egyezik a nagyszámú kísérleti eredményekkel.

Összpontos erővel terhelt, egy irányban teherviselő, ferde vasbetonlemezek teherbírásának számítása a törési elmélet alapján c. témával kapcsolatban végzett kutatómunka eredményeként beigazolódott, hogy a törési elmélet alkalmas a teherbírás számítására. A kidolgozott számítási eljárás nemcsak a ferde, hanem a derékszögű lemezek teherbírásának meghatározására is alkalmas.

Különbféle szilárdságtani, stabilitási és gazdaságossági problémák vizsgálata c. témával kapcsolatban végzett kutatómunka eredményeként sikerült egyszerű, zárt formulákat felállítani egyes csavarásra igénybe vett rudak feszültségszámítására. A gazdaságos részlettervezéssel kapcsolatos egyik minimum értékfeladat elektronikus számítógépre alkalmazott számítási programjának kidolgozása is megtörtént. Eredményeket értek el a földnyomási, talaj-

stabilizálási és az alapozás egyes elméleti kérdéseiben végzett kutatásaikkal (cölöpteherbírási, talajtömés ferde irányú erőhatásokkal szemben).

A méretarányhatás modellhatárméret vizsgálata című témában a torzított folyásmodellezés elvi kérdéseinek vizsgálatára három szabályos sinusgörbekanyarból álló kísérleti csatornát építettek. A berendezésen felszíni áramkép, valamint felszíni sebességeloszlás felvételeket készítettek, és vizsgálták a fenéksebességek irányát a csavaráramlás mértékének meghatározására.

Vízépítési Kutató Csoport. Mozgókat csillapítóterének hidraulikája c. témakörben feldolgozták azokat a vizsgálatokat, amelyek mozgógát utáni utófenék hidraulikai méretezésére vonatkozóan használatosak és a gyakorlatban elterjedtek. Az összehasonlítás alapján levonhatók bizonyos általános következtetések.

A többcélú vízhasznosítás gazdaságossága című téma keretében foglalkoztak a folyami vízerőműveknek a hajózásra gyakorolt hatásával. Ez egyik korábbi vizsgálatuknak folytatása, amelynek újabb eredményeit az 1961. július havi drezdai közlekedéstudományi kongresszuson adták elő.

Közlekedéstudomány

A *Közlekedéstudományi Munkaközösség* 1961. évi kutatási tervének megfelelően döntő többségben a távlati kutatási terv közlekedéstudományt illető főfeladataiban meghatározott témákkal foglalkozott. A befejezett témák eredményeként a különböző sínlekötések dinamikai terhelés alatti viselkedésének számszerű értékelése most már kísérleti állandók alapján végezhető. A vasúti járművek haladásának jóságára vonatkozó mérési és számítási eljárások a járműtervezésnél használhatók eredményesen. A személyszállítás forgalommegoszlásai alapelveinek feltárása és a regionális tervezéssel kapcsolatos alapkutatások a további tudományos munkákhoz nyújtanak útmutatást. A kutatások eredményeként a homok és homokos kavics utak stabilizálásának kérdése megoldottnak tekinthető; a kidolgozott eljárás a gyakorlatban bevált.

Könnyűipar

A *Könnyűipari Munkaközösség* kutatómunkájában az 1961. évben a reológiai vizsgálatok terén születtek eredmények. E munka keretében elkészült egy új, az eddiginél jobb és szélesebb körben felhasználható rotációs viszkoziméter, és ennek segítségével az ipar számára jól felhasználható, gazdaságos és olcsóbb eljárások nyertek kidolgozást, valamint jelentős tudományos megállapítások is lehetővé váltak az új rotációs viszkoziméteres mérések alapján.

Az Osztályvezetőség az elmúlt év folyamán nagy aktivitást fejtett ki tudománypolitikai és szervezési, valamint ellenőrzési tevékenysége során.

Megvizsgálta az Osztály helyzetét az Akadémián, fennállása óta. Sajnos azt kellett megállapítania, hogy több mint 10 év alatt az Osztály alig jutott előre az önálló kutatóbázis kifejlesztésében. A távlati kutatási terv kidolgozása élesen rávilágított műszaki alapkutatási helyzetünk teljes elégtelenségére. Fel kellett vetni azt a kérdést, hogy mennyiségileg jelentéktelen akadémiai hálózatunk meg tud-e felelni a fokozatosan növekvő alapkutatási kívánalmaknak. Az Osztályvezetőségnek az a nézete, hogy kutatási bázisa ehhez nem elegendő, és hogy az Akadémiának mindent el kell követnie, hogy a döntő népgazdasági feladatok megoldásához szükséges műszaki alapkutatás előfeltételeit megteremtse. Az a véleményünk tehát, hogy a műszaki tudományos kutatást az Akadémián belül hathatósabban kell támogatni.

Itt rá kell mutatnom arra, hogy az Elnökség az előterjesztésünk tárgyalásánál problémáinkkal kapcsolatban megértést tanúsított, s az 1962. évi személyi és pénzügyi fejlesztés elosztásánál az Osztály igényeit lényegében honorálta.

Az elmúlt 12 év alatt önálló kutatóbázis hiányában az Osztály erőfeszítéseket tett az egyetemi műszaki alapkutatás fejlesztésére. Bár értünk el bizonyos sikereket, mint az ismertetett tudományos eredmények is bizonyítják, azonban az Osztály részéről szervezett egyetemi kutatás rendezetlensége egyre komolyabb gondot okoz. A Művelődésügyi Minisztériumban mind határozottabban nyilvánul meg az a törekvés, hogy a kutatómunkát az Akadémiától függetlenül végezzék az egyetemek. Nemrégben a Művelődésügyi Minisztérium részéről hivatalosan vetették fel azt a javaslatot, hogy azon tanszékek tudományos munkájának támogatását, amelyeknek az élén nem akadémikus professzor áll, adjuk át a minisztériumnak. Indokolásul azt hozták fel, hogy az Akadémia VI. Osztálya nem támogatja megfelelő összeggel az ott folyó műszaki alapkutatásokat. Sajnos, ez az érvelés helytálló. Már évek óta hangoztatjuk, hogy az Osztály nem kap elegendő céltámogatási keretet az egyetemi alapkutatás támogatására.

Véleményünk az, hogy ha a műszaki alapkutatás az egyetemeken kikerülne a Műszaki Tudományok Osztályának kezéből, az annak visszaesését vonná maga után. Hiányozna az a kívülálló szerv, mely a munka irányát megszabja, kívánt fokon koordinálja, az eredményeket objektíven ellenőrzi, és kellően értékelni tudja.

Feltétlenül rendezni kell az Akadémia által szervezett és finanszírozott kutatás helyzetét az egyetemeken. A tanszemélyzetet érdekeltté kell tenni az akadémiai kutatásban, ugyanakkor koordinálni kell az egyetemi tanszéki és az akadémiai célhittel támogatott kutatást. A céltámogatás anyagi kereteit jelentékenyen meg kell emelni, de csak olyan helyre szabad céltámogatást adni, ahonnan lehet is tudományos eredményt kapni.

A műszaki tudományok rendkívüli népgazdasági jelentősége, illetve ebből folyó feladatai parancsolólag írják elő, hogy a műszaki alap kutatások jelenlegi elmaradt helyzetén alapvetően változtassunk. Természetesen ez csak úgy lehetséges, ha a VI. Osztály beruházási és létszámfejlesztési kerete már a legközelebbi jövőben a műszaki tudományok jelentőségének megfelelő mértékben nő.

Az Osztályvezetőség a helyzetkép feltárása után rámutatott azokra a feladatokra, melyeket végre kell hajtani a műszaki tudományok helyzetének javítása, illetőleg fejlesztése céljából.

Ezek között legfontosabb az, hogy a Műszaki Tudományok Osztályának tudományos intézeti hálózata minél hamarább kiépüljön, mert különben az Osztály az ország kutatási tervéből reá háruló feladatoknak az intézetek hiánya miatt nem tud megfelelni.

A műszaki alap kutatás világszerte részben egyetemi tanszékeken történik. Ugyanakkor azonban mindenütt kiépül egy, az egyetemektől független intézeti hálózat is. Ennek az a magyarázata, hogy az egyetemi kutatás túlságosan hozzá van kötve a tanszékvezető személyéhez és tudományos képességeihez, a beosztott kutatók pedig, akik legtöbbször fiatal emberek, ha nem vesznek részt az oktatásban, úgy a tanszék keretén belül semmiféle előmenetelre sincs kilátásuk.

A tanszékeken az oktatási szempontok vannak döntően előtérben. Minden ennek van alávetve. A tudomány csak másodsorban jöhet számításba. Ezzel szemben egy akadémiai intézetben, ahol az elsőrendű cél a tudomány művelése, mindig elérhető a tudományos vezetés folytonossága, a beosztottak részére pedig az intézeten belüli komoly előrehaladás.

A műszaki alaptudományokat csak olyan intézetekben lehet igazán művelni, amelyeknek a profilja a tudományágak szerint van kialakítva. Ezért az intézeti hálózat távlati fejlesztésére vonatkozó elgondolásunknál abból indultunk ki, hogy először is megállapítottuk azokat a műszaki alaptudományokat, amelyeknek a művelését Magyarországon feltétlenül szükségesnek tartanánk. Ilyen alaptudományok a következők: 1. műszaki mechanika, 2. hidró- és aeromechanika, 3. elméleti szilárdságtan, 4. elméleti mechanikai technológia, 5. anyagvizsgálat és metallográfia, 6. elméleti metallurgia, 7. rezgéstan, 8. gépszervezetek elmélete, 9. szilárd testek fizikája, 10. elméleti villamosságtan, 11. elektronfizika, 12. műszaki hőtan, 13. műszaki fénytán és fény mérés, 14. akusztika, 15. elméleti automatika, 16. műszaki számítás-technika, 17. kismintakészítés elmélete.

Elképzelésünk szerint a Műszaki Fizikai Kutató Intézet és az Automatizálási Kutató Intézet mellett lengyel mintára meg kellene szervezni egy műszaki alaptudományokkal foglalkozó intézetet, ahol egy-egy kiváló tudósunk köré csoportosuló tudományos erőkből tudományáganként osztályok alakíthatók ki.

Nem kétséges, hogy tudományos kutatómunka eredményesen csak megfelelő felszereléssel, laboratóriumi apparátussal folytatható. A létesítendő intéz-

mény természetesen rendelkeznek a kísérletezéshez szükséges berendezésekkel, de egyes tudományterületeken, ahol nagy, költséges berendezések szükségesek, különösen ha azok az egyetemi tanszékeken vagy ipari kutatóintézetekben már rendelkezésre állnak, nem lenne ésszerű újabb laboratóriumi berendezés létesítése. Viszont lehetővé kell tenni, hogy az intézmény rendelési alapon alapkutatást végeztethessen a tanszékeken és az ipari kutatóintézetekben.

Rendkívül fontos, hogy a Műszaki Fizikai Intézetet minél előbb tető alá hozzuk. Véleményünk szerint az intézet távlati fejlesztésénél a profilját bővíteni kellene, és pedig oly módon, hogy az terjedjen ki a műszaki-fizika egyéb területeire is.

Örömmel közölhetem az Osztályüléssel, hogy 1962. március 12-én az ünnepélyes kapavágással megkezdődött az intézet építése.

Fontosnak tartjuk az Automatizálási Kutató Intézet problémájának megoldását.

Igen fontos továbbá, hogy az Osztály többi laboratóriuma is megfelelő keretek között fejlesszessék. Ezekben a laboratóriumokban komoly tudományos eredmények születnek, és a laboratóriumok jelentős segítséget nyújtanak a népgazdaságnak.

Kormányzatunk ez év februárjában jóváhagyta az országos távlati kutatási tervet.

Az országos távlati kutatási terv 73 főfeladatból áll. Ezek közül háromnak, pontosabban: „A szilárd testek kutatása”, a „Korszerű méretezés és képlékeny alakítás továbbfejlesztése”, valamint az „Automatizálási és távirányítási kutatások” c. főfeladat felelőse a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya. Ez azzal a kötelezettséggel jár, hogy a Műszaki Tudományok Osztályának gondoskodni kell e feladatok szervezett koordinálásáról, függetlenül attól, hogy a kutatás az Akadémia keretébe tartozó kutatóhelyeken vagy más fő kutatási felügyelet alá tartozó helyeken folyik-e.

Ezenkívül a távlati kutatási terv elősegítése érdekében létre kell hoznunk az egyes főfeladatok koordináló bizottságait. Erre vonatkozólag javaslatunkat megtettük, és az Akadémia elnöke részéről való jóváhagyása a közeljövőben meg is történik.

A megalakuló koordináló bizottságok első feladata, hogy az egyes főfeladatokhoz tartozó témacsoportokat tartalmilag felülvizsgálja, sorolja, és a kutatási helyeiket kijelölje.

Végezetül meg kell említenünk azt a sajnálatos tényt, hogy a távlati kutatási tervből a főfeladatok felülvizsgálata és koordinálása során teljesen kimaradtak e feladatok közül olyan nagy népgazdasági jelentőségű tudományterületek, mint pl. az építőipar területén a vasbetonszerkezetek, a tartószerkezetek, a szilárdságtan és az alapozás kérdései.

Az Osztályvezetőség irányító és ellenőrző tevékenységéről a következőket mondhatom.

A beszámolási időszakban az Osztályvezetőség megtárgyalta az Automatizálási Kutató Laboratórium, Geokémiai Kutató Laboratórium, Műszaki Fizikai Kutató Intézet, Olajbányászati Kutató Laboratórium, Ipargazdasági Kutató Csoport, Közlekedéstudományi Munkaközösség beszámolóit tudományos munkájukról, az elért eredményekről, ipari kapcsolatokról, tudományos publikációikról stb.

Ugyancsak megvitatásra kerültek az Osztályvezetőségben a Híradástechnikai, Kohászati, Könnyűipari, Geodéziai, Geofizikai Bizottságok részletes beszámolóit is. Ezek a viták egyre tartalmasabbak lettek azáltal, hogy az előre felkért két-két opponens mélyreható elemzésnek vetette alá a jelentéseket, és bírálataival, javaslataival hasznos segítséget nyújtott az érdekelt bizottságoknak. Általában megállapítható, hogy akadémiai bizottságaink nagyon hasznos tevékenységet fejtenek ki, és nélkülözhetetlen szervei a műszaki tudományos élet irányító munkájának.

Itt kívánok képet adni bizottságaink elmúlt évi legfontosabb tevékenységéről.

A bizottságok működése

A *Földtani Bizottság* rendezésében szovjet vendég előadást tartott Magyarország és a Szovjetunió déli része kréta-üledékeinek őslénytani és rétegtani egybevetése címmel. A Földtani Bizottságban fontos problémákat vitattak meg, melynek középpontjában a hazai triász- és kréta-időszaki képződmények kőolajföldtani perspektívája állott. Javaslatot dolgoztak ki a Budapest területén mélyítendő mélyfúrásra a budai hegyvidék szerkezeti problémáinak tisztázására.

A *Geokémiai Bizottság* számos hazai és külföldi szakember közreműködésével megvitatta a transzvizaporizáció befolyását a földkéregben, illetve a kőzetképződési folyamatokban. Ennek eredményeképpen megállapították a könnyen illók fontos jelentőségét a hazai ércesedésekben és a szilárd kéreg kialakulásában.

A *Geofizikai Bizottság* tervbe vette és végrehajtotta az egyes geofizikai tudományágazatok helyzetének részletes elemzését. Jelentős vita alakult ki a gravitáció, a szeizmika és a szeizmológia, a földmágnesség, a radioaktív és elektromos karotázis kutatások hazai adottságainak és feladatainak meghatározásával kapcsolatban. E vita eredménye gyakorlati segítséget nyújtott a kutatóintézmények vezetőinek.

A *Geodéziai Bizottság* munkájának zömét a tudományos minősítéssel rendelkezők beszámoltatása képezte. A beszámolókkal kapcsolatban részletes

megvitatásra kerülhettek a legidőszerűbb geodéziai tudományos kérdések, a fotogrammetria, hálózatok és a kiegyenlítések körében. Külön ülésen végezték el a Magyar Optikai Művek vezetőinek jelenlétében a hazai geodéziai műszer-gyártás újabb termékeinek kritikai vizsgálatát.

A *Bányászati Bizottság* a helyszínen foglalkozott a Pécsi Szénbányászati Tröszt műszaki fejlesztési és tudományos problémáival, mellyel a Trösztnek sok kérdésben hasznos útmutatást tudott nyújtani. Helyzetképet állítottak össze a kőzetmechanika területén végzett elméleti és gyakorlati kutatásokról, valamint a bányászati beruházások gazdaságossági vizsgálatairól.

A *Vízgazdálkodási, Vízépítési és Hidrológiai Bizottság* részt vett a Nemzetközi Előrejelzési Konferencia munkájában, ahol a dunai államok képviselőivel megvitatta a Dunával kapcsolatos hidrológiai egységes kutatások módszertani kérdéseit. A bizottság javaslatára nemzetközi munkabizottság alakult a további kutatások koordinálására.

Megvitatta a bizottság az országos vízgazdálkodási keretterv tematikáját, és javaslatokat dolgozott ki a keretterv elkészítésének tudományos alapelveire vonatkozóan, amely kiterjedt az országos vízkészlet-gazdálkodás, az ipar és ivóvíz-ellátás, valamint az országos öntözési program végrehajtása problémáira.

A Fővárosi Vízművekkel fennálló szocialista szerződésből fakadó kötelezettségeinek megfelelően segítséget nyújtott a dunai vízkinyerő kutak vízhozamának növelésére és a gazdaságos kútképzések elvi megoldására irányuló munkában.

A *Kohászati Bizottság* — tekintettel a timföldgyártás jelentős fejlesztésére irányuló elképzelésekre — megvizsgálta az Almásfüzitői Timföldgyárral együttműködve azokat a kutatási feladatokat, melyek a timföldgyártás további tökéletesítéséhez szükségesek és az iparági kutatóintézetben maradéktalanul nem végezhetőek el. A helyszínen tartott megbeszéléseken mintegy 13 ilyen témát tárgyaltak meg.

Megtárgyalták továbbá a nagy szilárdságú acélfajtákra való áttérés problémáit is, melyről előterjesztést készítettek az Országos Tervhivatalnak.

A *Gépészeti Bizottság* munkájának zömét a Korszerű Méretezési Konferencia előkészítésére összpontosította. Ennek eredményeiről később részletesebben beszélek. A bizottság a Ganz—MÁVAG Gyár patronálásával kapcsolatban közölte a gyár vezetőségével, hogy a gyár részéről benyújtott kutatási témajegyzék közül az egyes felvetett témákban mely egyetemi tanszék tud és hajlandó a gyárnak segítséget nyújtani. Egyes kidolgozott kutatási témák eredményeit a gyár minden további nélkül hasznosítani tudja.

A *Kalorikus Bizottság* megtárgyalta az ország 1959—60. évi energiamelegét, és a vita során értékes útmutatásokat adott az Országos Energia-gazdálkodási Hatóságnak, a hatásfok fogalmának pontos értelmezését, az energiameleg szerkezeti felépítésének továbbfejlesztését illetően.

Az *Erősáramú Villamos Bizottság* megvitatta „a villamos energiarendszerek teljesítmény- és frekvenciaszabályozásának paraméterei” c. tanulmányt. Lefektette a csehszlovák és román akadémiákkal együttműködésben az energiarendszerek nemzetközi kooperációjára kidolgozott fogalom meghatározások elvi alapjait. Megtárgyalták továbbá a Villamosipari Kutató Intézetben a kis- és középteljesítményű, gerjesztőgépnélküli szinkrongenerátorok feszültségszabályozása terén végzett kutatómunka részleteit, és hasznos tanácsokat adtak az intézetnek a munka folytatására, különösen a szabályozó szerkezet súlycsökkentésére vonatkozóan.

Az *Automatizálási Bizottság* előkészítette az első automatizálási kollokviumot, melynek hazai viszonyaink között tudományos szempontból nagy jelentősége van.

A *Híradástechnikai Bizottság* kitűzte az újjászervezett albizottsági rendszer munkájának irányelveit, és különösen gondot fordított az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottsággal való együttműködésre. Az együttműködés meg is indult. Tervbe vették Magyarország ritka-, szórvány-, nagy tisztaságú és kevésbé használt különleges minőségű fémekben, elemekben és vegyületekben jelentkező országos szükséglet kielégítése lehetőségeinek feltárását.

Az *Építéstudományi Bizottság* az elmúlt év folyamán súlyponti kérdésnek tekintette az iparral való kapcsolat szorosabbá tételét és a profiljába tartozó II. sz. Épütelelemgyár és Hídépítő Vállalat patronálását.

Foglalkozott a feszített szerkezetek, fődémszerkezetek, a vékonyfalú acélszerkezetek méretezésének, továbbá a hegesztés, a korszerű nyílászáró szerkezetek problémáival, javaslatokat dolgozott ki a fennálló szabályzatok módosítására, és feltárta az építőipar anyagellátási nehézségeit az alapanyaggyártó iparágak vonatkozásában. Részletes javaslatokkal fordult az ÉM-hez, a KPM-hez, a KGM-hez is a fennálló hiányosságok kiküszöbölésére. Az iparral való kapcsolatot szolgálta az ipari kutatóintézetek tevékenységének megvitatása és támogatása is. Az alkalmazott szilárdságtani kutatócsoport közreműködésével számos elméleti szilárdságtani kérdés került megvitatásra.

Az *Építészetelméleti és Történeti Bizottság* megkezdte a 10 kötetes részletes Magyar Építészettörténet megírásához szükséges elvi és gyakorlati kérdések tisztázását.

Több ülésen megvitatta az országnak a műemléki szempontból egyik legértékesebb része: a Budai Vár és várkerület helyreállításának kérdéseit.

A *Településtudományi Bizottság* jelentős munkát végzett a folyó évben megtartandó Nemzetközi Településtudományi Konferencia előkészítésével, melynek fő problematikáját a regionális tervezés nemzetközi szinten való megvitatása képezi.

A *Közlekedéstudományi Bizottság* megtárgyalta és véleményezte az ágazati kutatóintézetek tudományos terveit, melyek között szerepelnek a hőnfutások alapvető okai és csökkentésük lehetőségei, a hézag nélküli felépítmény

gazdaságossága, a vasúti teherkocsik rakodási munkáinak komplex gépesítése, az országos úthálózat-fejlesztési tervezés célkitűzései stb. Megkezdte a Közlekedési és Postaügyi Minisztériummal együtt a XII. Nemzetközi Útügyi Kongresszusra beküldendő magyar jelentés kidolgozását.

Rendezvények

Az 1961. évben az Osztály, illetve egyes bizottságai rendezésében 5 székfoglaló előadás hangzott el, nevezetesen

BOGNÁR GÉZA akadémikus: „Szélessávú mikrohullámú rádióösszeköttetések információ kapacitásának növelése” címen;

RATKOVSKY FERENC akadémikus: „Nagyvasúti 50 periódusú járművek magyarországi és nemzetközi továbbfejlesztése” címen;

EGYED LÁSZLÓ lev. tag: „A föld belső energiái a természettudományok tükrében” címen;

ZÁMBÓ JÁNOS lev. tag: „A bányászati telepítések legfőbb paramétereit” címen és

MAJOR MÁTÉ akadémikus: A „szép” és a „művész” az építészetben címen.

Fentiekén kívül 17 vita, illetve felolvasó ülést rendeztünk, melyek közül 8 előadást neves külföldi tudósok tartottak.

(Előadást tartott „Az acél és ötvözeteinek redukálása” címen Prof. Dr. A. M. SZAMARIN, a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának tagja, az MTA tiszteleti tagja.

G. D. AFANASZIEV, akadémikus, a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának alelnöke: „A csillám- és földpát sajátosságai a geokronológia szempontjából”.

Prof. DR. W. OLSZAK, a Lengyel Tudományos Akadémia tagja: „Über die Rissbildung und Rissausbreitung, als ein Problem der Elastizitäts- und Plastizitätstheorie mit praktischen Anwendungsbeispielen”.

Prof. DR. RHODES W. FAIRBRIDGE, a Columbia Egyetem tanára, a New Yorki Tudományos Akadémia Földtudományi Osztályának elnöke: „Geophysical Basis for the Tectonics of Continents and Oceans”.

Prof. F. PH. BOWDEN, a Royal Society tagja, a manchesteri egyetem tanára: „Deformation and Fracture of Solids at High Rates of Strain: Damage by Liquid Impact at Supersonic Speeds”.

Prof. DR. ERICH CORRENS, a Berlieni Német Tudományos Akadémia tagja, az Institut für Faserstoff-Forschungen igazgatója: „Neuere Tendenzen in der Kunstfaserindustrie”.

DR. S. P. HUTTON, a cardiffi műegyetem gépészmérnöki karának professzora: „Measurement Problems in Hydraulic Machinery Research”.

Prof. DR. ING. FRITZ LEONHARDT, a stuttgarti Technische Hochschule tanára: „Neuere Spannbetonbauwerke”.

Prof. DR. J. ZEEMANN, a göttingai egyetem tanára : „Moderne Methoden der Kristallstrukturbestimmungen”.)

Kissé részletesebben külön akarok szólni az Osztály által rendezett két konferenciáról.

1961. augusztus 21—28-án Öntözési Konferencia keretében vitatták meg vízgazdálkodásunk és mezőgazdaságunk központi kérdését, az öntözés hatékonysága emelésének alkalmazandó módszereit. A konferencia tanulmányai az öntözési berendezések és az öntözési folyamatok jellemzésére, felülvizsgálatára és összehasonlítására alkalmas mutatószámok, határfokok számos jellemzőjét mutatták be. Ezekből a jellemző mennyiségekből alakítható ki az a számrendszer, amely alkalmas az öntözési távlati tervek előkészítésére, továbbá a konkrét öntözési tervek műszaki, mezőgazdasági és sok esetben gazdasági ellenőrzésére.

A konferencián részt vett hazai és külföldi szakemberek az öntözés fejlesztését szolgáló elvi és gyakorlati javaslatok egész sorát vetették fel, elsősorban a csatornák szigetelése, az esőszerűen öntözött telepek tervezése stb. területén. A kialakult álláspontokat a konferencia határozati javaslatban foglalta össze.

A Gépészeti Akadémiai Bizottság rendezésében 1961. október 24—28 között zajlott le a Korszerű Méretezési Konferencia, mely az anyagok kifáradási és ridegtörési jelenségeinek befolyását tárgyalta az élettartamra történő méretezésnél, és a fő témaköröknek megfelelő csoportosításban vitatta meg az általános méretezés, a kifáradás, a ridegtörés, a gépelemek, a járművek és az acélszerkezetek különleges, a kifáradással kapcsolatos problémáit. A 71 külföldi és mintegy 250 hazai szakember mindvégig élénk figyelemmel kísérte a 47 előadásban, illetve tanulmányban ismertetett kutatási eredményeket, eljárásokat és módszereket, amelyek nagy jelentőségűek a műszaki fejlődés és az ipar szempontjából, miután segítségükkel gazdaságosabb, nagyobb élettartamú gépkonstrukciók hozhatók létre.

E konferencia általános tudományos színvonala bel- és külföldi vonatkozásban az átlagos színvonalat meghaladta.

Az Osztály nemzetközi kapcsolatai az 1961. évben a következőképpen alakultak:

Kiküldetések lebonyolítására rendelkezésre állt

tanulmányúti cserére 91 hét,

szocialista devizában konferenciákra, ülészakokra 19 000 devizaforint,

műszaki tudományos együttműködési kiküldetésekre 24 000 devizaforint,

tőkés devizában 13 500 devizaforint.

Örvendtes emelkedés állapítható meg a baráti országok akadémiáival fennálló egyezmények keretében, műszaki tudományos együttműködés céljából tanulmányutakra, konferenciákra, előadások tartására stb. kikül-

dött szakemberek számában, amennyiben az 1960. évi 74 fővel szemben 93 fő kiküldésére volt lehetőség (ezen belül nyugati országok konferenciáin részt vett, illetve előadásokat tartott 22 fő).

Hasonlóképpen emelkedett a nálunk járt külföldi vendégek száma is, mégpedig az 1960. évi 63 fővel szemben az 1961. évben 140 szakember volt tanulmányúton, tartott előadást, illetve vett részt konferenciákon.

A kutatók külföldi tanulmányútjai általában eredményesnek mondhatók. Igen sok esetben ismerkedhetett meg új vizsgálati módszerekkel, berendezésekkel és eljárásokkal, és látóköriük kibővülése mellett a szerzett tapasztalatokat itthoni munkájuk során hasznosíthatták.

Az Osztály a baráti országok akadémiáival megkötött együttműködési egyezményben rögzített 36 közös kutatási témát tartott nyilván, és kísérte figyelemmel azok együttes kimunkálásának fejleményeit. A tapasztalat általában az, hogy az együttműködésben érdemlegesebb eredmény érhető el, ha az együttműködés személyes látogatásokkal kapcsolatos. Ezért a kiküldetések egy részét igyekeztünk a közös kutatási témákhoz kapcsolni. Közös témára 14 kiutaztatás volt az elmúlt évben.

Igen aktív volt például a Geodéziai és Geofizikai Laboratóriumaink együttműködése a Berlieni Német Tudományos Akadémia Potsdami Földmágneses Intézetével és a freibergi Geodéziai Kutató Csoporttal. Itt hat témában (sarkmagasság ingadozások, földmágnesesség, mély tellurikus regisztrálások stb.) folyt közös munka rendszeres személyi kontaktusok, kölcsönösen szervezett tanulmányutak, előadások tartása alakjában is, sőt a magyar laboratórium az 1961. évi napfogyatkozás megfigyeléséhez műszereket is kölcsönzött az együttműködő német intézetnek.

Ugyancsak konkrét közös és egymást kiegészítő vizsgálatok folytak a Műszaki Fizikai Kutató Intézet, illetve a drezdai Reinstoff Intézetben a fémek zónás olvasztással történő tisztítása témában. A Műszaki Fizikai Kutató Intézetben olyan zónázva olvasztott wolframrudakon végeztek vizsgálatokat, amelyeket az akadémiák közötti egyezménynek megfelelően Drezdában készítettek el. E vizsgálatok eredményéről közös dolgozat készült, amelyet a Drezdában megtartott Reinstoff Symposiumon mutattak be.

Eredményes volt az együttműködés a Moszkvai Vasúti Mérnökök Intézete és az MTA Automatizálási Laboratóriuma között, amely a műszaki-tudományos együttműködés keretében kötött szerződés alapján folyt BENEDIKT Ottó akadémikus találmányát képező autódinnek új területekre történő továbbfejlesztése céljából. Az Akadémia Automatizálási Laboratóriumában elkészült egy 200 kW teljesítményű autodin terve, melynek megvalósításához szovjet kormányrendelet alapján a charkovi Elektromechanikai Gyár már hozzá is fogott.

Az együttműködés a baráti országok intézményeivel természetesen nem mindenütt teljes értékű, mégis mindenütt mutathatók fel érdemleges ered-

mények, de mindenképpen megállapítható a fejlődés a nemzetközi kooperáció, illetve a nemzetközi tudományos munkamegosztás kialakulásában is.

A baráti országok mellett, nyugati viszonylatban a Római Magyar Kollégium keretében, továbbá a Finnországgal megkötött kulturális együttműködés alapján volt lehetőség tanulmányúti kiküldetésekre, sőt Osztályunknak a franciaországi Nemzeti Kutató Központtal létrehozott egyezmény alapján, már az 1962. évben francia kiküldetésekre is lesz lehetősége. Az ezekre vonatkozó javaslatokat általában olyan szakterületekről terjesztettük elő, amelyekben Franciaországból érkező cserkutatók megfelelően fogadhatók és számukra a tanulmányozási lehetőségek leginkább biztosíthatók.

A Műszaki Tudományok Osztálya minősítési helyzetéről

1962. márciusi állapotnak megfelelően az Osztályhoz 16 akadémikus, 18 levelező tag, 82 műszaki tudományok, illetve földtani tudományok doktora, 358 műszaki tudományok, illetve földtani tudományok kandidátusa tartozik.

Aspirantúra

Működő aspiránsok száma: 286

Ezek közül:

	Rendes	Levelező	Önálló	Szovjet	
				rendes	levelező
1962.	—	1	—	—	—
1961.	9 (3 kínai)	17	86	3	13
1960.	5	18	37	7	
1959.	5	18	56	10	1
	19	54	179	20	14

Régi aspiránsok, akik vizsgáikat letették és disszertációt 1962. december végéig benyújthatnak: 19 rendes, illetve levelező és 20 önálló.

1962. szeptember 1-től kezdődő szovjet és belföldi aspirantúra: szovjet aspirantúrára 47 pályázat érkezett, ebből felvettek 5 rendes és 17 levelező aspiránst; belföldi aspirantúrára 298 pályázat érkezett, ebből 10 rendes, 129 levelező, 159 önálló aspirantúrára kérte felvételét. A TMB által megadott keret 6 rendes, 15 levelező, összesen 21 fő. Önálló aspirantúrára nincs megállapított keret.

A TMB Műszaki Szakbizottsága előterjesztése alapján a Tudományos Minősítő Bizottság 1961. március 1-től 1962. március 1-ig 80 műszaki kandidátusi és 7 műszaki doktori fokozatot hagyott jóvá, 14 kandidátusi, 1 doktori értekezést elutasított, 2 kandidátusi értekezés átdolgozását engedélyezte.

A 80 kandidátusi fokozaton belül 2 arab, 7 kínai aspiráns védte meg disszertációját sikerrel. Ugyancsak a 80 minősítésen belül a Szovjetunióban 5 aspiráns védte meg disszertációját.

A szakbizottság foglalkozik 48 kandidátusi és 5 doktori értekezés elbírálásával, ezenkívül 15 kandidátus kérte doktori értekezés benyújtásának engedélyezését.

A tudományos minősítések területén elvi jelentőségű a TMB 1961. évi szeptember 28-i határozata. Eszerint a disszertációkat a bizottságok átdolgozásra javasolhatják, mégpedig két fokozatban.

Újabb nyilvános vita nélkül, amennyiben a disszertációban bizonyos formai hibákat lehetett találni, ezek kijavítására a disszertációt átdolgozásra vissza kell adni. Ilyen javítások lehetnek: a dolgozat szerkezetét meg lehet változtatni, irodalmi jegyzéket kiegészíteni, a disszertáció stílusát kijavítani, idézetekben elvi hiányosságokat kiegészíteni, fokozni az ábrák, grafikonok érthetőségét, esetleges kiállításbeli hiányosságokat eltüntetni és az írási hibákat kijavítani. Ilyenkor a disszertáció átdolgozása után az opponensek és a bírálóbizottság tagjainak írásbeli véleménye alapján újabb nyilvános vita nélkül teheti meg a bírálóbizottság a TMB szakbizottságának javaslatát a fokozat odaitélésére.

Ha a disszertáció alapvető elgondolása és az abban alkalmazott kutatási és feldolgozási módszer elfogadhatónak minősült ugyan, azonban a kísérletek, kutatások köre, pontossága nem megnyugtató és bizonyos kiegészítő kutatásra van szükség, úgy a kijavított disszertációt újabb nyilvános vitával meg kell védeni. Ilyen hiányosságok lehetnek, ha a jelölt a teljes anyagot nem dolgozta fel, a kísérletek száma nem elegendő, a kísérleti adatok nem a kívánt pontosságúak, a kísérleti adatokból nem vonta le az összes lehetséges következtetéseket, a lényegyet nem érintő téves következtetésekre jutott és az egész nem érintő számítási hiba van a dolgozatban. Ilyenkor a bírálóbizottság határozatában meg kell jelölni, hogy milyen részek, vonatkozások kiegészítése, elhagyása és átdolgozása szükséges. Az átdolgozott disszertáció nyilvános vitájának előkészítése stb. az eddigiek szerint szabályszerűen történik. Az átdolgozásoknál a bírálóbizottságnak és az opponenseknek világosan meg kell jelölniök a kifogásaikat olyan részletességgel, hogy a jelölt azok alapján teendőit világosan lássa. Nem szabad azonban az opponensi véleményeknek olyan részeket tartalmazniok, amely tulajdonképpen már a disszertáció részét képezi, tehát el kell kerülni, hogy a jelölt, az opponensek és a bírálóbizottság együttes kollektív munkával javítsák át a disszertációt, mivel ilyenkor nem lehet világos képet alkotni a jelölt személyes tudásáról, képességeiről és általában felkészültségéről.

A Műszaki Tudományok Osztályának könyv- és folyóiratkiadása 1961. január 1-től 1962. április 1-ig

Miután az 1961. április 13-i közgyűlésen elhangzott korreferátum az 1960. évi könyv- és folyóiratkiadásról számolt be, beszámolónk ezúttal $\frac{5}{4}$ évet ölel fel, 1961. január 1-től 1962. április 1-ig.

Könyvkiadásunk e periódusban több előkészítés alatt álló mű munkálatainak elhúzóódása miatt mennyiségileg nem éri el az előző években megjelent könyvek számát. Ez alatt az idő alatt összesen 5 könyvünk jelent meg, közülük kettő idegen nyelven, mégpedig:

BENEDIKT Ottó: *Nagytelítésű bonyolult mágneses körök új számítási módszere* angolul és

MAJOR Sándor: *Gép- és turbinaalapzatok számítása és tervezése* németül. A 3 magyar nyelvű könyv között van

NEMES Tihamér: *Kibernetikai gépek* című régen várt munkája, amelynek megjelenését a nagy tehetségű szerző időközben bekövetkezett halála miatt sajnos nem érthette meg.

Megjelent még:

PALOTÁS László *Építőanyagok* c. könyvének II. kötete, továbbá

HORVÁTH Zoltán: *A cink kohászata* című munkája.

További 5 könyv nyomdai előállítás alatt áll, ezenkívül számos, már elkészült kézirat lektorálása folyik, és biztosan remélhetjük, hogy ez évben valamennyi napvilágot lát.

A tárgyalt időszakban lendületes fejlődést mutat az Osztály folyóiratkiadása, elsősorban az *Acta Technica*, amelynek szerkesztőségéhez ez alatt az idő alatt 220 tudományos munka érkezett. Ezek között csak néhány volt olyan, hogy a kapott hírlatok alapján mint nem közölhető vissza kellett adnunk szerzőjének.

A folyóiratainkban megjelent anyagról az alábbi összesítés ad képet: 1961. jan. 1-től 1962. április 1-ig *megjelent* :

	összesen		
Acta Technica	$7\frac{1}{2}$ kötet	175 ív	155 cikk
Acta Geologica	$\frac{1}{2}$ kötet	18 ív	24 cikk
VI. Oszt. Közl.	2 kötet	57 ív	54 cikk
Építés- és Közl. Tud. Közl.	1 kötet	40 ív	24 cikk
Összesen	11 kötet	290 ív	257 cikk

Jelenleg *nyomdában van*

Acta Technica	$1\frac{1}{2}$ kötet	kb. 45 ív	42 cikk
VI. Oszt. Közleményei	1 kötet	kb. 30 ív	28 cikk
Építés- és Közl. Tud. Közl.	$\frac{1}{4}$ kötet	kb. 11 ív	6 cikk
Összesen	$2\frac{3}{4}$ kötet	kb. 86 ív	76 cikk

Az *Acta Technica* XXXVII. kötete az immár harmadik éve megjelenő Geodéziai-geofizikai sorozat cikkeit tartalmazza, a XXXV. és XXXVI. kötet pedig 1961. október 20—24. között megtartott Korszerű Méretezési Konferencia anyagát hozza, mely utóbbira nagyszámú külföldi megrendelés érkezett.

Az *Acta Technica* nemzetközi visszhangja nagyon tekintélyes és állandóan növekszik. Számos cikkét teljes terjedelemben vagy bő kivonatban közölték külföldi folyóiratok, és mind gyakrabban hivatkoznak könyvekben és folyóiratokban egyes megjelent cikkek eredményeire.

Beszámolóim végére értem. Megpróbáltam képet adni az Osztály sokrétű tevékenységéről. Ebből megállapítható, hogy az elmúlt évi munka mind a tudomány, mind a népgazdaság szempontjából hasznosnak mondható. Erősen korlátozott lehetőségeink mellett is sikereket értünk el.

Összefoglalva végső következtetésként ismételten meg kell állapítani, hogy a műszaki tudományok rendkívüli népgazdasági jelentősége, illetve az ebből folyó feladatok parancsolólag írják elő, hogy a műszaki alap kutatások jelenlegi elmaradt helyzete alapvetően megváltozzék. Ennek szellemében alakítottuk ki az intézeti hálózat távlati fejlesztésére vonatkozó elképzeléseinket. Ezek azokat a minimális feltételeket biztosítják tudósaink számára, amelyekkel a műszaki alaptudományok eddig elhanyagolt területein is eredményes munka folytatható.

HOZZÁSZÓLÁSOK

WINTER ERNŐ AKADÉMIKUS

Ma már mindenki, a bizottsági munka legádázabb ellenségei is elismerik, hogy az Akadémia az alapszabályaiban kijelölt feladatokat csak bizottsági segítségével tudja teljesíteni, és ezt a világ minden akadémiján is így csinálják. Legújabbban már az egyetemek vezetői is belátják, hogy a tanszékeken folyó tudományos munka ellenőrzésére önmagukban nem képesek, hiszen minden tanszékvezető más szakterülettel foglalkozik, és ezért a tanszéki kutatómunka ellenőrzéséhez szükségük van az akadémiai bizottságok segítségére, amelyekben azonos tudományterülethez tartozó szakemberek nagyobb csoportja koncentrálódik.

A bizottsági munkára tehát szükség van részben ahhoz, hogy az Akadémia alapszabályszerű feladatát teljesíteni tudja, részben azonban az ország népgazdaságának egészséges irányítása céljából. Szocialista államban a műszaki fejlesztés és a népgazdaság irányítása a bizottsági munka nélkül nem képzelhető el. Jellemző, hogy miután ezt a munkát elsorvasztották, később a távlati tervek elkészítéséhez újból létre kellett hozni a bizottságokat azzal a handicappal, hogy az évekig tartó működési kiesés folytán a tagok elveszítették kapcsolatukat a fejlődéssel, és így sokkal kevésbé tökéletes munkát tudtak végezni, mintha a munka folyamatos maradt volna.

A bizottsági munka újból megindult, azonban az eredményes munka elé nagy és nehéz akadályok tornyosultak. Nem áll rendelkezésre megfelelő

adminisztratív apparátus. A munka eredményessége csak úgy képzelhető el, ha az ülésekről jegyzőkönyvek készülnek, a megszabott határidőket valaki ellenőrzi, és az ügyeket sűrgeti. Ehhez a munkához a Műszaki Tudományok Osztálya apparátusa teljességgel elégtelen. E tekintetben nem lehet eléggé kárhoztatni a döntésre hivatott szervek felfogását. Nincsen szó drága berendezések megvásárlásáról, amelyekhez esetleg kapitalista deviza szükséges, nincs szó építkezésekről, még demokratikus deviza sem kell. Egyszerű, ún. simaforintra van szükség, amelyek segítségével olyan adminisztratív munkások munkába állítása lehetséges, amilyenek rendelkezésre állnak fölös számmal. Nem kell őket egyetemeken kiképezni, és nem vonjuk el őket sem az iparból, sem a kutatóintézetekből. Beállításukkal a munka hatásossága nagyságrenddel nőne.

A TMB beszámolóhoz kívánok még néhány megjegyzést fűzni. Az újrarendszerű minősítések bevezetése óta 11 év múlt el. Elvárható, hogy most már végre — a régi tétel értelmében — a mennyiség helyett vagy mellett a minőségre törekedjünk: a mennyiség csapjon át minőségbe. Ennek megfelelően szükségesnek tartanám, hogy az évi TMB beszámoló a kiosztott minősítések számain, statisztikáin kívül terjedjen ki végre az érdemi részre is, és adjon rövid összefoglalót a minősítések révén elért tudományos eredményekről, súlyozza ki azokat, és tegyen említést, ha fiatal kutatóink valamilyen területen új, jelentős eredményeket értek el.

Végezetül az osztálytitkári beszámolót kívánom értékelni. A beszámolót nagyon jónak tartom, alapos és odaadó munka eredménye, és úgy hiszem, hogy a Műszaki Tudományok Osztálya összes tagjainak nevében beszéllek, amikor GELEJI Sándor akadémikusnak a beszámolóval kapcsolatban kifejtett odaadó, lelkiismeretes munkájáért elismerésemet fejezem ki.

VADÁSZ ELEMÉR AKADÉMIKUS

Azzal kezdem, amivel WINTER kolléga befejezte. Az osztálytitkári beszámoló tökéletesnek mondható. Ha az előbb elhangzottakhoz szabad valamit hozzátennem, azt hiszem, osztályunk egésze a legmélyebb köszönettel tartozik azért az önfeláldozó tevékenységért, amelyet osztálytitkárunk az osztály működése érdekében ebben a heterogén társaságban a sok különböző ügy összeegyeztetése körüli fáradozásaival kifejtett.

Talán mégsem leszek ünneprontó, ha egy-két kisebb hiányra vagy hibára felhívom a figyelmet. Ezekben is csatlakozom részben WINTER kartársam iménti szavaihoz.

Kezdem a TMB-üggyel. Valóban szükség van arra, hogy ne csak egyszerűen ilyen statisztikai adatokkal mutassuk be azt az óriási fejlődést, amely ezen a téren műszaki vonatkozásban is történt. Nem is először mint a TMB elnöke vagyok kénytelen megállapítani, hogy valamennyi osztályban elég gyengén működnek a TMB-szakbizottságok, de valamennyi között a legrosszabb a Műszaki Tudományok Osztályának szakbizottsága. Lehetetlenség, hogy hónapokon, sőt féléven át egyáltalán nincs előrehaladás az ügyekben, az opponensi vélemények beszerzésében és a megvédések időpontjának kitűzésében. Ezen a vonalon tehát nemcsak a minőség javítása szempontjából, hanem egyéb szempontból is segítségre van szükség. Ki kell tehát emelnünk a be-

számolóban, hogy itt is és talán az osztály ügyeinek intézése körül is elmaradás van az adminisztratív erők hiánya miatt. Helyeseltük volna, ha az osztálytitkári beszámoló ezt nyomatékosan kifejezésre juttatta volna.

A másik kérdés, amelyet szóba kell hoznunk, ugyancsak a minősítéssel függ össze. WINTER kartársunk célzott a minőségjavításra. A TMB az eddigi tapasztalatok alapján már megkapta a szabályzatra, ügyrendjére és eddigi működésének javítására vonatkozó teendők jegyzékét. Ezeknek végrehajtása folyamatban van.

Legyen szabad ezen a helyen ismételtten hangoztatnom, fejlődésünk mai állapotában eljutottunk már oda, hogy felszámoljuk az egyetemi doktori és a kandidátusi fokozat közötti eddigi hibás helyzetet. Átmenetileg talán hasznos és szükséges volt ez, de ma ezt a rendszert fenntartani már nem lehet. A minőségjavítás szempontjából lehetetlenség, hogy valaki egyetlen kandidátusi disszertációval egyidejűleg két tudományos fokozatot is megkapjon, vagyis ingyen és bérmentve megkapja az egyetemi doktori fokozatot is. Ezzel az álláspontommal éveken át, kezdettől fogva egyedül álltam. Ma azonban végre már egy egész sereg szaktudomány képviselői is rájöttek arra, hogy most már erre semmi szükség sincs. Természetesen a szabályzatok értelmében vannak kizáró okok, amelyek következtében nem mindenki szerezhethet egyetemi doktorátust, de a kivételeket egyenileg bírálják el.

Egyelőre mi a magunk portáján, a föld-tudományok területén, már eddig is — amint a TMB-ben megállapították, törvény- és szabályellenesen — évek óta ezt a gyakorlatot folytattuk, és csupán aspiránsi pályázatra nem adunk egyetemi doktori fokozatot. Ezt javaslom megvalósítani ugyancsak a további minőségjavítás szempontjából.

A Tudományos Minősítő Bizottság immár egy évtizedes tapasztalatai alapján felhívom a figyelmet arra is, hogy mint sok más osztályban — elsősorban az Orvosi Tudományok Osztálya területén — érzésem szerint itt sincs szükség rendes aspiránsra, különösen amikor már meg is kezdődött a mérnöktovábbképzés meghatározott keretek és formák között. Az egyetemen ugyancsak tudományos továbbképzésre visszatartott fiatalság két vagy három év múltán megszerzi az egyetemi doktori fokozatot. Ekkor lehet belőle önálló aspiráns, amire — amint hallottuk — nincs is keretszám. Ugyanakkor viszont a Műszaki Tudományok Osztályának 6 rendes aspiránsra kiterjedő keretével úgy sem tudunk boldogulni. Az Orvosi Tudományok Osztályán például már évek óta nincs is aspiráns. Miért? Mert körülbelül a szakorvosi képzettség megszerzése után 10 éven belül a fiatal orvos úgysem kerülhet abba a helyzetbe, hogy aspiránsnak jelentkezzen. Ha nálunk ki van már építve a mérnöktovábbképzés rendszere a Mérnök Továbbképző Intézettel, előbb szerezzék meg a műegyetemi doktori fokozatot, és ennek birtokában, további tudományos működés alapján jelentkezhetnek aspiránsnak, természetesen elsősorban önálló aspiránsnak, különösen azok, akik olyan helyen, tehát tudományos kutató-intézetben vagy egyetemi tanszéken dolgoznak, ahol további tudományos munkájuk amúgy is biztosítva van.

Legyen szabad még valamire utalnom, ami ugyancsak a tudományos munkák minőségének javítását célozza. Az osztálytitkári beszámoló megemlítette, hogy az egyetemi tanszékeken a tudományos fejlesztési alaphól és a Művelődésügyi Minisztérium részéről is van bizonyos anyagi támogatása a tudományos kutatási lehetőségeknek. Ez a kérdés mindmáig rendezetlen. Az osztálytitkári beszámoló valóban nagyon helyesen emelte ki, hogy rendezésre

vár a Művelődésügyi Minisztérium tudományos kutatásra a tanszékeknek adott juttatás ellenőrzése, eredménye és viszonya az akadémiai célhittel. Én nem vagyok híve a bizottságosdinak, de tudomásom van arról, hogy van ilyen egyeztető bizottság a Tudományos és Felsőoktatási Tanács kebelén belül, amely az egyeztetéssel foglalkozik. Nemigen hiszem azonban, hogy ebből valami érdemleges, főként a tudományos kutatás színvonalát biztosító és eredményeit elősegítő következmény származnék. Ebből legfeljebb csak pénzügyi, adminisztrációs, elszámolási és egyéb megegyezés eredhet, de ezt valahogy mégis másképpen kell megcsinálni. Indítványozom tehát, emeljük ki, külön is nyomatékosan hangsúlyozva az elnökség felé az osztálytitkári beszámolónak erre vonatkozó kitételét, hogy ezt a kérdést rendezni kell a tudományos kutatás minőségének javítása érdekében.

Van még egy nem lényeges kérdés, amelyet meg kívánok említeni. Nagyon helyesen szóba kerültek itt a bizottságok munkájának kiemelkedő eredményei. Ezt az észrevételt minden évben megtesszük. Az Akadémián egyedül a Műszaki Tudományok Osztályának van, ha nem is nagy eredményekkel, de működő tudománytörténeti bizottsága is. Legalább a címét említsük hát meg. Bár nem nagy eredményekkel működünk, de ezt mégis ki kell emelnünk. Bár Akadémiánk az elmúlt évben bekapcsolódott a nemzetközi tudománytörténeti intézmény munkájába, mi még mindig csak papíron működünk az elnökségi tudománytörténeti bizottságon belül, és időközönként az osztálybizottság is összeül.

Most már mindinkább akut kérdéssé válik az, amit a múlt évi akadémiai közgyűlésen is hangsúlyoztam: a műszaki múzeum kérdése. Most az úgy talán jobb kezekbe kerül, és ma már igen előrehaladott állapotban van.

Ugyancsak fel kell vetnünk, hogy rendezni kell a MTESZ-szel való kapcsolatunkat. Ott is van ilyen bizottság, de azok is csak adminisztrálnak, és konkrét eredményeket nem lehet látni. Az Akadémiának viszont az imént is felolvasott alapszabály értelmében kötelességei közé tartozik, hogy mint legfőbb tudományos szerv, segítse a műszaki múzeumot, annál is inkább, mert — amint ezt már több éven át többször hangoztattam — ezt a kérdést annak idején éppen HEVESI elvtárs vetette fel, de nyilvánvalóan rendkívül sok irányú elfoglaltsága miatt nem tudja tovább vinni. Mi azonban ezt az ügyet felszínen tartjuk. Ha egyéb működésünk nincs is, ezt a kérdést évente két-három átiratban a Művelődésügyi Minisztérium felé meg kell említeni.

T ÁRCZY-HORNOCH ANTAL AKADÉMIKUS

Az osztálytitkári beszámolót természetesen a magam részéről is örömmel elfogadom, hiszen az előbb elhangzott nagy taps annak jele volt, hogy az itt levők is általában már elfogadták. De jele volt annak is, hogy a jelenlevők valamennyien méltányolják az osztálytitkárnak ezen a téren kifejtett önfeláldozó és eredményes munkáját.

A magam részéről a folyóirat- és könyvkiadás kérdéséhez kívánnék egészen röviden hozzászólni.

Az osztálytitkári beszámoló említette, hogy az Acta Technica nemzetközi tekintélynek örvend. Ez valóban így is van. Sőt azt hiszem, ez a kifejezés csak nagyon szerényen fejezi ki azt a nemzetközi, sőt világviszonylatban elért nagy tekintélyt, amelyet az Acta Technica kivívott magának. Ezt mindnyájan

saját tapasztalatunkból állapíthatjuk meg, akiknek alkalmunk van külföldi szakkollégákkal érintkezni.

Erre való tekintettel — azt hiszem — az is megállapítható, hogy ezen a téren a lektori intézmény eredményesnek bizonyult, bár hozzá kívánnám tenni, hogy az átfutási idő megrövidítése az Acta Technica vonalán is talán az aktualitásnak még nagyobb fokát tudná eredményezni. Ezért kérném az osztálytitkárt és az osztályvezetőséget, hogy ennek lehetőségét vizsgálja meg.

A Műszaki Tudományok Osztályközleményeivel kapcsolatban az a kérésem, hogy annak terjedelmét lehetőség szerint fokozzuk. Hiszen a magyar tudósok feltétlenül kötelessége a tudományt magyar nyelven is gyarapítani, és a kutatásokat a magyar szaktársak számára is hozzáférhetővé tenni. Kétségtelen, hogy ezen a téren nagyszámú és eredményes magyar folyóiratok is vannak, ezek a folyóiratok azonban a nagyobb terjedelmű tanulmányok közlésétől rendszerint bizonyos fokig idegenkednek. Éppen erre való tekintettel kívánatos lenne a Műszaki Tudományok Osztályközleményeinek fenntartása, sőt kiterjesztése.

Egészen röviden van észrevételem a könyvkiadással kapcsolatban is. Talán itt is tenni kellene valamit, hogy az átfutási idő valahogyan megrövidüljön. Az osztálytitkári beszámoló is említette az elmúlt évnek különböző nehézségek folytán előállt látszólagos visszaesését. Mindenesetre annyit el kellene érniünk ezen a téren, hogy a kézirat a benyújtástól számítva egy éven belül legalábbis szedés alá kerüljön, mert ez közös érdeke a szerzőnek is, de a kiadónak is.

Befejezésül még egyszer megismétlem: az osztálytitkári beszámolót a magam részéről is örömmel elfogadom.

SHÉCHY KÁROLY LEVELEZŐ TAG

Magam is csatlakozom az előttem szólottakhoz, és azzal kezdem, hogy az osztálytitkári beszámolót köszönettel elfogadom. Ahhoz a köszönethez, amely az osztálytitkár személye iránt megnyilvánult, hozzáteszem még a mellette dolgozó, csekély számú adminisztratív személy iránti köszönetemet is, akiknek a már említett adminisztrációs hiányok következtében valóban emberfeletti munkával kell megküzdeniük. Ebben a tekintetben mindenekelőtt WINTER akadémikus felszólalásához csatlakozom azzal, hogy az adminisztráció erősítése az én véleményem szerint is nélkülözhetetlen feltétele az osztály eredményesebb működésének.

A továbbiakban arra szeretnék rámutatni, hogy az akadémiai kutatásoknak, mégpedig elsősorban a célhitelem-támogatással kapcsolatos kutatásoknak már régóta emlegetett hiányossága az, hogy a tanszéki személyzetet nem sikerül ezekbe a kutatásokba bevonni olyan mértékben, mint ahogyan az szükséges lenne.

Tudjuk, ennek anyagi feltételei volnának, ami ösztönzőleg hatna. Ezek az anyagi feltételek már évek óta nincsenek megoldva. Ehhez most a tanszéki kutatásoknál — sajnos — hozzájárult az, hogy az egyetemnek különböző tárcákkal kötött szocialista szerződések értelmében tudományos feladatok megoldására is vállalkoznak, és e szocialista szerződések keretén belül lehetővé vált a tanszéki személyzet díjazása is. Ezen a téren tehát olyan — mondjuk — konkurrencia jelentkezik, ami még nehezebbé teszi a tanszékeken folyó akadémiai kutatások helyzetét.

Egyébként is javasolnám a tudomány egyre nagyobb területén a különböző hatóságok és különböző szervek munkájának összehangolását, illetve az Akadémia helyzetének határozott tisztázását. Most a Tudományos Felsőoktatási Tanács, az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság és a már említett különböző tárcák felől az egyetemi tanszékek felé megnyilvánuló tudományos kívánságok olyan több helyről jelentkező igényt támasztanak, amelyek között az Akadémia szerepének tisztázása, megóvása és világos érvényesítése mindinkább szükségessé válik.

Javasolom tehát, kérjük fel az Elnökséget, teremtsen ebben a vonatkozásban tiszta helyzetet, tisztázza a tudományos kutatások akadémiai vonatkozásait.

Ezzel kapcsolatban le kell szögezni: a Magyar Tudományos Akadémia, amikor szerény keretek között megindított céltámogatási hiteleivel hozzájárult az egyetemi kutatás megszervezéséhez, elévülhetetlen érdemeket szerzett, nagyon szerény eszközökkel komoly tudományos eredmények elérését tette lehetővé, és így az ezen a területen tett kezdeményezései révén talán jogot formálhat arra is, hogy a tudományos kutatásokba ezen a területen továbbra is megfelelő beleszólása legyen.

További megjegyzésem ezzel kapcsolatban talán az lenne, hogy — amint az osztálytitkári beszámolómból is hallottuk — a tudomány fejlesztése területén az országos távlati tudományos kutatási terv témafeladatainak lerögzítésekor az építéstudomány területén nagyon sok fontos téma maradt ki a távlati tervből. Javasolom, hogy ebben a vonatkozásban is tegyünk az Elnökséghez megfelelő felterjesztést olyan értelemben, hogy ezek belekerüljenek a távlati tudományos kutatási tervbe. Nem vitás, hogy ha nem is kerülnének bele a távlati tudományos kutatási tervbe, minthogy ezek megvalósítását az élet megköveteli, más keretektől valószínűleg ezeken a területeken is folyik majd a kutatás. De mégis helyes volna e tudományágak fontosságának kidomborítása szempontjából is, ha ezek a feladatok a távlati tudományos kutatási tervben is szereplnének.

CSONKA PÁL A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

Engedtessek meg, hogy mint meghívott vendég, hozzáfűzhessek néhány szót az elhangzottakhoz.

Azt hiszem, a magyar műszaki tudományok történetében egyik legjelentősebb lépés az Akadémia műszaki kiadványainak megindítása. Olyan lépés ez a magyar tudomány terén, amely hosszú idők múlva is éreztetni fogja hatását, mert olyan utakat nyitott meg a magyar tudomány előtt, amelyek eddig hozzáférhetetlenek voltak számára.

Az Acta Technica és az Akadémia egyéb műszaki kiadványai lassan eljutnak a világ minden részébe, és ismertté teszik a magyar tudomány eredményeit mindenütt, szerte a világon. A világ minden részéről jönnek reflexziók ezekre a cikkekre, és ily módon anélkül, hogy utazást tettünk volna, eljutottunk a magunk gondolataival a világ legtávolabb eső zugába is.

Azt hiszem, mindannyiunknak hálás köszönetünket kell kifejeznünk a Magyar Tudományos Akadémiának, hogy nagy bőkezűséggel és áldozatkészséggel lehetővé tette ezeknek a folyóiratoknak a megjelentetését, és külön köszönetet kell kifejeznünk annak a lelkes gárdának, amely ennek a szerkesztésében részt vesz.

GELEJI SÁNDOR AKADÉMIKUS, OSZTÁLYTITKÁR válasza

Csak egészen rövid választ kívánok adni, hiszen a kérdések és a kifogások tulajdonképpen majdnem ugyanazon témák körül forogtak.

WINTER akadémikus a bizottsági munka jelenlegi elégtelenségét, illetve visszafejlődését, valamint az Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának adminisztratív munkáját hozta fel, mint hiányosságot.

1957-ben az osztálynak 9 előadója volt, ebben a pillanatban van két előadónk, egy szaktitkárunk, és vannak külső előadók, akik viszonylag igen kevés időt töltenek az Akadémia munkájával. Emiatt az osztály munkája igen erősen szenved.

Hasonló a helyzet az adminisztratív alkalmazottaknál is, akiknek számát szintén erősen csökkentették.

Az adminisztratív tisztviselők és az előadók mindent elkövetnek, hogy munkájukat kellő időre és megfelelő színvonalon elvégezzék, sajnos azonban ez nagyon sokszor meghaladja az erejüket. Különösen — hogy úgy mondjam — az utóbbi időben mindig többet és többet foglalkoztatják az osztályt, mindig több és több feladatot kapunk, amihez a mi erőink viszont nem növekednek arányosan, tehát bizonyos késések következnek be.

VADÁSZ professzor mondotta, hogy esetleg az adminisztratív munka hiányosságai miatt késnek a TMB-ügyek intézése. Mi az adminisztratív munka-erőket egy személlyel megerősítettük, azonkívül titkárnőm is, amikor csak lehet, állandóan ott segédkezik, nem hinném tehát, hogy e tekintetben olyan túlságosan nagy baj lenne. A helyzet az, hogy igen gyakran az opponensektől kapjuk meg nagyon nehezen a véleményeket, és ennek következtében késnek a munkák.

Egyébként nem is én vagyok illetékes a TMB-ügyekről való referátumra, hiszen az osztály ennek a munkának csupán adminisztratív részét végzi. Van külön, az osztálytól többé-kevésbé független TMB-szakbizottság, amelynek elnöke intézi ezeket az ügyeket. Sajnos, ő jelenleg nincs itt, pedig érdemben tulajdonképpen neki kellene válaszolnia ezekre a kérdésekre. A VADÁSZ professzor részéről előadottakat én mindenesetre továbbítani fogom hozzá, és felkérem, hogy valamilyen formában adja meg majd ezekre a választ.

VADÁSZ professzor megemlítette az Akadémiának és a TMB-nek a kutatások finanszírozására vonatkozó kérdését is. Ez nem is ilyen egyszerű kérdés, amelybe igen sokan folynak be, és amelynek területén enyhén szólva zűrzavar uralkodik.

Kérem VADÁSZ professzor kartársamat és mindazokat, akik ebben a kérdésben felszólaltak, az osztály tagjait, hogy a holnap délutáni közgyűlésen szintén vessék fel ezt a kérdést, és a legerélyesebben foglaljanak állást ennek tisztázásában. Az osztály minden elnökségi ülésen és minden egyéb módon szorgalmazza ennek a kérdésnek a tisztázását, illetve a rend megteremtését ezen a vonalon, és reméljük, hogy ez előbb-utóbb sikerre is vezet.

A tudománytörténelmi bizottság ügye valahogy elnézésből maradt ki, holott azok a szerzők, akik tudománytörténettel foglalkoznak és eljönnek hozzám, mind tudják bizonyítani, én mindent elkövetek, hogy ilyen irányú munkáik megjelenjenek. Az Actában, a Közleményekben, mindenütt próbálok helyet szorítani részükre. Valóban nagyon sajnálom, hogy a jelentésből kimaradt, de az osztály mégis mindent elkövet és igen fontosnak tartja a

tudománytörténeti közlemények megjelenését, hiszen olyan sok minden érdekes, sőt jelentős dolog történt Magyarországon, aminek feltétlenül napvilágot kell látnia. Ígérem, hogy jövőre már nem marad így ez a kérdés.

A múzeum kérdéséhez nem tudok hozzászólni. Megvallom, ebben a kérdésben nem vagyok tájékozott. Ezt a MTESZ szorgalmazza, ebben tehát talán HEVESI elvtárs tudna valamit mondani.

Ami az átfutási időt illeti, ez technikai tervezés kérdése. Ha két nappal későbbben érkeznek be valamilyen kézirat lektori véleményei, mint amikor a nyomda betervezi a programját, akkor már súlyos eltérések jelentkeznek. Ne felejtjük el, a nyomda idegen megbízások alapján is dolgozik, és határidőket ad. Mi mindenesetre állandóan szorgalmazzuk az átfutási idő csökkentését. Az Acta Technica átfutási ideje maximálisan 5—6 hónap, míg a legtöbb külföldi tudományos folyóiratnál, egy év.

A célhitelekkel kapcsolatos kérdéseket, amelyeket SZÉCHY professzor említett, szintén a holnap délutáni közgyűlésen az elnökségi beszámolóval kapcsolatosan kell felvetni. Az osztály részéről is megtörténik a felvetése, de nagyon kérem, hogy ezt a kérdést az osztály tagjai a zárt ülésen is minél erőteljesebben szorgalmazzák.

Az építéstudományi fő problémákkal kapcsolatosan mi már éltünk ilyen felterjesztéssel az Elnökséghez, de még egyszer fel fogjuk rá hívni a figyelmüket.

Még egyszer nagyon szépen köszönöm azt a sok szép dicséretet, amit kaptam. Én igazán szívügyemnek tekintem az osztály ügyeit, és igyekszem lelkesedéssel és odaadással végezni a munkát. De nem szabad egy emberről beszélni. Munkatársaim, az osztály dolgozói ugyanúgy szívvel-lélekkel veszik ki részüket az osztály munkájából, mint én, és együtt igyekszünk az osztály ügyeit előbbre vinni. Ha nem mindig sikerrel, az nem mindig rajtunk múlik.

Ezek után még egyszer nagyon kérem az osztály tagjait, hogy a holnap délutáni zárt ülésen ezeket a kérdéseket, amelyeket felvetettek, s amelyekre inkább az Elnökség hivatott válaszolni, legyenek szívesek szintén feltenni.

HEVESI GYULA AKADÉMIKUS elnöki zárószava

Az elhangzott beszámoló és a hozzászólások alapján, valamint figyelembe véve azt a fogadtatást, azt az elismerő figyelmet, amellyel az osztály a felszólalókon kívül is kísérte GELEJI akadémikus osztálytitkári beszámolóját, úgy gondolom, valamennyiünk gondolatát fejezem ki, amikor javaslom, hogy az osztálytitkári beszámolót elismeréssel, jóváhagyólag vegyük tudomásul, és foglaljuk jegyzőkönyvbe azokat az elismerő szavakat is, amelyekkel az egyes hozzászólók GELEJI akadémikus osztálytitkári tevékenységét, s ebben a funkciójában kifejtett odaadó kezdeményező, lelkes munkáját jellemezték.

Azt hiszem, az osztálytitkári beszámolóban kifejtett gondolatok alapot adnak arra, hogy a Műszaki Tudományok Osztálya még nagyobb mértékben fejtsse ki azt a tevékenységet, amely teljes egészében a magyar tudományt és a szocialista népgazdaság építését szolgálja.

Ezzel kapcsolatban kiegészítőleg, de szintén több felszólalással — első-sorban WINTER akadémikus felszólalásával — egybehangzóan szükségesnek tartom, s ily értelemben teszek javaslatot az osztályülésnek, hogy fejezzük ki elismerésünket és köszönetünket azoknak a tudományos munkatársaknak,

akik az osztály bizottsági rendszerében fejtik ki a maguk rendkívüli felelősségteljes, sok fáradságot igénylő, értékes tevékenységüket. A bizottsági rendszer fundamentális része az akadémiai tevékenységnek, enélkül a Magyar Tudományos Akadémia és a Műszaki Tudományok Osztálya aligha lenne képes megközelítőleg is megfelelni feladatainak. Úgy gondolom, az osztály egyetért azzal, hogy határozatunkban bizottságaink tagjainak és vezetőinek fejezzük ki köszönetünket tevékenységükért, és kérjük fel őket, hogy a jövőben is hasonló odaadással és lelkiismeretességgel segítsék elő feladataink teljesítését

AZ
ELSŐ MAGYAR AUTOMATIZÁLÁSI KOLLOKVIUM
(1962 MÁRCIUS 14—15) ELŐADÁSAI

ÁLTALÁNOS KOMPLEX-SÍK STABILITÁSI
KRITÉRIUMOK

CSÁKI FRIGYES
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA
BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM AUTOMATIZÁLÁSI TANSZÉK
MTA AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ LABORATÓRIUM

A szabályozó rendszerek viselkedésének megítélésére többféle komplex-sík ábrázolási módszer kínálkozik. Egyrészt felrajzolható a felnyitott hurok $G(s)$ $H(s)$ átviteli függvénye vagy inverze, továbbá a zárt hurok $M(s)$ átviteli függvénye vagy $N(s)$ inverze, miközben az s változó meghatározott görbét ír le a komplex-síkban. Az egyik ábrázolási módszerről a másikra való áttérés ún. komplex-sík diagramok könnyíthetik meg. A nyolcféle leképzési lehetőséggel másutt foglalkozunk [1]. Ugyanott megtalálhatók a szabályozás fontosabb minőségi jellemzőinek leolvasására szolgáló szabályok, valamint a stabilitási kritériumok, arra az esetre, amikor a nyitott hurok átviteli függvényének nincsenek jobboldali pólusai és zérushelyei. A jelen tanulmány azt tűzte ki célul, hogy megadja és egységes tárgyalásmódban összefoglalja a stabilitás-kritériumokat önmagában labilis és nem minimális fázisú felnyitott hurkú szabályozásokra, tehát amikor a nyitott hurok átviteli függvényének pólusai és zérushelyei közül egyesek a komplex-síkban az imaginárius tengelytől jobbra helyezkednek el.

A továbbiakban közölt stabilitás-kritériumok közül a zárt hurokra, illetve inverzére vonatkozó egyes általánosítások — legjobb tudomásunk szerint — itt fordulnak elő először, míg mások, így a nyitott hurokra és inverzére vonatkozó Nyquist diagramok közismertek [2, 3], és csak a teljesség kedvéért kaptak helyet.

1. Jelölések, elnevezések

A továbbiakban egyhurkú szabályozási körökkel foglalkozunk.

A z és a p index a számlálókra, illetve nevezőkre, tehát olyan függvényre utal, amelyből a zérushelyek, illetve a pólusok határozhatók meg.

Az elővezető ág átviteli függvénye

$$G(s) = \frac{G_z(s)}{G_p(s)}, \quad (1.1)$$

míg a visszavezető ág átviteli függvénye

$$H(s) = \frac{H_z(s)}{H_p(s)}, \quad (1.2)$$

ahol a számlálóban, illetve a nevezőben előforduló függvények K , $1 + sT$, $1 + 2\zeta sT + s^2 T^2$ alakú tényezőket (esetleg kivételesen e^{-sT} alakú tényezőt is) tartalmazhatnak.

A felnyitott hurok átviteli függvénye:

$$G(s) H(s) = \frac{G_z(s) H_z(s)}{G_p(s) H_p(s)}. \quad (1.3)$$

A zárt hurok átviteli függvénye:

$$M(s) = \frac{M_z(s)}{M_p(s)}, \quad (1.4)$$

míg a zárt hurok inverz átviteli függvénye:

$$N(s) = \frac{N_z(s)}{N_p(s)}. \quad (1.5)$$

Minthogy (1. pl. [2])

$$M(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)} = \frac{1}{N(s)}, \quad (1.6)$$

tehát az előzőek figyelembevételével:

$$N_z(s) = M_p(s) = G_p(s) H_p(s) + G_z(s) H_z(s) \quad (1.7)$$

és

$$N_p(s) = M_z(s) = G_z(s) H_p(s), \quad (1.8)$$

az itt előforduló $N_z(s) = M_p(s)$ kifejezést zérussal téve egyenlőnek az úgynevezett karakterisztikus egyenletet nyerjük.

Közbevetőleg megemlítjük hogy a zárt hurok átviteli függvénye ilyen alakra is hozható

$$M(s) = M_1(s) \frac{1}{H(s)} = M_2(s) G(s) \quad (1.9)$$

és

$$N(s) = N_1(s) H(s) = \frac{N_2(s)}{G(s)}, \quad (1.10)$$

ahol

$$M_1(s) = \frac{G(s)H(s)}{1 + G(s)H(s)} = \frac{1}{N_1(s)} \quad (1.11)$$

és

$$N_2(s) = \frac{1 + [G(s)H(s)]^{-1}}{[G(s)H(s)]^{-1}} = \frac{1}{M_2(s)}. \quad (1.12)$$

Az említett [1] komplex diagramokkal $M_1(s)$, $N_1(s)$, illetve $M_2(s)$, $N_2(s)$ közvetlenül meghatározhatók.

A stabilitás már segítségükkel is eldönthető. A minőségi jellemzők megítéléséhez azonban az (1.9), (1.10) képletekben kijelölt szorzásokat, illetve osztásokat el kell végezni, és a teljes $M(s)$ vagy $N(s)$ átviteli függvényt kell meghatározni.

Végül jelölje rendre $G(s)$, $H(s)$, $M(s)$, $N(s)$ *jobboldali* pólusainak, illetve zérushelyeinek számát rendre

$$P_G, P_H, P_M, P_N \text{ és } Z_G, Z_H, Z_M, Z_N,$$

ahol mindig $P_M = Z_N$ és $P_N = Z_M$.

Míg

$$P_G, P_H, Z_G, Z_H \text{ és } Z_M = P_N = Z_G + P_H$$

ismertek, a stabilitás-kritériumok éppen a karakterisztikus egyenlet keresett jobboldali

$$Z = Z_N = P_M$$

gyökszámának megállapítását kívánják. A zárt hurok átviteli függvényének M_p nevezőjében (inverzének a N_z számlálójában), vagyis a karakterisztikus egyenletben ugyanis függvények összege van, a gyökök tehát nem olvashatók le közvetlenül.

A stabilitás kritériuma általánosságban a következőképpen fogalmazható meg:

A zárt szabályozási rendszer akkor stabilis, ha $Z = 0$, tehát a karakterisztikus egyenletnek nincs jobboldali gyöke.

2. Segéd tételek

A stabilitás-kritériumok megállapításához egységesen a következő segéd-tételeket használjuk fel.

1. *Segéd tétel.* A komplex függvénytan argumentum tétele, valamint logaritmusos integrál tétele alapján felírható:

$$\frac{1}{2\pi j} \oint_C \frac{F'(s)}{F(s)} ds = P_F - Z_F = R_0 \{F(s)\}. \quad (2.1)$$

Tetszőleges egyszeresen tárt C görbére a fenti integrál megadja tehát egyrészt az $F(s)$ függvény C görbén belülfekvő P_F pólusszámának és Z_F zérushelyszámának különbségét, másrészt pedig az $F(s)$ görbének az origó körül tett teljes pozitív (az óramutatóval ellentétes irányú) körülfordulásainak számát: $R_0\{F(s)\}$ értékét. [$F(s)$ -nek egyértékűnek kell lennie a C görbén és C belsejében, továbbá analitikusnak és zérustól különbözőnek kell lennie a C görbén.]

Figyeljük meg, hogy a C görbét a szokásoktól eltérőleg, a *negatív* irányban írjuk le, míg a teljes körülfordulások R_0 számát *pozitív* irányban olvaszuk le.

2. *Segéd-tétel.* Az összes jobboldali pólusok és zérushelyek különbségének megállapítása céljából a C görbét a teljes imaginárius tengelyből és hozzá csatlakozó jobboldali, végtelenhez tartó sugarú félkörből tesszük össze. Ha az imaginárius tengelyen pólus vagy zérushely lenne, akkor zérushoz tartó sugarú, kis félkörrel jobbról (az óramutató járásával ellentétesen), vagy balról az óramutató járásával megegyezően megkerüljük. Utóbbi esetben természetesen a jobboldali pólusok vagy zérushelyek száma eggyel szaporodik. (L. 1. és 2. ábrát !)

3. *Segéd-tétel.* Az s komplex-síkban fekvő C görbét az $F(s)$ függvény leképezi az $F(s)$ komplex-síkra, ugyancsak zárt $C_{F(s)}$ görbe alakjában. Az így nyert görbéből (amelyet egyszerűen $F(s)$ görbének fogunk nevezni) a körülfordulások száma $R_0\{F(s)\}$ könnyen meghatározható.

Közbevetőleg megjegyzendő, hogy az imaginárius tengelyen levő pl. i -szeres számosságú pólust körülvevő, minden határon túl csökkenő sugarú félkörnek az $F(s)$ síkon minden határon túl növekvő sugarú és ellentétes irányítású i félkörből álló görbeszakasz felel meg.

Sokszor elegendő a *főágra* szorítkozni. (A főág a pozitív imaginárius tengely leképezéséből áll elő.) Ha $F(s)$ számlálójában, illetve nevezőjében levő polinomok fokszámának *különbségét* D_F jelöli, továbbá az $F(s)$ görbe főága Q_F quadránsban (síknegyeden) keresztül veszi körül az origót az óramutató járásával ellentétes pozitív irányban, akkor az $F(s)$ görbének a valós tengelyre vonatkozó szimmetriáját tekintetbe véve:

$$R_0\{F(s)\} = \frac{Q_F}{2} - \frac{D_F}{2}. \quad (2.2)$$

(Az s sík C görbéjének végtelenhez tartó sugarú félkörét ugyanis az $F(s)$ függvény D_F számú negatív irányítású, végtelenhez tartó sugarú félkörbe viszi át, ha $D_F > 0$, vagyis $F(s)$ számlálója a magasabb fokú, míg $D_F < 0$ esetén, tehát amikor a nevező a nagyobb fokszámú, pozitív irányítású, végtelen kis sugarú félkörök keletkeznek az origó körül, számuk $-D_F$.) Ezt a tételt a továbbiakban quadráns tételnek nevezzük.

4. *Segédétel.* Az origó helyett a $-1 + j0$ pont körüli teljes körülfordulások is vizsgálhatók, ha ez egyszerűbb, a következő összefüggés alapján:

$$R_0\{F(s)\} = R_{-1}\{F(s) - 1\}, \quad (2.3)$$

mert az $F(s)$ görbe menete az origóhoz képest ugyanolyan, mint az $F(s) - 1$ görbe menete a $-1 + j0$ ponthoz képest.

3. Általános stabilitási kritériumok

Az előző négy segédétel alapján a karakterisztikus egyenlet jobboldali gyökeinek száma a négy fő esetre a következőképpen állapítható meg:

a) A *nyitott hurok* komplex-sík görbéjének felhasználásával az $1 + G(s)H(s)$ függvényből kiindulva felírható:

$$Z = P_G + P_H - R_{-1}\{G(s)H(s)\}. \quad (3.1)$$

b) A *nyitott hurok inverz* komplex-sík görbéjének tekintetbevételével az $1 + [G(s)H(s)]^{-1}$ függvényből kiindulva felírható:

$$Z = Z_G + Z_H - R_{-1}\left\{\frac{1}{G(s)H(s)}\right\}. \quad (3.2)$$

c) A *zárt hurok inverz* komplex-sík görbéjének figyelembevételével az $N(s)$ függvényre:

$$Z = Z_G + P_H - R_0\{N(s)\}, \quad (3.3)$$

ahol

$$R_0\{N(s)\} = \frac{Q_N}{2} - \frac{D_N}{2}. \quad (3.4)$$

d) A *zárt hurok* komplex-sík görbéjének vizsgálatával az $M(s)$ függvényre:

$$Z = Z_G + P_H + R_0\{M(s)\}, \quad (3.5)$$

ahol

$$R_0\{M(s)\} = \frac{Q_M}{2} - \frac{D_M}{2}. \quad (3.6)$$

Természetesen mindig

$$R_0\{M(s)\} = -R_0\{N(s)\}. \quad (3.7)$$

Szavakban a karakterisztikus egyenlet jobboldali gyökei keresett számának megállapítására szolgáló módszerek, illetve a stabilitási kritériumok a következőképpen fogalmazhatók meg:

a) A karakterisztikus egyenlet keresett jobboldali gyökeinek Z számát (a zárt hurok $M(s)$ átviteli függvényében a jobboldali pólusok P_M számát,

az inverz $N(s)$ átviteli függvényben a jobboldali Z_N zérushelyek számát) a *nyitott hurok* jobboldali $P_G + P_H$ pólusszámának és a $G(s)H(s)$ görbe $-1 + j0$ pont körüli teljes körülfordulási számának különbsége adja.

A zárt szabályozási rendszer akkor és csak akkor stabilis, ha a nyitott hurok $G(s)H(s)$ görbéje éppen annyiszor veszi körül a -1 pontot pozitív irányban, mint amennyi a nyitott hurok jobboldali pólusainak száma. (Általános NYQUIST-kritérium.)

b) A karakterisztikus egyenlet keresett jobboldali gyökeinek Z számát a nyitott hurok jobboldali $Z_G + Z_H$ zérushelyszámának és az inverz $1/(G(s)H(s))$ görbe $-1 + j0$ pont körüli teljes körülfordulási számának különbsége szolgáltatja.

A zárt szabályozási rendszer akkor és csak akkor stabilis, ha a nyitott hurok inverz $1/G(s)H(s)$ görbéje éppen annyiszor veszi körül a -1 pontot pozitív irányban, mint amennyi a nyitott hurok jobboldali zérushelyeinek száma. (Inverz NYQUIST-kritérium.)

Hogy a közismert szabályok sokszor nem is annyira közismertek, arra példa, hogy [3] nagyszabású kézikönyvben Z kiszámítására szolgáló képlet és a kritérium megfogalmazása hibás.

c) A karakterisztikus egyenlet keresett jobboldali gyökeinek Z számát úgy kaphatjuk meg, hogy az előrevezető ág jobboldali Z_G zérushelyszámának és a visszavezető ág jobboldali P_H pólusszámának összegéből levonjuk az $N(s)$ görbe origó körüli teljes (pozitív irányú) körülfordulási számát.

A zárt szabályozási rendszer akkor és csak akkor stabilis, ha a zárt hurok inverz $N(s)$ görbéje éppen annyiszor veszi körül az origót pozitív irányban, amennyi az előrevezető $G(s)$ ág zérushelyei Z_G számának és a visszavezető $H(s)$ ág pólusai P_H számának összege.

d) A karakterisztikus egyenlet keresett jobboldali gyökeinek Z számát az előrevezető ág jobboldali Z_G zérushelyszámának, a visszavezető ág jobboldali P_H pólusszámának és az $M(s)$ görbe origó körüli teljes (pozitív irányú) körülfordulási számának összege adja meg.

A zárt szabályozási rendszer akkor és csak akkor stabilis, ha a zárt hurok $M(s)$ görbéje éppen annyiszor veszi körül az origót *negatív* irányban, mint amennyi az előrevezető $G(s)$ ág jobboldali Z_G zérushelyszámának és a visszavezető $H(s)$ ág jobboldali P_H pólusszámának összege.

Mint hogy az $M(s)$ görbe általában befut az $M(s)$ komplex-sík kezdőpontjába, $R_0\{M(s)\}$ meghatározása nehézségbe ütközik. Míg az előző esetekben a quadráns tétel felhasználása különösebb előnyt nem nyújt, és inkább ellenőrzésül kínálkozik, most alkalmazása előnyös és ajánlatos.

(3.5) és (3.6) alapján:

$$Z = Z_G + P_H + \frac{Q_M}{2} - \frac{D_M}{2} . \quad (3.8)$$

A quadráns tétel figyelembevételével a zárt hurok $M(s)$ görbéjére vonatkozólag a stabilitási kritérium megfogalmazása: a zárt szabályozási rendszer akkor és csak akkor stabilis, ha a zárt hurok $M(s)$ főága annyi síknegyedben (quadránsban) keresztül fut be az origóba az óramutató járásával egyező *negatív* irányban, mint amennyi $M_p(s)$ és $M_z(s)$ fokszámának $-D_H$ különbsége megnövelve az előrevezető ág jobboldali zérushely- és a visszavezető ág jobboldali pólusszámának kétszeresével: tehát stabilis esetben

$$-Q_M = -D_M + 2Z_G + 2P_H. \quad (3.9)$$

Természetesen $N(s)$ főágára hasonló tétel állítható fel, de az $N(s)$ görbe főágának pozitív irányban kell haladnia, és stabilis esetben a quadránsok száma:

$$Q_N = D_N + 2Z_G + 2P_H. \quad (3.10)$$

4. Kiegészítő megjegyzések

Ha az 1. pontban említett $M_1(s)$, $N_1(s)$ vagy $M_2(s)$, $N_2(s)$ átviteli függvényösszetevők alapján kívánjuk megítélni a kérdéses Z jobboldali zérushely-, illetve pólusszámot, akkor a következő képletek kínálkoznak:

$$Z = Z_G + Z_H + R_0\{M_1(s)\}, \quad (4.1)$$

vagy

$$Z = Z_G + Z_H - R_0\{N_1(s)\}, \quad (4.2)$$

ahol

$$R_0\{M_1(s)\} = \frac{Q_{M1}}{2} - \frac{D_{M1}}{2} = -\frac{Q_{N1}}{2} + \frac{D_{N1}}{2} = -R_0\{N_1(s)\}. \quad (4.3)$$

Másrészt

$$Z = P_G + P_H + R_0\{M_2(s)\}, \quad (4.4)$$

vagy

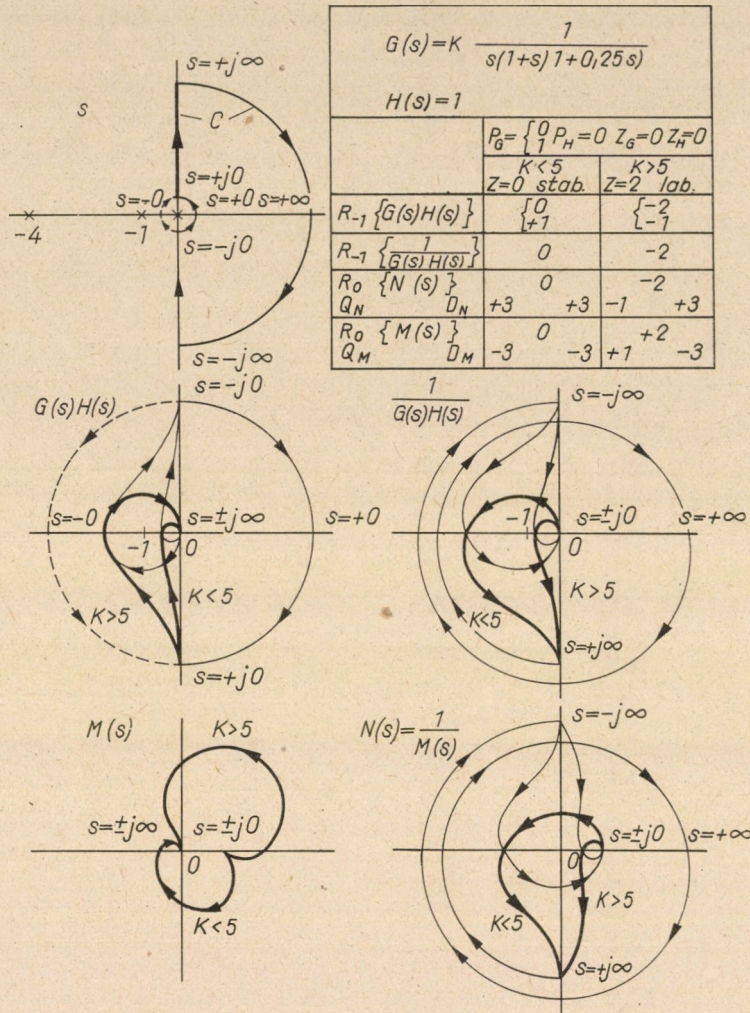
$$Z = P_G + P_H - R_0\{N_2(s)\}, \quad (4.5)$$

ahol

$$R_0\{M_2(s)\} = \frac{Q_{M2}}{2} - \frac{D_{M2}}{2} = -\frac{Q_{N2}}{2} + \frac{D_{N2}}{2} = -R_0\{N_2(s)\}. \quad (4.6)$$

A fenti képletek alapján a karakterisztikus egyenlet jobboldali gyökszámának meghatározására szolgáló módszerek, valamint a stabilitási kritériumok az előzőekhez hasonlóan nehézség nélkül megfogalmazhatók.

Néhány speciális esetben a képletek egyszerűbb alakra hozhatók. Például, ha a rendszerben közvetlen visszavezetés van, $H(s) = 1$, akkor $P_H = Z_H = 0$ helyettesítendő. (Ilyenkor a b) és c) kritérium teljesen azonos alakú, mert $N(s) = 1 + G^{-1}(s)$)



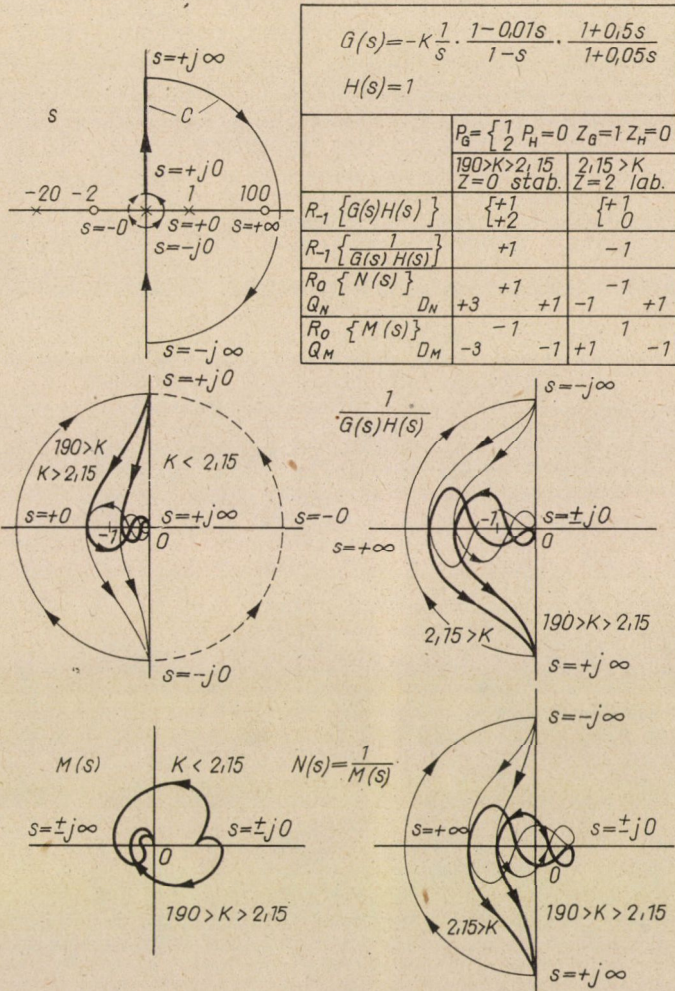
1. ábra

Ha a felnyitott hurok minimális fázisú és önmagában stabilis, akkor $P_G = Z_G = P_H = Z_H = 0$ helyettesítendő.

Utóbbi esetben a stabilitási kritériumok a következők:

A zárt rendszer akkor és csak akkor stabilis, ha a) a $G(s)H(s)$ vagy b) az $1/G(s)H(s)$ görbe főága a -1 pontot, illetve c) az $N(s)$ görbe főága az origót nem öleli körül. (Mindhárom esetben, a főágot a növekvő körfrekvenciák irányában befutva, a vonatkoztatási -1 , illetve 0 pont balra esik.)

Végül, ha a zárt hurok $M(s)$ görbéjének főága az óramutató járásával megegyezően *negatív* irányban halad, a rendszer stabilis, ellenkező esetben labilis.



2. ábra

Befejezésül megemlítjük, hogy az irodalomban elég gyakran előfordul magának az $N_z(s) = M_p(s)$ karakterisztikus egyenlethez tartozó főágak felrajzolása is (pl. [4]), bár az említett összegezés miatt ez elég fáradságos, és természetesen kevesebb adatot szolgáltat, mint $N(s)$ vagy $M(s)$ görbéje. A teljesség kedvéért itt megadjuk az $N_z(s)$ főágára vonatkozó ún. MIHAJLOV—LEONHARD-kritériumot is:

$$2Z = D_{Nz} - Q_{Nz}, \tag{4.7}$$

ahol most D_{Nz} a karakterisztikus egyenlet fokszámával egyenlő. Ha a zárt

szabályozási rendszer stabilis, az $N_z(s)$ főág éppen annyi quadránszon halad keresztül *pozitív* irányban, mint amennyi a karakterisztikus egyenlet fokszáma.

(Egyébként a quadránsziány a keresett jobboldali Z zérushelyek kétszeresét adja meg.)

5. Példák

Az általános stabilitási kritériumok bemutatására, illetve a keresett jobboldali gyökök meghatározásában követett módszerek szemléltetésére az 1. és 2. ábra szolgál. Mindkét ábra bal felső részébráj a nyitott hurok pólusainak és zérushelyeinek elhelyezkedését, valamint a jobboldali félsíkot körülzáró C görbe menetét mutatja. A további részébrák szemléltetik a C görbe leképezését a $G(s)$ $H(s)$, az $1/G(s)$ $H(s)$, az $N(s)$ és az $M(s)$ síkra. Valamennyi ábra torzított léptékű. A főágakat vastagabb vonal mutatja. $M(s)$ görbéjéből csak a főágot rajzoltuk meg, a többi esetekben a teljes görbék szerepelnek. Néhány összetartozó pontot is megjelöltünk.

Az előrevezető és a visszavezető ág átviteli függvényét, a nyitott hurok pólusainak és zérushelyeinek számát külön táblázat foglalja össze. Ugyanezekben a táblázatokban megtalálhatók az egyes görbék alapján meghatározható körülfordulási számok, illetve a főágak quadránsainak számai is. Természetesen bármelyik közölt általános stabilitás-kritériumot használjuk is fel, az eredmény mindig ugyanaz. A jelen példákban az instabilis esetben $Z = 2$, vagyis a karakterisztikus egyenletnek 2 jobboldali gyöke van. Ha $Z = 0$, a zárt rendszer stabilis.

IRODALOM

1. CSÁKI, F.: Complex-Plane Charts for Obtaining Closed-Loop Frequency Responses in Linear Control Systems. *Periodica Polytechnica—Electrical Engineering*, 4 (1960) p. 361.
2. CHESNUT, H.—MAYER, R. W.: Szervomechanizmusok és szabályozó rendszerek tervezése. Műszaki Könyvkiadó, 1959.
3. TRUXAL, J. G.: Control Engineers Handbook. Mc Graw—Hill Book Comp., 1958.
4. FREY, W.: Beweis einer Verallgemeinerung des Stabilitätskriteriums von Nyquist, sowie des jenigen von Leonhard. *B.B.C. Mitteilungen*, 1946., p. 59.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szabályozási rendszerek viselkedésének leírására négyféle frekvencia jelleggörbe használható fel a komplex-síkban: a frekvencia jelleggörbe felrajzolható a nyitott hurok átviteli függvénye, illetve inverze alapján, továbbá a zárt hurok átviteli függvényéből, illetve inverzéből kiindulva. E tanulmány a komplex függvénytan tételeiből kiindulva egységes tárgyalásmódban foglalja össze a stabilitási kritériumokat önmagában labilis és nem-minimál fázisú felnyitott hurkú szabályozási rendszerekre. A stabilitási kritériumok felhasználását példák szemléltetik.

AZ ERŐMŰVEK KÖZÖTTI GAZDASÁGOS TEHER- ELOSZTÁST ÖNMŰKÖDŐEN SZABÁLYOZÓ ANALÓG SZÁMOLÓGÉP

BOROVSKY LÁSZLÓ

és

VÁMOS TIBOR

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA
VILLAMOS ENERGETIKAI KUTATÓ INTÉZET

Az energiarendszerek önműködő diszpécserirányításának normális feltételek között fő feladatai:

a) a fogyasztás, termelés és energiacsere egyensúlyának fenntartása és szabályozása előírt szinten,

b) az a) feltételnek az adott műszaki lehetőségek figyelembevételével a leggazdaságosabb üzemviszonyok között történő kielégítése.

Az a) feladatot az energiarendszerek önműködő teljesítmény- és frekvenciaszabályozói oldják meg, ilyen hazai építésű félautomata berendezés már két év óta üzemben van az Országos Villamos Teherelosztóban. A berendezésről már több beszámoló készült. A szabályozás általános tömbvázlatát az 1. ábra mutatja. Az első kivitelben, mint a többi hasonló célú szabályozóban, az erőművek közötti terheléselosztást kézi működtetésű arány-állítóval a gazdaságosság és a műszaki lehetőségek figyelembevételével végzik a diszpécserék.

A b) feltétel számítása a nem lineáris programozás igen bonyolult feladata, amelyben figyelembe kell venni az egyes erőművek gazdaságosságát és a hálózati veszteségeket. Az előbbi figyelembevétele az erőművek terhelés-függő energiatermelési költséggörbéivel történik. A gyakorlatban célszerűbb ennek deriváltját, az ún. növekményköltséget felhasználni, amelynek dimenziója

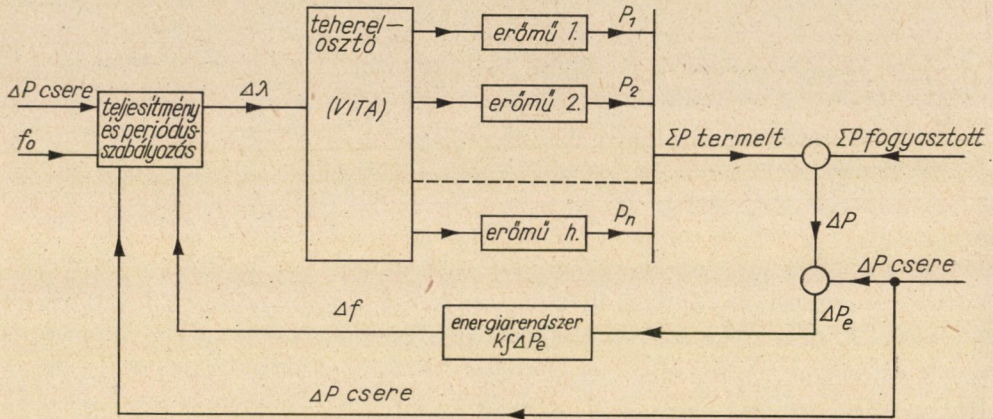
$\frac{F_t}{MW_0}$. A görbe lényegesen nem lineáris, általában csak többtöréses egyenessel

helyettesíthető. A hálózati veszteségek összege közelítőleg az egyes erőművek teljesítményének, illetve a fogyasztók terhelésének bilineáris összefüggéséből adódik. A bilineáris összefüggés együtthatóit korábban valamennyi alkalmazásnál hosszadalmas digitális számításokkal számították egy-egy terhelési állapotra. A számítás többek között igen nagy komplex matrixok invertálását igényelte. A teljes számításnak a növekményköltséggörbe figyelembevételével történő új, analóg gépre alkalmazható módszerét UzsokY Miklós dolgozata tartalmazza. Jelen közlemény UzsokY dolgozatához kapcsolódik, és ismerteti a befejezéshez közeledő, ez év első felében üzembehelyezendő analóg célgépet. A gép tervezésében és kivitelében a „fokozatos” alkalmazás elvét valósítottuk meg. Az üzembehelyezés első szakaszában a gép az előzetes menetrend készit-

sét fogja végezni. Ez az időszak alkalmas lesz arra, hogy a kezelőszemélyzet ellenőrizhesse a számítás megbízhatóságát, a gép pontosságát és üzemképességét.

A második időszakban a számológép az ügyeletes diszpécser segédeszköze lesz. A diszpécser félóránként vagy óránként fogja „megkérdezni” a számológépet, vagyis az országos terhelés MW értékét beállítva leolvassa majd az erőművi terheléseket. Az így kapott értékeket azután távbeszélőn továbbítja az erőművek felé.

Az alkalmazás harmadik változata lesz az automatikus üzem. A gazdaságos teherelosztó a rendszer teljesítmény- és frekvencia(kooperációs)-szabá-

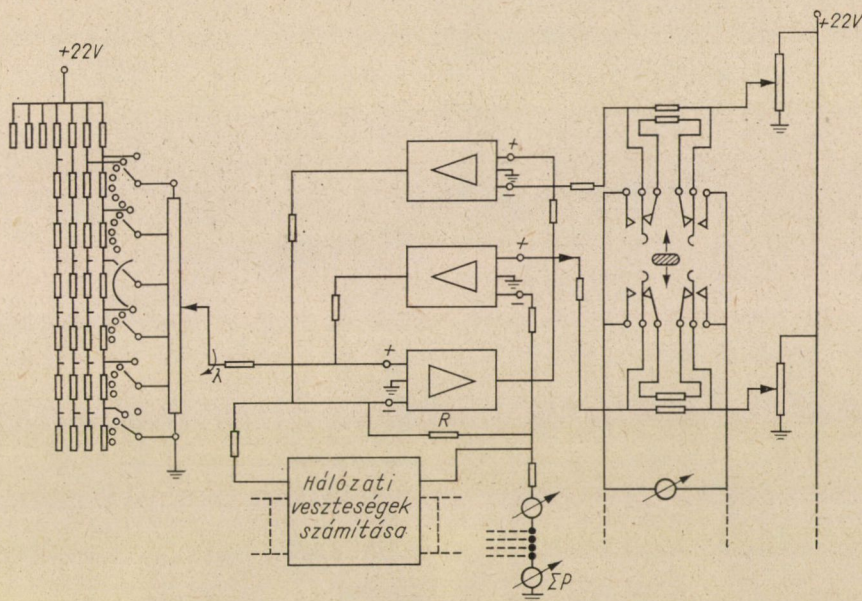


1. ábra

lyozójával együtt — zárt hatásláncban — irányítja majd az erőműveket. Ezen harmadik üzemmódnak fontos előfeltétele a megbízható távmérés. Ez lesz hazánkban az első folyamatszabályozásra alkalmazott, a szabályozási körbe beszerelt ún. on-line számológép.

A gép kapcsolási vázlatát a 2. ábra mutatja. Lehetőleg hazai alkatrészeket és elemeket használtunk. Különös tekintettel a későbbi önműködő üzemre, kerültük a mozgó alkatrészeket és igyekeztünk nagyon megbízható megoldásokat alkalmazni. A gazdasági optimumot kifejező egyenletnek megfelelően, erőművenként meg kellett valósítani a $P = f(\lambda)$ és a $\lambda \frac{dP}{d\lambda} = f(\lambda)$ függvényeket (P az erőműteljesítmény, λ a valamennyi erőműre azonos költségnövekmény). A függvényeket 10 megcsapolásos, precíziós ikerpotenciométerekkel képezzük, a potenciométer-szakaszok söntölésével. A $\lambda \frac{dP}{d\lambda}$ függvényt még szorozni kell a hálózati veszteségnövekménnyel. A szorzás és függvényképzés potenciométerrel közvetlenül megvalósítható és ez indokolja alkalmazását. A különböző kazán-turbina konfigurációknak, erőművi viszonyoknak megfelelően

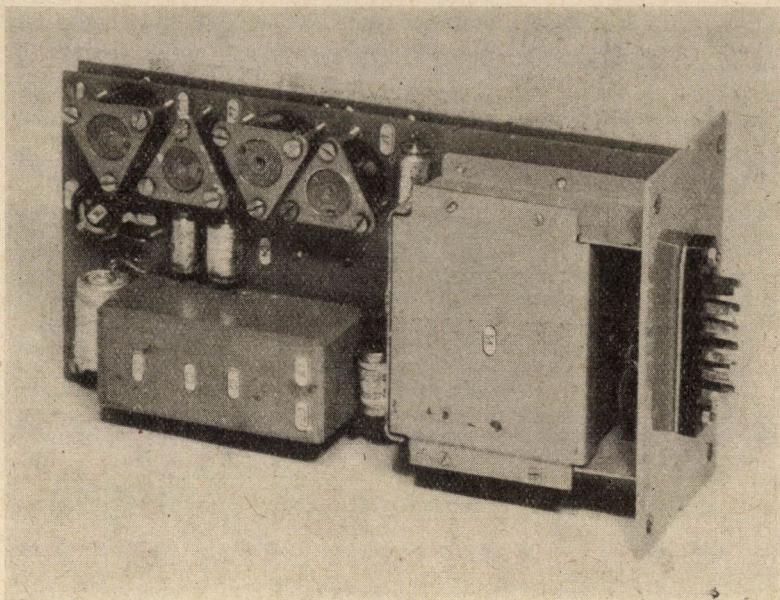
7 jelleggörbét építettünk be minden erőműhöz, ezeket átkapcsolókkal lehet változtatni. A 7 variáción kívül a jelleggörbék a szénár változásának megfelelően önmagukkal párhuzamosan potenciométeres osztó segítségével eltolhatók. Az erőművek a jelleggörbét eddigi üzemi statisztikáik és mérések alapján adják meg, ezek ma még sokkal pontatlanabbak, mint a számológép leképezési pontossága. A pontos számítás egyszerű lehetősége előreláthatóan



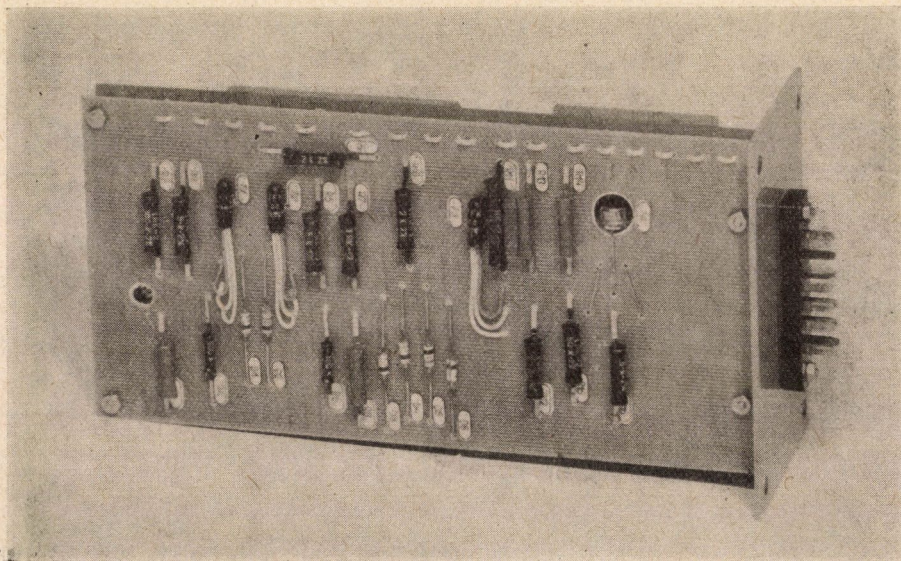
2. ábra

serkentően fog hatni a jelleggörbék mérési pontosságára is. A λ értéket, melynek a Lagrange-féle feltételes szélsőértékkritérium szerint valamennyi erőműre azonosnak kell lennie, a potenciométerek mechanikailag összekapcsolt tengelyeinek elfordulása szolgáltatja. A λ értéket addig kell változtatni, míg a $P_i = P_i(\lambda)$ potenciométerekkel leképezett erőművi teljesítmények összege, a ΣP_i eléri a szükséges teljes fogyasztói teljesítményt.

A menetrendkészítésnél a λ -val arányos tengelyfordítást kézzel addig kell fokozni, míg a menetrendi előírt összteljesítményt meg nem kapjuk. A zárt hatásláncú szabályozási rendszerben a potenciométer-tengelyeket egy, az analóg számológépbe beszerelhető szervomotor hajtja, amely a teljesítményszabályozó hibaképző elemétől kapja a jelet. A számológép kézi vagy automatikus működtetése egyszerű mechanikai tengelykapcsolóval váltható. Így az önműködő üzem megvalósítása után, várhatóan nyugodt üzemi állapotban (pl. éjszaka) az automatikus üzemet rövid időre kikapcsolva elő-



3a. ábra

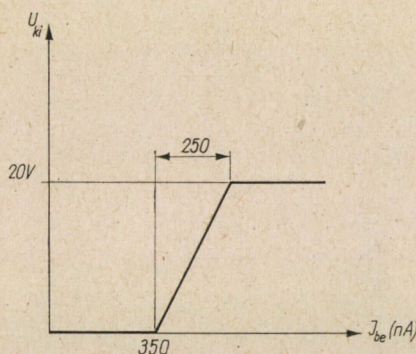


3b. ábra

készíthető a következő napi menetrend, vagy más tanulmányozandó teherelosztási feladat.

A határolás céljából igen nagy erősítési tényezőjű visszacsatolt erősítőket alkalmaztunk, amelynek fényképét a 3. ábra mutatja. Ezek a 4. ábra jelleg-
görbáját valósítják meg.

A hálózati veszteség hatását igen jó közelítéssel az Uzsokly Miklós dolgozatában ismertetett módszer alapján egy a valódi hálózat konduktív ellenállásai-
ból képzett matrix segítségével számítjuk. A hálózatot a teherelosztó disz-



4. ábra

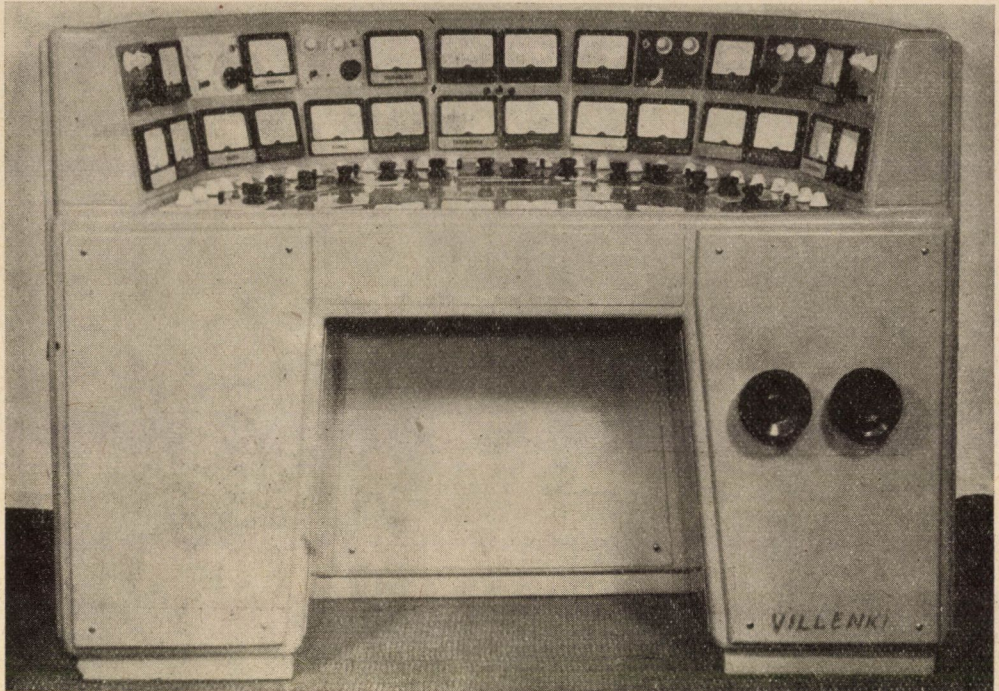
pécserék számára megszokott grafikus sémába rendeztük el, a főbb vezetékek a valóságos állapotnak megfelelően dugaszolhatók vagy kapcsolhatók. Ezáltal a gép, a hasonló célokra szerkesztett analóg számítógépek között először, önműködően veszi figyelembe a hálózat kapcsolási viszonyaiban történt változásokat.

A gép elrendezését és a Teherelosztó szükségletei szerint íróasztalszerűen kialakított alakját az 5. ábra mutatja.

A 20 erőműnek megfelelően, 20, MW-ban skálázott műszeren olvasható le az adott országos terheléshez tartozó optimális terhelés. A műszerek 20 V feszültség esetén adnak végkitérést, a végkitérés MW értéke egyezik a megfelelő erőmű maximális teljesítményével.

A műszerek árama — adott léptékben — arányos az erőmű előírt teljesítményével. Az áramokat közös műszeren összegezve az összes elosztott teljesítmény (ΣP) mérhető. A középen elhelyezett (ΣP) mérő mellett helyeztük el az erőmű alsó és felső terhelhetőségének leolvasását biztosító műszert is.

Valamennyi erőmű kapcsolómezejében külön potenciométerrel állítható az alsó vagy a felső korlátozó erősítő megszólalási árama. A potenciométer gombok mellett elhelyezett telefonkulccsal lehet kiválasztani, hogy az alsó vagy felső határolót kapcsoljuk-e a műszerre. Így egyetlen műszerrel 20 erőmű alsó és felső határolását lehet beállítani.



5. ábra

A számológép legfontosabb elemei a különböző célokat szolgáló, de azonos típusú erősítők. Az alaperősítő tranzisztorttal készül, az egyenáramot 1000 Hz-es frekvenciájú mágneses erősítő átalakító alakítja át váltakozó árammá. A mágneses erősítő jó lehetőséget nyújt bemenő tekercseinek megsapolásával az összegező műveletek elvégzésére. Az erősítő műszaki adatai: kimenő feszültség 0—20 V (egyenfeszültség); minimális terhelő impedancia: 2 k Ω ; az erősítő teljes kivezrléséhez szükséges bemenőjel: ± 250 nA; külön (+) és (–) kivezetés; a bemenő kör egyenáramú ellenállása az egyik bemenet és a föld között mérve: 1 k Ω $\pm 20\%$; túlvezérlés esetén mutatkozó maximális nullapont eltolódás (drift): 350 nA.

Az erősítőt különböző célokra az alábbi kapcsolásokban használjuk: alsó, felső határbeállítás, összegezés.

Az erősítőnek külön tápegysége és 1000 Hz-es oszcillátorai vannak.

Az egész rendszerre vonatkozólag a pontossági előírás az volt, hogy 10 MW-nál nagyobb rendszer-összteljesítményváltozást már érzékeljen, és az egyes erőművekre a kiadott legkisebb parancs kisebb erőműveknél 1, nagyobbaknál 2 MW legyen. Ezeknél a határoknál kisebb értékekre ésszerűtlen, sőt káros lenne a szabályozást elvégezni, mert a rendszer állandó lengését okozná.

A számológép összpontossága nagyobb, mint a beadott adatoké, így az erőművi növekmény-jelleggörbéké, hálózati adatoké stb.

A gép továbbfejlesztésének legfőbb iránya a növekmény-költségértékeknek az erőművekben, a valódi üzemállapot alapján történő közvetlen mérése és így élő értéként való továbbítása, fix, statisztikai görbék helyett. Ezt a feladatot az erőműben felállított analóg vagy digitális számológép tudná megoldani. A feladat fő nehézsége az erőmű kalorikus gazdasági jellemzőinek mérési problémája. Így a szénminőség salakéghető folyamatos mérése jelenti a legfőbb kérdést. Olajtüzelésű erőműveknél a megoldás lényegesen egyszerűbb, ezzel a kérdéssel foglalkozunk. Az egyes kazánok és turbinák konfigurációit figyelembe vevő analóg célgép kidolgozása lesz valószínűleg ebben az irányban a másik kezdő lépés.

A gép alkalmas a meddő teljesítmények gazdaságos elosztására is. Ennek módszerét kidolgoztuk és egy korábbi cikkben publikáltuk. Ha az üzemi tapasztalatok kedvezőek lesznek, ezt az ismertetett gépet is kibővítjük ilyen készülékkel.

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat a Villamos Energetikai Kutató Intézetben megépített Villamos Teherelosztó Automata (VITA) fontosabb műszaki adatait ismerteti. Egy erőmű részletes kapcsolási vázlatán követhető a számológép általános felépítése, az alsó és felső terhelési határok beállítása, valamint az erőművi jelleggörbék leképezésének módja.

A számológép háromféle üzemmódban dolgozhat:

- a) előzetes menetrendkészítés,
- b) a pillanatnyi terhelés elosztása és a számított adatok továbbítása távbeszélőn,
- c) kooperációs szabályozóval összekapcsolva, amely esetben az üzem teljesen automatikus.

HÁROMFÁZISÚ, HÍDKAPCSOLÁSÚ, ÖNTELÍTŐ MÁGNESES ERŐSÍTŐ ELMÉLETE*

NAGY ISTVÁN

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA
MTA AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ LABORATÓRIUM

I. Rész

Működési elv

A tanulmány első része az egyik leggyakrabban használt háromfázisú mágneses erősítő működésmódjának részletes vizsgálatával foglalkozik idealizált feltételek mellett. Egyszerű, jól áttekinthető képet nyújt az erősítő működési mechanizmusáról. Vizsgálja a kapcsolás feszültségeinek, a magfluxusoknak, valamint az áramoknak időbeli változását. Lehetőséget teremt a statikus jelleggörbe, a méretezési alapösszefüggések, a teljesítményerősítés, az időálló és a jósági szám megállapítására, valamint az egy- és háromfázisú öntelítő mágneses erősítők összehasonlítására. Ezek tárgyalására a cikk második részében kerül sor.

II. Rész

A kapcsolás jellemzői

A tanulmány második része az első rész eredményein alapul és a címben megjelölt kapcsolás jellemzőinek meghatározásával foglalkozik. Kimutatja, hogy a kapcsolás statikus jelleggörbéje matematikailag ugyanolyan alakú, mint a hasonló feltételek mellett kapott egyfázisú öntelítő mágneses erősítő jelleggörbéje. Méretezési alapösszefüggéseket közöl. Tárgyalja az erősítő teljesítmény-erősítését, időállóját és jósági számát.

* A dolgozat I. részének teljes szövegét lásd: *Elektrotechnika* 55 (1962) 27—38; a dolgozat II. részének teljes szövegét lásd: *Elektrotechnika* 55 (1962) 86—93.

FOLYAMATÁBRÁK AZ AUTOMATIKUS VEZÉRLÉSEK HIBAKERESÉSÉNEK MEGKÖNNYÍTÉSÉRE

RITTER ENDRE

ÁLTALÁNOS CÉPTERVEZŐ IRODA

A korszerű, automatikusan működő berendezések, pl. megmunkáló berendezések használhatóságának egyik legfontosabb tulajdonsága az üzembiztonság. Ennek oka egyrészt a javítási költségek magasságában rejlik, amely pl. elektronikus berendezéseknél a beruházási költség többszöröse is lehet a berendezés élettartama alatt [1], de főképpen a termelési idő kieséséből származó kár miatt.

A berendezés üzembiztonsága az előállítás szemszögéből nézve a szerkezeti kialakítástól és az elkészítés minőségétől függ. Az üzembiztonság számítására már kialakultak a megfelelő módszerek (lásd pl. [3], [4]).

Az üzemeltetés szempontjából a mégis szükségessé váló javítások gyors megvalósíthatósága az a tényező, mely az üzembiztonságot jelentősen befolyásolja.

E kétfajta üzembiztonság természetesen összefügg egymással. Pl. javítás céljából a rövidebb idő alatt kicserélhető dugaszolható elemek alkalmazása csökkenti az üzembiztonságot, szemben a forrasztott, de hosszabb csereidőt igénylő megoldással.

Jelen előadás a fentebb vázolt kérdések közül a hibakeresés idejének lerövidítésével, mint a javítási idők lerövidíthetőségének egyik legfontosabb tényezőjével foglalkozik.

Korszerű berendezéseknél (pl. másolómarógépnél) a hibakeresés az egész javítási idő 90—95%-át veheti igénybe. Még begyakorlás után is 80—85%-kal lehet számolni [1].

A hibakeresés megkönnyítésére és idejének rövidítésére sokféle módszer ismeretes. Alkalmaznak pl. megfelelő helyeken jelzőfényeket (pl. biztosítók vagy statikus kapcsolók állapotának jelzésére). Bonyolult berendezéseknél, mint amilyenek az elektronikus számológépek és hasonlók, automatikus programvezérelt hibakereső automatákat is használnak.

A gépgyártásban alkalmazott automatikus megmunkálógépek, különösen gépsorok hibahely felderítésére is kialakult többféle módszer. Ezeknek néhány fajtáját összefoglalóan ismerteti az ENIMSZ egyik kiadványa [5]. E berendezések általában azt jelzik, hogy a gép egyes szerkezeti elemei a működésnek

megfelelő, szükséges helyzetben vannak-e. Eltérés esetében a hibahellyel kapcsolatos vezérlésben (pl. villamos vagy hidraulikus kapcsolásban) a tényleges hiba a szokásos módszerekkel deríthető fel.

A hibahellyel kapcsolatos vezérlésben a hiba tényleges felderítésének megkönnyítésére a General Motors-nál kidolgoztak olyan vizuális blokk-séma rendszert [6], amely a vezérlésben az egyes elemek szükséges állapotát egymáshoz viszonyítva és helyes időbeni sorrendben egy rajzon összefoglalva ábrázolja. Ily módon az egyes automatika-elemek egymással való kapcsolatai áttekinthetők a műveletek egész lefolyásának időtartama alatt. Ez a blokk-séma-rendszer, melyet folyamatábrának nevezhetünk, olyan egyszerű szimbólumokat alkalmaz és olyan áttekinthető, hogy az üzemi villanyszerelő ugyanúgy elsajátíthatja az ezzel kapcsolatos ismereteket, mint pl. az áramutas villamos kapcsolási vázlatok olvasásához szükséges ismereteket.

Ennek az ábrázolási módnak az irodalomból ismeretes változata olyan gép működésével volt kapcsolatos, melynél a működés egyes fázisait egyértelműen egy — a vezérléshez tartozó — működtető elem indítja (pl. egy elektrohidraulikus szelep), egy másik elem egyértelműen befejezi és a következő működési fázist kapcsolja (pl. egy végálláskapcsoló). A rendszer egy szerelőautomatával kapcsolatos vezérlés áttekinthető ábrázolását eredményezte.

Bonyolultabb vezérlések esetében, amikor pl. a működés egyes fázisait több működtető elem egyidejűleg indítja, vagy ha az indítás és a befejezés választhatóan más-más elemektől függ, a fenti ábrázolási mód ezen dolgozat szerzője által alkalmazott kiegészítésre szorul. A kiegészítés további szimbólumok bevezetését és az ún. „statikus folyamatábra” alkalmazását jelenti. Alábbi példa ismertetése alkalmas a módszer előnyeinek ismertetésére.

A folyamatábrákon feldolgozott vezérlés esztergapad különféle automata ciklusban való működtetésére szolgál, amely különféle ciklusok a különféle módon kapcsolható vezérlő áramkör szerint különböző feladatok elvégzésére alkalmasak. A mechanikai mozgások vezérlése azok megfelelő sorrendű és ütemű be- vagy kikapcsolásából áll. A mechanikai kapcsolást vagy villamos motorok, vagy hidraulikus szerkezetek valósítják meg. A villamos vezérlés ezekhez vagy motorindító mágneskapcsolók, vagy mágnesek révén kapcsolódik. Ezen elemek a vezérlés működtető elemei. Ezen elemek, vagy több ilyen elem kombinációinak állapota (árammentes vagy áram alatti), egyértelműen meghatározza a hozzájuk tartozó mechanikai mozgás jellegét.

A működtető elemek állapota viszont a hozzájuk tartozó áramköri elemek (kézzel, mechanikusan vagy jeladóval működtetett záró vagy nyitó érintkezők) állapotától függ. A folyamatábra lényegében ezen áramköri hatásoknak a működtető elemekre ható, térben és időben helyes sorrendben összességének ábrázolása, melyekhez a gép egyes mozgásfázisainak időrendben helyes hozzárendelése járul.

Kapcsolási vázlat	A folyamatábrában alkalmazott szimbólum

1. ábra

A folyamatábra alapja a hatásvonalas ábrázolási mód. Ebben az alábbi fontosabb szimbólumokat alkalmazzuk.

A „hatás van” állapot a működtető elemeknél az áram alatti, kapcsolóknál a működtetett állapot. Az érintkezőknél a zárt (áramutat lehetővé tevő) állapot. A „hatás van” állapotot kihúzott vonal, a hatás irányát nyíl jelzi, a nyíl mellé írt szám a hatást létrehozó érintkező száma. A hatásvonal az őt okozó elem jeléből (pl. abból a jelfogóból, mely a számmal jelzett érintkezőt tartalmazza) indul ki és befut annak az elemnek a jelébe, amely a hatás következtében ható állapotba kerül. A hatások együtt az „és”, továbbá a „vagy” logikai kapcsolatban vannak, amit az egyesülő, illetve a „vagy”-ot szimbolizáló kis körbe torkolló hatásvonalak ábrázolnak. Ezt és néhány további szimbólumot az 1. ábra szemlélteti.

A „hatás nincs” állapot ellenkezője „a hatás van” állapot, szaggatott vonallal van ábrázolva.

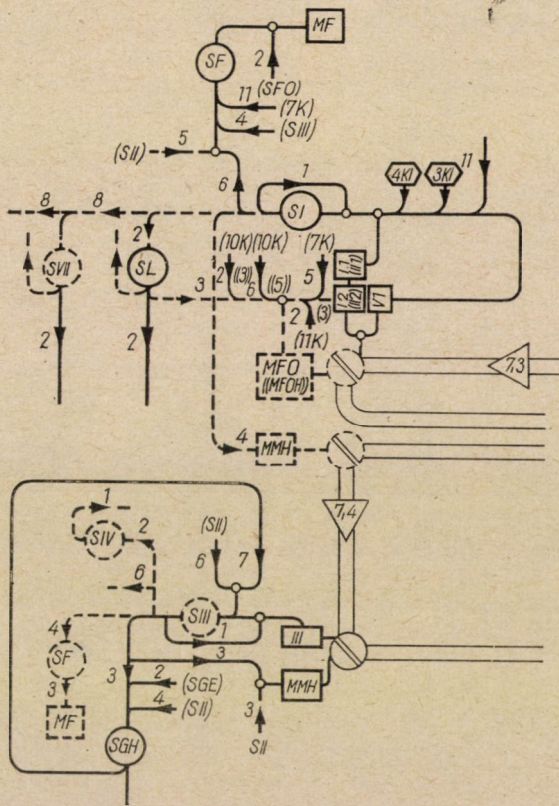
Az egyes vezérlőelemek (jelfogók, kapcsolók) kibocsátanak „virtuális” hatásokat is. Ezekben a munkafázis adott szakaszában nem ható hatások értendők, akár pl. egy jelfogó olyan érintkező állásának megváltozása, amely csak egy távolabbi műveletfázisnál fejt ki hatását; akár pl. a műveletelemet megelőzően is fennállott meghatározott állapotú érintkező állás, amely szükséges a működtetőelem vagy jelfogó kívánt állapotának megvalósításához.

Magának a géprész mozgásának időbeli lefolyását a folyamatábrán vastag (dupla vonallal rajzolt) vonal jelzi, elején és végén azoknak a működtető elemeknek a szimbólumaival, amelyek megindulását, illetőleg megállását okozzák. A működtető elemek szimbóluma helyett kör alakú jel van a vonalak végén akkor, ha több működtető elem közös hatása eredményezi a működést vagy annak megszűnését. A körbe a vonatkozó működtető elemek szimbólumaiból kiinduló eredő hatásvonal nyúlik. A két szimbólum közötti szakaszon nyíl jelzi a mozgás időbeli lefolyásának irányát. A nyílba írt szám a vonatkozó mozgás-műveletelemnek a programban megállapított száma. A gép egy másik része ezalatt nyugalomban van, és ezért ez utóbbi géprészek ezen idő lefolyása alatti állapotát jelző vonalba pajzsszerű mezőbe írva azok a számok találhatóak, amelyek a programnak azokat a műveletelem részeit jelentik, amelyek alatt a dupla vonallal jelzett géprész nyugalomban van.

A géprész mozgásának időbeli lefolyását ábrázoló vonalból, annak az időpontnak megfelelő helyen, ahol a gép mozgása működteti, kiindul az a hatásvonal, amely a kapcsoló (általában végálláskapcsoló) működtetésének okát jelzi.

Ezen szabályok ismeretében olvasható a 2. ábra szerinti folyamatábra, mely az egyik választható automata ciklust: a menetvágó ciklust ábrázolja. A folyamatábra olvasásának megértéséhez elegendő ennek egy részletét végigkísérni, pl. azt, amely a 3. ábrában kinagyítva látható és amely az ábra „A”-val jelzett része. A 7.3 műveletrész a főorsó előreforgását és a vezérsó forgása következtében a csavarment emelkedésének megfelelő előtolással haladó szánt jelzi. Ez a műveletrész addig tart, amíg az I—1 és I—2 vagy az V—1 kapcsoló nem zárnak, amit az előbbi esetben a beállított végálláskapcsoló, utóbbi esetben a késkiemelést vezérlő másoló pálya okoz. Az I. és az V. kapcsolók közül az I. kapcsoló hamarabb, amelyet a szán mozgása folyamán előbb működtet. Ez a gép beállításától függ. E kapcsolók zárása az SI jelfogó működését eredményezik; az a maga részéről az SF-et kapcsolja (amely az MF orsóféket működteti), továbbá hatástalanítja az SL-et, amely az MFO működtető elem révén a főorsó bekapcsolását hatástalanítja. (Ez utóbbi művelet ezzel párhuzamosan közvetlenül is megvalósul az I—2 kapcsoló működése következtében, amely az MFO áramát közvetlenül is megszakította.) Ugyanakkor az SI jelfogó 4 érintkezője hatástalanítja az MMH működtető elemet, ami

a kés visszaindulását eredményezi. Ezen működtetésrészlet ismertetése alapján a folyamatábra többi része is nyomon követhető, és a folyamatábra használati módja és előnye nyilvánvalóvá válnak. (A működtető elemek és a gép működésének kapcsolatát ismertnek kell feltételezni, de ez a folyamatábrák lényegének megértéséhez nem szükséges.)



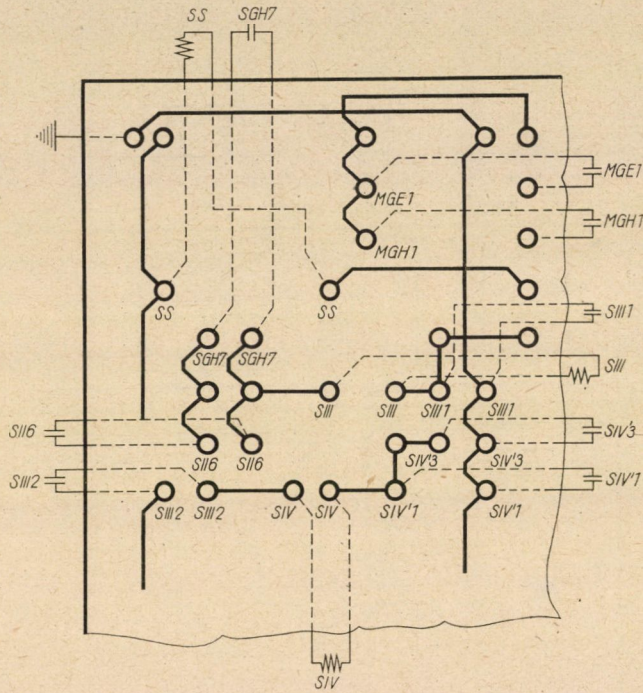
3. ábra

A folyamatábrán előforduló elemeknek még más, a folyamatábrán fel nem tüntetett érintkezői is vannak, amelyek, mivel a folyamatábrán ábrázolt működés folyamán (jelenleg: menetvágás) feladatuk nincs, azokat a jobb áttekinthetőség végett a folyamatábrán nem tüntettük fel. Ha a hibakeresés folyamán, amikor a folyamatábrán meghatározott elemeket ellenőrzi, a hiba nem derül ki, szükséges ezen nem ábrázolt érintkezők (és kötéseik) végigvizsgálása is. Ennek megkönnyítését szolgálja a „statikus folyamatábra” (4. ábra), amely az egyes áramkörben foglalt elemeket azok teljességében ábrázolja.

A jelfogók érintkezőinek és áramköri elhelyezésének felsorolása a jelfogók jele alatt található. (Az ábrán e felsorolás nem látható.) Statikusnak ezen ábrát azért nevezzük, mert ez azt mutatja, hogy az illető elem működésé-

nek milyen hatások az előfeltételei. Ezen ábrázolási módnak különösen akkor van jelentősége, ha az elem különböző célú feladatok végzésére különböző más és más érintkezők hatása alá kerül.

Pl. a 4. ábrán ismertetett statikus folyamatábra részletből nyomon követhető, hogy a benne előforduló elemek (jelfogók, működtető elemek, kapcsolók, érintkezők) a 7K, 8K, 10K és 11K kapcsolók állásától függően egymással más és más kapcsolatba kerülhetnek.



5. ábra

Ez az ábrázolási módszer tovább fejleszthető úgy, hogy a vezérlés nem villamos részei is előforduljanak. Erre akkor van szükség, ha a villamos működtető elem állapota még nem határozza meg egyértelműen a géprész mozgását, hanem ez utóbbit más (hidraulikus, mechanikus stb.) vezérlés is befolyásolja.

A vezérlőberendezés kivitelében is kívánatos a hibakeresést megkönnyítő szerkesztési elvek kialakítása. Néhány ilyen elv a következő:

1. Könnyű hozzáférhetőség a vezérlőelemekhez, pl. kiemelhető vagy kifordítható szerkezeti egységek alkalmazásával.
2. Jelzőlámpák alkalmazása a működtető elemekkel párhuzamosan. Ezeknek a jelzései a programmal összehasonlíthatók, és így a hibahely lokalizálása külön vizsgálat nélkül megtörténhet. (Némelykor célszerű lehet a jelfogók állapotát is jelezni, ami a folyamatábra szerinti állapottal összehasonlítva, a hibahely lokalizálás további finomítását eredményezi.)

3. Kapcsolótábla a villamos vezérlő elemek összekötésének megvalósítására. Minden érintkező csatlakozó a kapcsolótáblán megtalálható. Ily módon összeköttetésük a kapcsolótáblán áttekinthető (5. ábra).

4. A vezetékvégződés megfelelő jelzése. Célszerű az érintkező számát és a kötési csomópont számát egyaránt feltüntetni.

Ezen módszer szerint a hibakeresés az 1. táblázaton feltüntetett sorrendben, nagyon rövid időn belül megvalósítható anélkül, hogy erre a célra bármilyen különleges eszközt igénybe kellene venni.

A tapasztalat azt mutatja, hogy a folyamatábrák alkalmazása megkönnyíti a vezérlés megtervezését is, mert a tervezésnél elkövetett hibák a folyamatábrák egyidejű elkészítésekor azonnal felismerhetők.

1. táblázat

Szám	Művelet	Megvalósítás
1.	A működtető elemek áramellátásának vizsgálata	A programban lefektetett állapot összehasonlítása a fényjelzés szerintiekkel
1.1	Abban az esetben, ha nem található hiba az áramellátásban	
1.1.1	a működtető elemek vizsgálata	Egyenként, egymásután bekapcsolva: a működés vizsgálata. Ha szükséges: a működési paraméterek további vizsgálata (melegedés, áramfelvétel, kifejtett erő, vagy nyomaték stb.)
1.1.2	a működtető elemekkel kapcsolatos mechanikus szervek vizsgálata (hidraulikus, pneumatikus, mechanikus)	A szokásos módon
1.2	Ha a hiba az áramellátásban van:	
1.2.1	a működésben résztvevő, a meghibásodott áramkörhöz tartozó elemek vizsgálata a folyamatábrák segítségével	Valamennyi, a működésben résztvevő elem, beleértve az összekötő vezetékeket, egyenkénti egymásutáni vizsgálata a folyamatábrában meghatározott állapottal történő összehasonlítás révén
1.2.2	az 1.2.1 pontban felsorolt elemekhez tartozó, de a működésben részt nem vevő elemek vizsgálata a statikus folyamatábra segítségével	Valamennyi, a statikus folyamatábrában jelzett elem, beleértve az összekötő vezetékeket, vizsgálata aszerint, hogy megfelelnek-e a szükséges hatást előidéző állapotnak
2.	A hiba kiküszöbölése	A szokásos módszerekkel: a hibás elemek kicserélésével, vagy helyszínen történő javítással

IRODALOM

1. LEDGERWOOD: Hogyan egyszerűsíti a hibakeresést és a javítást a szerkezet kialakítása. (How design simplifies trouble shooting and repairs.) *Control Engineering*, 1959., p. 73.
2. LEDGERWOOD: Öt eset tanulmányozása mutatja a karbantartás egyszerűsítése érdekében kifejtett erőfeszítéseket. (Five case studies show efforts to simplify maintenance.) *Control Engineering*, 1960., p. 126.
3. KURDJUKOV: Reléérintkezős készülékek megbízhatóságának kérdései. (K vaproszu nadezsnoszti reljnkontaktnih usztroisztv.) *Automatika i Telemekhanika*, 1960., p. 533.

4. SZOTSKOV: A megbízhatóság kérdései relés készülékek üzemében. (Vaproszi nadezsnosztii raboti relejni apparaturi.) GYIKUSIN akadémikus szerkesztette: „A gépgyártás automatizálásának kérdései” c. könyv II. kötetében. A SZSZSZR Tudományos Akadémiájának kiadása, 1959., p. 107.
5. GOZCYEV—GYJACZKOV: Automata gépsorokhoz való villamos vezérlések kapcsolási vázlatainak analízálása. (Analiz szkhem elektricseszkoivo upravlenija dejsztvu juscsih avtomaticheszkih linij.) Az ENIMSZ központi technikai információs irodájának kiadványa, 1958.
6. CRAIG: A hibakeresés egyszerűsödött. (Trouble shooting simplified.) *Metalworking Production*, 1959., p. 1744.

ÖSSZEFOGLALÁS

A folyamatábrák a vezérlésben résztvevő valamennyi elem működését és működési sorrendjét ábrázolják, amely ábrázolást a szerző tovább fejlesztette.

A folyamatábrákon a vezérlés egymás után vagy egyszerre történő folyamatai szimbólumok által ábrázolva, legkisebb részleteiben is világosan áttekinthetőek. Ez teszi lehetővé, hogy hiba esetén a rendellenesség lehetséges okozói a folyamatábrák segítségével szinte azonnal meghatározhatók és így a hibakeresés a néhány valóban gyanús részre korlátozódhat. A vezérlőberendezés kivételében megvalósított néhány szerkesztési elv a hibakeresést még jobban egyszerűsíti.

A tapasztalat azt mutatja, hogy a vezérlés megtervezését is megkönnyíti az egyidejűleg készülő folyamatábra, mert azonnal kimutatkoznak a kapcsolás tervezésekor esetleg elkövetett hibák.

MEGJEGYZÉSEK A BIOLÓGIAI INFORMÁCIÓ KÉRDÉSÉHEZ

TARJÁN REZSÓ

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM VEZETÉKES HÍRADÁSTECHNIKAI TANSZÉK

1. Bevezetés

A véges, diszkrét automaták analógiájára egy hálózatot akkor nevezünk *neuronális automatának*, ha véges számú, neuronnak nevezett elemi kapcsoló egység alkotja, amelynek tulajdonságait úgy választjuk, hogy lehetőleg jól megközelítsék a valódi neuronok tulajdonságait. A továbbiak szempontjából a legfontosabb tulajdonság a küszöbérték, aminek következtében a neuron a kimenő vezetéken akkor és csak akkor ad le impulzust, ha a bemenő oldalról érkező inger meghaladja a küszöbértéket. A neuronok három fő típushoz tartoznak: a *belső* neuront az jellemzi, hogy mind a bemenő, mind pedig a kimenő oldalon más neuronokhoz kapcsolódik. A *kimenő* (végrehajtó) neuronok a többi neuronokkal csak a bemenő oldalon vannak összekötve: a neuron kimenete a tulajdonképpeni végrehajtszervet (például egy izmot) közvetlenül ingerli. Ezzel szemben a *bemenő* neuronok (mikroreceptorok) a többi neuronokkal csak a kimenő oldalon vannak összekötve, míg a bemenetre jelzések közvetlenül az automata környezetében történő események.

Az ilyen automaták rendszeres elmélete nyilvánvalóan párhuzamos a diszkrét működésű, véges automaták elméletével. Két alapvető követelményt kell kielégítenie: először is konzisztens, deduktív elméletnek kell lennie; ez azt jelenti, hogy néhány jól definiált, alapvető feltevésből kell kiindulni és az automata viselkedésére tisztán deduktív úton kell következtetni. Ehhez viszont arra van szükség, hogy a külvilágból érkező ingereket ugyancsak egyértelműen definiáljuk. Másodszor: az elméletből levont következtetéseknek, amennyire a feltevések során eszközölt egyszerűsítések egyáltalán megengedek, összhangban kell lenniük a kísérleti tényekkel.

Az első ilyen irányú kísérlet MAC-CULLOH és PITTS [1] ma már klasszikusnak számító munkája volt, amely azonban, minthogy az agyvelőt mint Turing-gépet kezelték, a diszkrét működésű, véges automaták irányába fordult. A legutóbbi időben azonban több dolgozat [2—10] foglalkozik a tulajdonképpeni neuronális automaták tulajdonságaival is.

A diszkrét működésű véges automata és a neuronális automata közötti különbség nagyjában megfelel a digitális számológép és az agyvelő közötti különbségnek. A digitális számológép, mint bármely diszkrét működésű véges

automata, előre meghatározott, szigorúan logikai organizációval rendelkezik, amelynek következtében a viselkedését — legalábbis elvben — a bemenő jelzések és az automata belső állapota teljesen meghatározzák. Másként kifejezve: a digitális számológép *deduktív* logikai gép. Az agyvelő organizációja ezzel szemben csak *nagyban* van előre meghatározva; mikroszkópikus szinten az organizáció kezdetben világosan látható módon *véletlenszerű, sztochasztikus és a részletek a tanulási folyamat során* a környezettel állandó kölcsönhatásban önorganizáló módon fejlődnek ki. Ez a körülmény rendkívül fontos; ebből az következik ugyanis, hogy neuronális automatát csak a *környezetével együtt, illetve a környezethez viszonyítva* lehet definiálni. Ennek megfelelően, a neuronális automata viselkedését a bemenő jelzések és a jelen állapot önmagukban még nem határozzák meg egyértelműen: figyelembe kell venni az állandóan változó külső környezetet is. Ez azonban azt jelenti, hogy a neuronális automata viselkedését lényegében véve csak probabilisztikus módon lehet előre megmondani. Más szavakkal kifejezve: a neuronális automata lényegében véve olyan logikai gép, amelynél a viselkedést a bemenő jelzések nem *egyértelműen (kauzálisan), hanem valószínűségi értelemben* határozzák meg. Végredményben tehát induktív-logikai, vagyis plauzibilis okoskodásra alkalmas gépről van szó.

Mint a rendes automata vagy az élő szervezet esetében, a neuronális automata helyes viselkedése is a környezetből, mint információforrásból származó információ mennyiségétől függ. Többé-kevésbé kvalitatív módon sok szócsett már az információátvitelnek és feldolgozásnak az élő szervezetben betöltött jelentőségéről; az alapvető gondolatoknak a szigorú megfogalmazása, amint ez az információelméletben HINC SIN és FEINSTEIN műveiben megtörtént, egyelőre még hiányzik.

Jelen dolgozatban azoknak az eseményeknek a fogalmával, illetve az ábrázolásával fogunk foglalkozni, amelyekre a bemenő neuronoknak reagálniuk kell, és kísérletet teszünk arra, hogy az esemény fogalmát szigorúan meghatározzuk. A javasolt általánosítás, mint ahogy azt NEUMANN János [11] megjósolta, az információfogalom bizonyos általánosításához vezet.

2. Az esemény fogalma

A diszkrét működésű véges automata részére az esemény egyszerűen az automata környezetében bekövetkező olyan hirtelen változás, amelyre az automata reagál. Példa: egy jelfogó tekercsében az áramnak a bekapcsolása. Ilyen eseményt (lásd KLEENE [12]) *definiálnak* nevezünk, és egyetlen lényeges tulajdonsággal bír: vagy bekövetkezik vagy nem. Ennek megfelelően definit eseményeket egyszerű kijelentésekkel reprezentálhatunk, amelyek vagy igazak, vagy hamisak, logikai értékük tehát vagy 1, vagy zérus.

Reguláris események a definit események olyan véges nagyságú komplexusa, amelyeket elemi logikai konnektívumok (kötőszók) kapcsolnak össze.

Ez a fogalom nyilvánvalóan úgy készült, hogy a kétértékű logika követelményeinek feleljen meg. A neuronális automaták elméletében, amely legalábbis bizonyos mértékig számot kell tudjon adni a valóságos idegrendszer plaszticitásáról is, ez a fogalom nyilvánvalóan általánosításra szorul.

Egy reális idegrendszer először is különböző természetű fizikai ingerekre kell hogy reagáljon, amelyeket különböző érzékszervek (makroreceptorok) érzékelnek. Egyetlen makroreceptor azonban rendkívül nagyszámú, *receptív mezőkbe* szervezett, individuális neuronból (mikroreceptorból) áll, amelyek mindegyike *ugyanolyan természetű* fizikai ingerre (pl. csak fényre vagy csak hangra) reagál. Az egyes mikroreceptorok jelzéseit egy-egy idegrost közvetíti; ezek egy idegkötegben egyesülnek, amelynek tevékenysége az egész receptív mező tevékenységét reprezentálja. Végül, az egyes idegkötegek, amelyek különböző érzékszerveket reprezentálnak, az agyvelőnek általában különböző területein végződnek, ahol az információ feldolgozásának legnagyobb része megtörténik.

Azok a jelzések, amelyek az egyes idegrostok, illetve kötegek mentén végighaladnak, fizikailag egyforma természetűek (tudniillik elektromos impulzusok), tekintet nélkül arra, hogy melyik makroreceptorból származnak. Ennek következtében a szervezetnek valamilyen módon különbséget kell tudni tenni közöttük. A részleteket, hogy ez hogyan történik, továbbá, hogy a komplex jelzéseket az idegrendszer hogyan dolgozza föl, eddig még alig értjük. Nagyon valószínűen vegyes típusú feldolgozásról van szó: az individuális idegsejtek kimenetei *fiziológiai módon összekapcsolódnak*. Ez nyilvánvalóan ekvivalens a receptív mezők által szolgáltatott információk kompressziójával, ami (legalábbis részben) valószínűleg már az idegkötegen belül megtörténik, és biztosan megtörténik az agyvelőben. Másrészt azonban az agyvelő retikuláris szerkezete, továbbá az a tény, hogy az agykéregben és a kisagyban is specifikus területek léteznek, nagyon valószínűvé teszi, hogy az idegköteg keresztmetszetén jelentkező térbeli elrendezéseknek (pattern) ugyancsak fontos szerepük van. Az is valószínű, hogy különböző receptív mezők felől érkező jelzések diszkriminációja túlnyomórésztben (ha nem is kizárólag) *topológiai organizáció* útján történik. A fentiek alapján tehát három különböző szintről van szó: ennek megfelelően a továbbiakban elemi (vagy mikroszkópi), makroszkópi és koordinált eseményekről fogunk beszélni.

3. Mikroszkópikus és makroszkópikus események

Intuitíve az esemény egy neuronális automatára vonatkoztatva lehet bármely reális fizikai folyamat, amely az automata környezetében történik és arra hat. Hogy ezt az intuitív fogalmat pontosabbá tegyük, meg kell

határozni az esemény tulajdonságait. Mikroszkópi szinten a percepcióhoz szükséges legfontosabb elemi tulajdonságok nyilvánvalóan az inger tartama és intenzitása. A helyzetet absztrakt módon a következőképpen lehet összefoglalni:

I. definíció: legyen e_i egy E végtelen halmaz egy eleme. Az e_i elemet akkor és csak akkor nevezzük a neuronális automatával kapcsolatban *elemi eseménynek*, ha

- a) egyetlen mikroreceptorra hat;
- b) véges $T = t_1 - t_2$ tartama van (azaz $t = t_1$ időpontban bekövetkezik és $t = t_2$ időpontban ér véget); végül
- c) véges s intenzitása van.

Egy vagy több elemi eseményt akkor nevezzük szupraliminális ingernek, ha az s_i intenzitások összege a fix s_0 számot (az illető mikroreceptor küszöbértékét) meghaladja. Figyeljük meg, hogy a definíció nem zárja ki azt, hogy egyetlen mikroreceptorra egyidejűleg több elemi esemény is hasson.

A fenti definícióban a *c* tulajdonság jelenti a véges diszkrét működésű automaták elméletétől való legnagyobb eltérést. Logikai szempontból ugyanis a definit események egyszerű kijelentések, amelyeket elemi logikai műveletekkel össze lehet kapcsolni. Ebből az következik, hogy logikai konjunkció esetében az események egyszerűen koincidálnak. A neuronális automata esetében azonban figyelembe kell vennünk a szummáció effektusát, mégpedig mind a spatiális, tehát térbeli, mind pedig az időbeli értelemben, amelynek következtében két e_i és e_j elemi esemény, amelyek egy meghatározott és az illető mikroreceptorra jellegzetes időintervallumon belül következnek be, nem egyszerűen az ítéletalkulus értelmében képeznek konjunkciót, hanem *algebrailag összegeződnek*. Így az egyidejűségnek a fogalma, amint ez az I. definícióban implicite szerepel, nem felel meg a tisztán műszaki, illetve logikai értelemben vett koincidencia fogalmának. Hogy későbbi logikai nehézségeket elkerüljünk, leghelyesebb, ha az I. definíciót kiegészítjük a következővel:

II. definíció. Az e_i és e_j elemi események ($i \neq j$) egy mikroreceptorra vonatkoztatva akkor egyidejűek, ha a kezdeti időpontjaik távolsága nem haladja meg a mikroreceptor temporális szummációjának a tartamát. Az általánosság megszorítása nélkül feltételezhetjük, hogy a temporális szummáció periódusa egyenlő a szinaptikus késleltetéssel. (Lásd a későbbieket.)

Végül szükség van a makroszkópi (a diszkrét működésű véges automaták esetében regulárisnak nevezett) esemény definíciójára. Ez a következő:

III. definíció: Legyen F egy receptív mező, amely véges számú mikroreceptorból áll. A neuronális automatára vonatkoztatva makroszkópi (reguláris) eseménynek az E halmaz olyan véges $S \subset E$ részhalmazát nevezzük, amelynél

- a) az S részhalmaz valamennyi eleme szupraliminális inger, vagyis $s_i > s_0$;

b) az S részhalmaz valamennyi eleme egyidejűleg következik be (a II. definíció értelmében); végül

c) az S részhalmaz valamennyi eleme ugyanannak az F receptív mezőnek az egyes mikroreceptoraira hat.

A kényelmesség okáért a szupraliminális ingerekről egyszerűen mint az S részhalmaz elemeiről fogunk beszélni, és hallgatólagosan feltételezzük, hogy az egyes s_i elemek az s_0 értéktől kezdve fölfelé egy meghatározott \bar{s} határig, amelyet a fiziológiai tényezők határoznak meg, különböző intenzitásúak lehetnek.

Figyeljük meg, hogy a fenti definíciókból még nem következik, hogy az S halmaz s_i elemei valamennyien ugyanolyan intenzitásúak. Általánosságban éppen ellenkezőleg van: a különböző individuális mikroreceptorokat érő egyidejű ingerek intenzitása általában különböző és az F receptív mező mentén térbeli elrendezést (konfigurációt) mutat, amely természetesen az időben változhat.

4. Az ingerek reprezentálása

Ahogy a diszkrét véges automaták esetében a definit eseményt (vagyis: egy ítéletet) az elemi kapcsolószerv működése reprezentálja, a fentiekben definiált eseményeket a neuronok működésének kell ábrázolni. A helyzet azonban most bonyolultabb, mert az események nem egyszerűen csak megtörténnek vagy nem történnek meg, hanem két kvalitással is rendelkeznek. Ennek következtében az elemi eseményt csak akkor lehet a neuron működésével ábrázolni, ha az elemi esemény tulajdonságai és a neuron válaszána a tulajdonságai között alkalmas összefüggések állnak fenn.

Ez a körülmény szükségessé teszi, hogy az elemi kapcsolószervek, illetve mikroreceptorok tulajdonságait újra definiáljuk. Nyilvánvaló, hogy az olyan, lényegében véve jelfogó típusú elemi kapcsolószervek, mint amelyeket a véges diszkrét automaták elméletében alkalmaznak, a neuronális automata esetében nem kielégítőek; olyan elemi kapcsolóeszközöket kell definiálni, amelyek jobban megközelítik a valóságos neuronok tulajdonságait, noha természetesen lehetetlen, hogy valamennyi finom részletet figyelembe vegyünk. A valóságos neuronoknál a biológiailag rendkívül fontos szummációs effektuson és az s_0 küszöbértéken kívül, amelyeknek a szükségessége már az I. definícióból következik, a legjellegzetesebb az a tulajdonság, hogy olyan egy (és *nem* két) *stabilis állapotú eszközök*, amelyeknek refrakter periódusa van, és a kapott impulzust meghatározott késéssel (szinaptikus késés) ismétlik. Ezen azt kell érteni, hogy a bemenő ingert a kisülés meghatározott idővel később követi, majd utána a neuron spontán visszatér a nyugalmi helyzetbe. A legfontosabb szükséges tulajdonságokat a következő IV. definícióban lehet összefoglalni:

IV. definíció. A mikroreceptor olyan fizikai eszköz, amely az elemi eseményekre reagál. Funkciója az úgynevezett *kisülés*, amely abban áll, hogy az elemi eseményekre adott válaszként a kimenetén egy vagy több impulzust gerjeszt. A mikroreceptor tulajdonságai a következők:

a) egy és csakis egy stabilis állapota van (a nyugalmi helyzet), amelybe minden kisülés után spontán visszatér;

b) van olyan s_0 szám (a küszöbérték), amelynek az a tulajdonsága, hogy a mikroreceptor δ késleltetéssel akkor és csak akkor sül ki, ha az elemi események s_i intenzitásainak az algebrai összege, amelyek egyidejűleg hatnak, legalábbis egyenlő az s_0 küszöbértékkel, azaz ha

$$\sum_i s_i \geq s_0 ; \quad (1)$$

c) létezik olyan véges τ időintervallum (az abszolút refrakter periódus), amely a kisülés kezdetével kezdődik és amely alatt az s_0 küszöbérték gyakorlatilag végtelen nagy; ezután, vagyis a $(\delta + \tau)$ időtartam után egy σ időállandóval csökken mindaddig, míg s_0 nyugalmi értéket el nem éri;

d) a kimenő impulzus amplitudója a beérkező impulzusok amplitudójától független állandó.

A továbbiakban megmutatjuk, hogy a fentiekben definiált elemi eseményt a most definiált neuron kisülése valóban reprezentálja.

Ami az egzisztenciát illeti, a reprezentáció nyilvánvaló feltétele az, hogy az elemi események s intenzitása legalább egyenlő legyen az s_0 küszöbértékkel. Ha ez fennáll, akkor a neuron kisülése és az elemi esemény bekövetkezése között kölcsönösen egyértelmű összefüggés van. Szubliminális elemi események esetén még mindig mondhatjuk, hogy a neuron kisülése reprezentálja őket, feltéve, hogy egyidejűleg több elemi esemény történik és összegük legalábbis egyenlő a küszöbértékkel. Ekkor a neuron kisülése nem egyetlen elemi eseményt, hanem egy csoportot (mikroszkópi inger) reprezentál.

Ami az intenzitást és a tartamot illeti, a következő a helyzet: legyen e_i egy $T > (\delta + \tau)$ időtartamú, $s > s_0$ intenzitású elemi esemény. Az inger alkalmazása után a receptor δ késéssel reagál, amely után a küszöbérték egy további időtartamon keresztül igen nagy. A $(\delta + \tau)$ időtartam végén a küszöbérték csökkenni kezd; amint a közben állandóan ható inger alá csökken, a mikroreceptor újra kisül. Ez a ciklus mindaddig ismétlődik, ameddig az inger tart. A kisülések száma nyilvánvalóan annál nagyobb, minél nagyobb az intenzitás. Minthogy a kisülések amplitudója definíció szerint állandó, következik, hogy az intenzitás mértéke a másodpercenkénti kisülések száma, vagyis a kisülések frekvenciája; a kisülések tartama nyilvánvalóan egyenlő az inger tartamával.

Gyakorlatilag nemcsak egy alsó határ (ti. a küszöbérték) létezik, hanem annak a ténynek a következtében, hogy az intenzitást a kisülési frekvencia

reprezentálja, van egy felső határ is. Ezt a felső határt a δ szinaptikus késés és a τ abszolút refraktor periódusnak a hossza szabja meg, amelyen belül a mikroreceptort normális körülmények között nem lehet ingerelni. Ennek a két periódusnak az összege egy felső határfrekvenciát definiál:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{(\delta + \tau)}. \quad (2)$$

Meg kell jegyezni, hogy a fenti definíció a kisülés mechanizmusáról fiziko-kémiai értelemben nem mond semmit (minthogy a visszatérés mechanizmusa továbbiak szempontjából érdektelen), hanem *posztulálja*, hogy a küszöbérték a nyugalmi értékre visszatér. H. D. LANDAHL legújabbban olyan modellt adott, amely a biológiai mechanizmust is helyesen tükrözi vissza.

A továbbiakban a kényelem kedvéért az s_0 küszöbértéket, illetve a neuron levágási határfrekvenciáját a mikroreceptorfiziológiai határainak fogjuk nevezni, minthogy értéküket fiziológiai feltételek szabják meg. Az előző diszkusszió alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy az elemi eseményeket a mikroreceptor akkor és csak akkor reprezentálja egyértelműen, ha az intenzitásuk a fiziológiai határok közé esik. Ez fiziológiai szempontból természetesen triviális, logikailag azonban meg kellett mutatni, hogy a reprezentálás a definícióból tényleg következik.

5. Szummációs effektus

A mikroreceptornak fenti definíciója a szummációs effektust általánosságban posztulálja; hogy konkrétbb eredményeket kapjunk, részleteiben is meg kell adnunk, hogyan történik a szummáció. Ez többféle módon is lehetséges; hogy valamennyire a fiziológiai tényekkel is összhangban legyünk, a következő követelmények látszanak természetesnek:

a) a neuron reakciója szubliminális ingerek esetére legyen zérus, vagyis

$$r = 0, \text{ ha } s < s_0; \quad (3)$$

b) a neuron reakciója legyen az inger s intenzitásának monoton függvénye, vagyis

$$(s_1 > s_2) \Rightarrow r(s_1) \geq r(s_2); \quad (4)$$

c) végül természetesnek látszik megkövetelni azt, hogy az ingerekre adott reakciók *additívek* legyenek, máskülönben az intenzitásnak mint az elemi esemény egy tulajdonságának a posztulálása értelmetlen lenne. Másként kifejezve azt kell megkövetelnünk, hogy ha az e_1 és e_2 elemi események egyidejűleg következnek be, a neuron reakciója az egyes elemi eseményekre adott reakciók összegével legyen egyenlő:

$$r(s_1 \cdot s_2) = r(s_1 + s_2), \quad (5)$$

ahol a bal oldalon a zárjelben előforduló pont *nem az algebrai, hanem a logikai értelemben vett szorzást*, tehát az ingereknek a II. definíció értelmében vett egyidejűségét jelzi.

Fontos megjegyezni, hogy a fenti követelmények a neuronra és *nem* az elemi eseményekre vonatkoznak. A véges diszkrét automaták esetében a kapcsolóelemek tulajdonságai voltak eleve adva és a szükséges követelményeket impliciten az eseményekkel szemben állították fel. Ennek következtében a véges diszkrét automaták elméletének a fő eredménye olyan állítás, amely azt mondja, hogy milyen eseményeket lehet az ott alkalmazott kapcsolószervekkel egyáltalán reprezentálni. A fiziológiai tényeknek megfelelően most a másik utat kell választani és *előbb* az esemény fogalmát kell definiálni, és a követelményeket a neuronnal szemben kell támasztani.

A fenti követelményeket különböző összefüggések útján lehet kielégíteni; a biológiai viszonyokkal akkor leszünk legjobban összhangban, ha a neuron reakciójára a következő összefüggést tételezzük fel:

$$r(s) = R \ln s/s_0, \quad (6)$$

ami a jól ismert Weber—Fechner-féle törvény integrált alakja. Valóban, ha a (6) kifejezést differenciáljuk és a differenciálok helyett véges differenciákat írunk, a mikroreceptor érzékenységére a

$$\Delta r = \frac{\Delta s}{s} \quad (7)$$

kifejezést kapjuk, ami a tulajdonképpeni Weber—Fechner-féle empirikus törvény.

A fenti eredményeket a következőképpen általánosíthatjuk: tekintsünk egy F receptív mezőt, amely igen nagyszámú μ_i mikroreceptorból áll. Az egyes mikroreceptorok kimenő vezetékai, amelyeken a receptorokból kimenő jelzések futnak, egy idegkötegben egyesülnek, amely az egyes mikroreceptorok reakcióit feldolgozás végett az agyvelőre továbbítja. Amint V. BRAITENBERG [13] kimutatja, az egyes neuronok ingerlése nemcsak a szinapszisokon, hanem akkor is lehetséges, ha két idegrost (dendritek) elég közel kerül egymáshoz. Ekkor ugyanis az ingereket az idegsejtek közötti fiziológiás nedvek elektrolitikus vezetés formájában közvetítik. Ebből következik, hogy az egyes idegrostokon futó jelzéseknek az *idegköteg keresztmetszetében is összegeződnie kell*. Mármost plauzibilis feltételezni, hogy ez az összegezés ugyanolyan típusú, mint az egyes mikroreceptor esetében mutatkozó szummációs effektus. Más szavakkal kifejezve célszerűnek látszik az egyes idegrostok kölcsönhatásával szemben a kötegen belül ugyanazokat a követelményeket támasztani, mint az egyes mikroreceptorok esetében tettük. Ha r_i -vel jelöljük az i -dik mikroreceptorból ki-

induló idegroston végigfutó reakciót, a teljes (spatiális) reakcióra hasonló érveléssel, mint az egyéni mikroreceptor esetében, a következőt kapjuk:

$$R = \sum_i i \log r_i. \quad (8)$$

A (6) összefüggést behelyettesítjük az r_i reakcióba, végül is a következő kifejezést kapjuk:

$$R = \sum_i i \log \log s_i/s_0. \quad (9)$$

Az iterált logaritmus megjelenése legalábbis kvalitatív módon megmagyarázza az információnak azt a kompresszióját, amely például a retinában jelenlevő individuális fotoreceptorok és a nervus opticus között megtörténik, amelyet alig lehet másként megérteni.

Ha a (9) összefüggést differenciáljuk és a differenciálok helyett ismét véges differenciákat veszünk, a Weber—Fechner-féle törvény általánosítását kapjuk a spatiális esetre:

$$R = \sum_i i \frac{\Delta s_i}{s_i \log s_i/s_0}. \quad (10)$$

6. Biológiai információ

A (6) kifejezés logaritmikus alakja kézenfekvővé teszi azt a kérdést, hogy nincs-e valami kapcsolat a biológiai reakció és az információmennyiség azon formája között, ahogy azt a kifejezést az információelméletben általában értelmezik. Legalábbis egy formális analógiát a következő módon lehet felállítani:

Tételezzük fel, hogy az elemi események s intenzitását az s_0 küszöbérték egységeiben kvantáljuk. Ennek alapján egy tetszőleges intenzitású elemi esemény n , egyenként egységnyi intenzitású elemi eseménnyé oldódik fel, amelyek egyidejűleg következnek be, vagyis $s_i = n_i s_0$, ahol $n < N$ természetes egész szám és N valamiféle véges felső határ, amelyet a fiziológiai feltételek szabnak meg. Egyetlen mikroreceptorra vonatkozólag tehát n megfelel az információelméleti értelemben vett ABC egy „betűjének”. Tekintsük mármost n_i értékét, mint az információelméletben, *véletlen változónak* és jelöljük $p_n > 0$ -val annak a valószínűségét, hogy egyidejűleg pontosan n elemi esemény következik be. Természetesen $\sum p_n = 1$.

Az információ szokásos definíciójának megfelelően írhatjuk:

$$I = k \sum_{m=1}^M p_n \log_2 p_n. \quad (11)$$

Ez a kifejezés az információmennyiség átlagos értéke, amelyet a külvilág mint az elemi események forrása szolgáltat a mikroreceptoroknak. Tekintsük

mármost a mikroreceptor reakcióját. Ez, figyelembe véve, hogy $s = n \cdot s_0$, a (6) összefüggés alapján

$$r_n = \log_2 n. \quad (12)$$

Tételezzük fel mármost, hogy a mikroreceptor az elemi események halmazán kísérleteket folytat oly formában, hogy véletlenszerűen kiválaszt egy n értéket és aszerint ad egy reakciót, hogy az n értéke milyen. Az átlagos reakció a következő lesz:

$$\bar{r} = \sum_{m=1}^M p_n r_n = \sum_{n=1}^N p_n \log_2 n. \quad (13)$$

Figyeljük meg, hogy \bar{r} (csakúgy, mint I) tiszta szám. A formális analógia miatt ezt a kifejezést *biológiai információ*nak nevezhetjük; ki kell emelni azonban, hogy az analógia pusztán formális. A fenti kifejezés *tartalmilag* különbözik a (11) kifejezéstől: a logaritmuson belül az n relatív intenzitások állnak, a p_n valószínűségek helyett; ennek következtében a kifejezés az átlagos reakciót jelenti. A (13) egyenletet úgy értelmezhetjük, mint a mikroreceptoroknak, mint információforrásoknak az entrópiáját. Ha valamennyi p_n egyenlő ($p_n = 1/N$, az átlagos reakció a következő lesz:

$$\bar{r} = \frac{\log N!}{N}.$$

Az $n!$ közelítésére alkalmazhatjuk a Stirling-féle formulát:

$$N! \cong \left(\frac{N}{e}\right)^N \sqrt{2\pi N}, \quad (14)$$

amelynek alapján kapjuk, hogy

$$\bar{r} = \frac{K}{N} + \left(1 + \frac{1}{2N}\right) \log_2 N, \quad (15)$$

ahol

$$K = \frac{\log_2 2\pi - 2 \log_2 e}{2}.$$

Ha N nagy, a fenti egyenletben az első tagot a másodikkal szemben elhanyagolhatjuk, csakúgy, mint $1/2 N$ -t 1-gyel szemben, vagyis nagy intenzitások esetében a reakciók átlaga logaritmikusan additív, mint ahogy lennie kell.

Az előbbieken a p_n valószínűségek egyetlen izolált mikroreceptorra vonatkoztak; alkalmazásuk azt az implicit feltevést tartalmazza, hogy az esemény, amire a mikroreceptor reagált, valóban bekövetkezett. Teljes F

receptív mező esetében azonban, amely igen nagyszámú mikroreceptorból áll, valamely e_i elemi esemény egy bizonyos mikroreceptorra vonatkozólag vagy bekövetkezik, vagy nem, és ha bekövetkezik, $n = 1$ -től N -ig különböző intenzitású lehet. Így két tényezőt kell figyelembe venni: részben annak a $p_i > 0$ *spatiális* valószínűségét, hogy az i -dik mikroreceptorra vonatkozólag egy elemi esemény egyáltalán bekövetkezik, másrészt pedig azt a $p(n|i)$ *feltételes valószínűséget*, hogy az intenzitás értéke n , feltéve, hogy az illető mikroreceptorral kapcsolatosan az elemi esemény tényleg bekövetkezett. A teljes valószínűség, hogy az i -dik mikroreceptorral kapcsolatosan n intenzitású elemi esemény bekövetkezett, ennek következtében, mint ismeretes,

$$p(i, n) = p_i p_i(n|i), \quad (16)$$

ahol természetesen

$$\sum_{i, n} p(i, n) = \sum_i p_i = \sum_i p(n|i) = 1. \quad (17)$$

Az elemi eseményeknek egy meghatározott időpillanatban vett térbeli eloszlása egy olyan konfigurációt (pattern) jelent, amely a

$$I(i, n) = \sum_{i, n} p(i, n) \log_2 p(i, n) \quad (18)$$

spatiális információmennyiséget jelenti, és amelyet a F receptív mezőnek percipiálni, illetve az idegköteg mentén továbbítani kell.

Az idegkötegnek mint egésznek az aktivitása a F receptív mezőnek az A aktivitását reprezentálja. Az idegköteg *átlagos* aktivitását különböző módon reprezentálhatjuk. Nyers mértékként szolgálhat a kötegen belüli aktív rostok száma (ami ugyanaz, mint az aktív mikroreceptorok átlagos száma), vagyis

$$\bar{A} = \sum_{i=1}^M ip_i. \quad (19)$$

Jobb mértéket kapunk azonban, ha kiszámítjuk a köteg keresztmetszetére értelmezett *felületi* átlagot. A (12) kifejezés alkalmazásával kapjuk, hogy

$$\bar{R} = \sum_{i, n} p(i, n) \log_2 r(i, n), \quad (20)$$

ahol $r(i, n)$ az i -dik mikroreceptor reakcióját jelenti az n intenzitású ingerre. Ez a kifejezés nyilvánvalóan a biológiai információ általánosítása a síkbeli esetre. A (20) egyenletet csak úgy, mint korábban a (13) egyenletet, úgy értelmezhetjük, mint az F receptív mezőnek mint információforrásnak a *spatiális entrópiáját* az idegrendszer többi része felé. Ezen túlmenőleg azonban a szummáció

jele alatt még differenciálhatunk, minthogy $p(i,n)$ független i -től és n -től. Ha n szerint vesszük a parciális deriváltat, a Weber—Fechner-féle törvény általánosítását kapjuk kétdimenziós esetre:

$$\Delta_n \bar{R}_n = \sum_{i,n} \frac{p(i,n) \Delta_n r(i,n)}{r(i,n)}. \quad (21)$$

Másrészt azonban, hogy ha a parciális deriválást az i síkbeli változó szerint végezzük el, a Weber—Fechner-féle törvény spatiális analogját kapjuk meg:

$$\Delta_i \bar{R}_n = \sum_{i,n} \frac{p(i,n) \Delta_i r(i,n)}{r(i,n)}. \quad (22)$$

Ezt a kifejezést úgy értelmezhetjük, mint az idegköteg keresztmetszetén vett átlagos reakciógradienst; valószínűleg fontos szerepe van a diszkrimináció processzusában.

7. Befejező megjegyzések

Az utolsó két rész olyan keretet ad, amely alkalmas arra, hogy az információelmélet szempontjából az idegrendszerrel kapcsolatosan további vizsgálatokat végezzünk. Egy sor további probléma merül föl. Elsőnek a kódolási problémát kell említeni, amely szorosan kapcsolódik a legalábbis biológiai szempontból rendkívül fontos diszkriminációs folyamathoz. Amit ma erről a folyamatról tudunk (és ez következik a mikroreceptor definíciójából is), az mindössze annyi, hogy az idegrendszer az intenzitásokat frekvenciákba kódolja át. Noha sem bizonyítani, sem cáfolni nem tudjuk, majdnem biztos, hogy nincs unicitási tétel. Amennyire az ismert kísérleti tényekből következtetni lehet, a diszkrimináció valószínűleg az átlagok közötti statisztikailag szignifikáns különbségeken alapul; azok az átlagos reakciók, illetve valószínűségi sűrűségeloszlások, amelyeket a 6. részben vezettünk be, valószínűleg alkalmasak lesznek arra, hogy ilyen problémák vizsgálatát megkezdjük.

Másik fontos kérdés, amely kísérletileg talán könnyebben hozzáférhető, a belső, illetve külső *zajoknak* a kérdése, vagyis az idegrendszernek mint zajjal fertőzött átviteli csatornának a vizsgálata. A neuronális kiséleseknek mint jeleknek a tulajdonságait elméleti és kísérleti eszközökkel egyaránt vizsgálhatjuk; a temporális, illetve spatiális szummációs effektus, valamint küszöbérték következtében a neuron úgy viselkedik, mint egy integráló zajszűrő, amelyeknek a tulajdonságait nagyon is érdemes módszeresen megvizsgálni. Remélhető, hogy ilyen vizsgálatok révén is jobb betekintést lehet nyerni a legcsodálatosabb neuronális automata, ti. a természetes idegrendszer működésébe.

IRODALOM

1. McCULLOH; W. S. and PITTS, W.: A logical calculus of the ideas immanent in neurons activity. *Bull. Math. Biophysics*, 5 (1943) pp. 115—133.
2. RASHEVSKY, N.: *Mathematical Biophysics*. Dover Publ. 1960. esp. Vol. II. Chap. XX—XXI.
3. UTTLEY, A. M.: Temporal and spatial patterns in a conditional probability machines. In McCarthy-Shannon: *Automata studies*. Princeton University Press, 1956.
4. TAYLOR, W. K.: Electrical stimulation of some nervous system functional activities. In Collin Cherry: *Information Theory*, London, 1956.
5. WILLIS, D. G.: Plastic neurons as memory elements. UNESCO Conference on Information processing, Paper J. 6—7.
6. TARJÁN, R.: On the instrumentation of logical problems. *Acta Technica Hungarica*, 27 (1959) No. 3—4., pp. 371—382.
7. ROSENBLATT, F.: The perceptron, a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychol. Rev.* 65 (1958) pp. 386—408.
8. ROSENBLATT, F.: Perceptron simulation experiments. *Proc. IRE*, March 1960., pp. 301—309.
9. ROSENBLATT, F.: Perceptual Generalization over Transformation Groups. In M. C. Yovits-Sc. Cameron: *Self Organizing Systems*, pp. 63—96.
10. UTTLEY, A. M.: Conditional Probability Computing in a Nervous System. Symposium on the Mechanization of Thought Processes, Teddington, Middlesex, England, Nov. 1958.
11. J. V. NEUMANN, Probabilistic Logics. In McCarthy-Shannon *Automata: studies*. Princeton University Press, 1956.
12. KLEENE, S. C.: Representation of events in nerve nets and finite automata. In McCarthy-Shannon: *Automata Studies*. Princeton University Press, pp. 3—41.
13. BRAITENBERG, V.: Morphology of nerve nets. Supplements No. 2. Serie X del *Nuovo Cimento*.

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat a diszkrét működésű véges automaták analógiájára a mesterséges idegsejtekből felépített neuronális automatákban történő információfeldolgozás problémájával foglalkozik. Definálja a neuronális automatával kapcsolatos esemény fogalmát és a reprezentálás módját. A Weber—Fechner-féle ismert törvényből kiindulva az információmennyiség ismert kifejezéséhez analóg mennyiséget definiál, amely alkalmas arra, hogy az idegrendszeri információfeldolgozás részletesebb vizsgálatának alapjául szolgáljon.



ÚJ GÉPI MÓDSZER A GAZDASÁGOS TEHERELOSZTÁS SZÁMÍTÁSÁRA

UZSOKY MIKLÓS
VILLAMOS ENERGETIKAI KUTATÓ INTÉZET

I. Az analóg gép alapegyenlete

A műszaki irodalomban az utóbbi években nagyon sok tanulmány foglalkozik a gazdaságos teherelosztásnak a hálózati veszteségek figyelembevételével történő számításával (részletes irodalmi felsorolás: *Elektrotechnika* 1959., 8—9. számában).

A különféle számítási módszerek közül a legelterjedtebb az ún. „B állandók” módszere, amely a rendszerek normális terhelésekor lineáris közelítéssel veszi figyelembe a hálózati veszteségeket.

A gazdaságos teherelosztás általánosan ismeretes egyenlete:

$$\frac{dK_i}{dP_i} - \lambda \frac{\partial P_v}{\partial P_i} = \lambda, \quad (1.1)$$

ahol

K_i az i -edik erőmű termelési költsége (Ft/óra),

P_i az i -edik erőmű teljesítménye (MW),

P_v az összes hálózati veszteség (MW),

λ a Lagrange-multiplikátor, optimális üzemben az összes erőműre azonos érték (Ft/MWó).

A B állandók módszere a P_v értéket a következő kifejezéssel közelíti meg:

$$P_v = \sum_{i,k} B_{i,k} \cdot P_i \cdot P_k, \quad (1.2)$$

ahol

$B_{i,k} = n^2$ tagokból előállított matrix (ha az erőművek száma: n), amely jellemzi az egyes erőművek veszteségekre vonatkozó kölcsönhatását, egy meghatározott terheléselosztás közelében.

$$\frac{dK_i}{dP_i} = \lambda - 2\lambda \sum_k B_{i,k} \cdot P_k. \quad (1.3)$$

Ez a teljesítményekre vonatkozóan implicit egyenletrendszer, analóg számológépen ismert módon egzaktan megoldható.

A következő, fentiekől különböző módszer azon alapszik, hogy az energiaátvitel jó hatásfokú, azaz:

$$0 < 2 \sum_k B_{i,k} \cdot P_k \ll 1. \quad (1.4)$$

Az (1.3)-ból a P_i -t kiemelve:

$$P_i = F_i \left(\frac{dK_i}{dP_i} \right). \quad (1.5)$$

Az (1.3) egyenlet inverze az alábbi, új alakba írható:

$$P_i = F_i(\lambda - 2\lambda \sum_k B_{i,k} \cdot P_k). \quad (1.6)$$

Az (1.6) jobb oldala az (1.4) figyelembevételével a Taylor-sor első két tagjával közelíthető:

$$P_i \approx F_i(\lambda) - 2\lambda F_i'(\lambda) \sum_k B_{i,k} \cdot P_k, \quad (1.7)$$

ahol

$$F_i'(\lambda) = \frac{dF_i(\lambda)}{d\lambda}.$$

A közelítés helyességét úgy értékelhetjük, ha megállapítjuk azt a többletköltséget, amelyet a gyakorlatban a közelítés jelent.

Hosszadalmas, de nem túl bonyolult számítással — feltételezve, hogy az $F_i(\lambda)$ második differenciálhányadosa folytonos — a közelítéssel okozott többletköltség felső határára az alábbi kifejezést kapjuk:

$$\Delta \left(\sum_i K_i \right) \leq 2 \left[1 + 0 \left(\sum_k B_{i,k} \cdot P_k \right) \right] \sum_k \frac{[F_i''(\lambda)]^2}{F_i'(\lambda)} \left(\sum_k B_{i,k} P_k \right)^4, \quad (1.8)$$

ahol

$\Delta(\sum_i K_i)$ a többletköltségek összege

$0(\sum_k B_{i,k} \cdot P_k) = a \sum B_{i,k} P_{i,k} \cdot P$ érték, amely az (1.4) egyenlet alapján becsülhető.

$$F_i''(\lambda) = \frac{dF_i'(\lambda)}{d\lambda}.$$

Nagyságrendi becsléssel:

$$2\lambda^4 \frac{[F_i''(\lambda)]^2}{F_i'(\lambda)} \left(\sum_k B_{i,k} \cdot P_k \right)^4 \sim K_i (1 - \eta)^4, \quad (1.9)$$

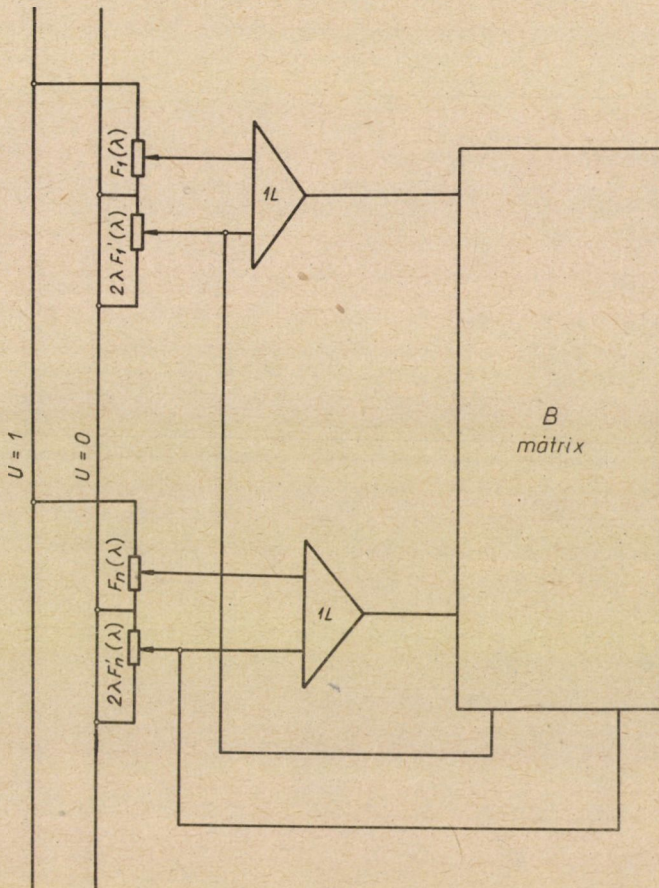
ahol

η az energiaátvitel hatásfoka.

Figyelembe véve a szokásos értékeket, a közelítés okozta többletköltségek és az energiatermelés költségeinek viszonyára:

$$\frac{\Delta \sum_i K_i}{\sum_i K_i} < 10^{-5}$$

adódik.



1. ábra

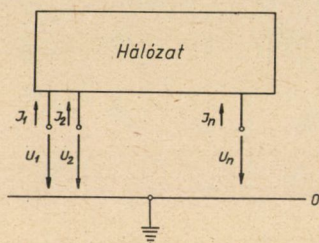
Így a közelítés a gyakorlatban megengedett. Ha a számológépet az (1.7) egyenletrendszer szerint tervezzük, a feladat nagymértékben egyszerűsödik, mivel

- a) az egyenletrendszer a P_i ismeretlenre lineáris,
- b) a nemlineáris függvényekben előforduló változó közös.

Az 1. ábrán a számológép elvi kapcsolásának vázlatja látható.

2. B matrix

Az áttekinthetőség kedvéért célszerű a hálózati veszteséget elhanyagolások nélkül felírni. A hálózat terheléseit szimmetrikusnak és levezetését zérusnak tekintjük, így a továbbiakban a váltakozóáramú mennyiségek mindig pozitív sorrendű összetevőt jelentenek.



2. ábra

A hálózati veszteség a 2. ábra jelöléseivel:

$$P_v = 3 \operatorname{Re}(UI), \quad (2.1)$$

ahol U és I „unitér” térben értelmezett vektorok komponensei:

$$U = (U_1, U_2, \dots, U_n), \quad (2.2 - D)$$

$$I = (I_1, I_2, \dots, I_n). \quad (2.3 - D)$$

A definíciót kifejező egyenleteket D , az elhanyagolást (hipotézist) kifejező egyenleteket H betűvel különböztetjük meg a fizikai összefüggést kifejezőktől.

A hálózat impedancia-viszonyait — szokás szerint — önkényesen választott ponton leföldelt hálózat impedancia matrixával jellemezzük. Ennek segítségével az áram és feszültség közötti összefüggés a következő alakban írható fel:

$$U = \mathbf{1}(Ue_r) + \mathbf{Z}' I \quad (2.4)$$

és:

$$I \mathbf{1} = 0, \quad (2.5)$$

ahol

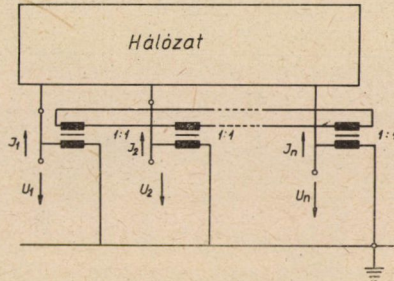
$$\mathbf{1} = \begin{pmatrix} 1 \\ \dots \\ 1 \end{pmatrix}, \quad (2.6 - D)$$

$$e_r = \begin{pmatrix} 1 & & & & \\ & 0 & & & \\ & & 0 & & \\ & & & 1 & \\ & & & & 0 & & \\ & & & & & \dots & \\ & & & & & & 0 \end{pmatrix}. \quad (2.7 - D)$$

Z' az r -edik csomópontban leföldelt hálózat impedancia matrixa. (2.8—D)

A (2.4) alak aszimmetriája miatt az analóg számológép szempontjából kényelmetlen, ezért az egyenletet új alakba írjuk át:

$$U = \frac{\mathbf{1}(U\mathbf{1})}{\mathbf{1} \cdot \mathbf{1}} + \mathbf{Z} I . \quad (2.9)$$



3. ábra

A Z matrix a 3. ábrán feltüntetett gondolat-kísérlet esetén „mérhető”. Az ábrában szereplő transzformátorok ideálisak. Egyszerűen levezethető, hogy r -től függetlenül

$$\mathbf{Z} = \left[\mathbf{1} - \frac{\mathbf{1} \circ \mathbf{1}}{\mathbf{1} \cdot \mathbf{1}} \right] \mathbf{Z}' \left[\mathbf{1} - \frac{\mathbf{1} \circ \mathbf{1}}{\mathbf{1} \cdot \mathbf{1}} \right] . \quad (2.10)$$

A (2.9) egyenletből kiolvasható, hogy $\mathbf{Z} I$ a hálózat feszültség súlypontjához képest mért feszültségeket jelenti.

Az U értéket a (2.1) egyenletbe helyettesítve a (2.5) egyenletet felhasználva kapjuk, hogy

$$P_p = 3 \operatorname{Re} (\mathbf{Z} I) I = 3 \operatorname{Re} I \mathbf{Z} I . \quad (2.11)$$

Hogy az (1.2) alakhoz eljussunk, először a fogyasztói áramokat kell kifejezni az erőművek áramaival, másodsor az erőművek áramait azok teljesítményeire visszavezetni. Az egyes fogyasztói áramokat szokásos módon kifejezhetjük, mint az erőművi áramok összegének bizonyos hányadát, azaz:

$$I_i^f = -k_i^f \sum_{r=1}^m I_r^g, \quad (2.12 - D)$$

ahol

I_i^f = a fogyasztói áram az i -edik pontban,
 I_i^g = az erőművi áram az i -edik pontban.

Bevezetve az

$$I^f = (I_1^f, I_2^f; \dots I_n^f), \quad (2.13 - D)$$

$$I^g = (I_1^g, I_2^g, \dots I_n^g). \quad (2.14 - D)$$

$$\mathbf{K}^f = \begin{vmatrix} k_1^f & 0 & \dots & 0 \\ 0 & k_2^f & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & k_n^f \end{vmatrix} \quad (2.15 - D)$$

$$\mathbf{M} = \mathbf{1} - (\mathbf{K}^f \mathbf{1}) \circ \mathbf{1}, \quad (2.16 - D)$$

jelöléseket, kapjuk, hogy

$$I^f = -\mathbf{K}^f \mathbf{1} (I^g \mathbf{1}), \quad (2.17)$$

$$I = I^g + I^f = \mathbf{M}^f I^g. \quad (2.18)$$

Az egyes erőművek wattos és meddő teljesítményei:

$$P_i + jQ_i = 3 U_i I_i^{g*}, \quad (2.19)$$

innen

$$I_i^g = \frac{P_i - jQ_i}{3 U_i^*}. \quad (2.20)$$

Bevezetve a következő jelöléseket

$$k_i^g = \frac{1 - j \frac{Q_i}{P_i}}{U_i^*}, \quad (2.21 - D)$$

$$\mathbf{K}^g = \begin{vmatrix} k_1^g & 0 & \dots & 0 \\ 0 & k_2^g & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & k_n^g \end{vmatrix} \quad (2.22 - D)$$

és

$$P^g = (P_1, P_2 \dots P_n) \quad (2.23 - D)$$

írhatjuk, hogy

$$I^g = \frac{1}{3} \mathbf{K}^g P^g. \quad (2.24)$$

A (2.11), (2.18) és (2.24) felhasználásával a hálózati veszteség új alakja

$$\begin{aligned} P_v &= \frac{1}{3} \operatorname{Re} (\mathbf{M}^f \mathbf{K}^g P^g) \mathbf{Z} (\mathbf{M}^f \mathbf{K}^g P^g) = \\ &= \frac{1}{3} \operatorname{Re} P^g \tilde{\mathbf{K}} \tilde{\mathbf{M}}^f \mathbf{Z} \mathbf{M}^f \mathbf{K}^g P^g. \end{aligned} \quad (2.25)$$

Ezt az egyenletet azonosítva (1.2) vektoriális alakjával:

$$P_v = P^g \mathbf{B} P^g,$$

kapjuk, hogy a B matrix az

$$\frac{1}{3} \tilde{\mathbf{K}}^g \tilde{\mathbf{M}}^f \mathbf{Z} \mathbf{M}^f \mathbf{K}^g$$

matrix reális részének szimmetrikus része, azaz:

$$\begin{aligned} \mathbf{B} &= \frac{1}{6} [\operatorname{Re}(\tilde{\mathbf{K}}^g \tilde{\mathbf{M}}^f \mathbf{Z} \mathbf{M}^f \mathbf{K}^g) + \operatorname{Re}(\tilde{\mathbf{K}}^g \mathbf{M}^f \mathbf{Z} \tilde{\mathbf{M}}^f \mathbf{K}^g)] = \\ &= \frac{1}{6} \operatorname{Re} [\tilde{\mathbf{K}}^g \tilde{\mathbf{M}}^f \mathbf{Z} \mathbf{M}^f \mathbf{K}^g + \tilde{\mathbf{K}}^g \tilde{\mathbf{M}}^f \tilde{\mathbf{Z}} \tilde{\mathbf{M}}^f \mathbf{K}^g] = \\ &= \frac{1}{3} \operatorname{Re} \left[\tilde{\mathbf{K}}^g \tilde{\mathbf{M}}^f \frac{\mathbf{Z} + \tilde{\mathbf{Z}}}{2} \mathbf{M}^f \mathbf{K}^g \right] = \\ &= \operatorname{Re} \left[\tilde{\mathbf{K}}^g \tilde{\mathbf{M}}^f \operatorname{Re} \left(\frac{\mathbf{Z}}{3} \right) \mathbf{M}^f \mathbf{K}^g \right]. \end{aligned}$$

Összefoglalva: a (2.12—D) és (2.21—D) egyenletek által definiált mennyiségek bevezetése után megkaptuk a hálózati veszteségek (1.2) alakját.

$$\text{Azaz: } P_v = P^g \mathbf{B} P^g, \quad (2.26)$$

ahol

$$\mathbf{B} = \operatorname{Re} \left[\tilde{\mathbf{K}}^g \tilde{\mathbf{M}}^f \operatorname{Re} \left(\frac{\mathbf{Z}}{3} \right) \mathbf{M}^f \mathbf{K}^g \right]. \quad (2.27)$$

3. Egyszerűsítő feltevések

A B matrix (2.27) alatti tényezőző előállítás, tekintettel arra, hogy a hálózat, a fogyasztás és erőművek paraméterei külön tényezőzőben szerepelnek, analóg számológépen jól megvalósítható. A kivitelezést csak a komplex mennyiségekkel való számolás és a reális rész képzés bonyolítja, különösen egyen-áramú modell esetén.

A már hivatkozott számítások szerint a gyakorlatban megengedhető az a feltételezés, hogy az erőművi áramok és a fogyasztói áramok fázisa megegyezik, azaz

$$\arg I_1^g = \arg I_2^g = \dots = \arg I_n^g \quad (3.1 - H)$$

és

$$\arg I_1^f = \arg I_2^f = \dots = \arg I_n^f. \quad (3.2 - H)$$

A (2.4) egyenletből következik, hogy

$$\mathbf{1} \mathbf{K}^f l = \mathbf{1}, \quad (3.3)$$

azaz

$$\sum k_i^f = 1, \quad (3.4)$$

így a (3.2—H) alapján k_i^f együttthatók valósak, azaz

$$\operatorname{Re} M^f = F \text{ és } \operatorname{Im} M^f = 0. \quad (3.5)$$

A (3.1—H) következménye, hogy a k_i^g együttthatók fázisa megegyezik, azaz:

$$k_i^g = e^{j\varphi} k_i^f. \quad (3.6)$$

Bevezetve a

$$\mathbf{G} = \begin{vmatrix} |k_1^g| & 0 & \dots & 0 \\ 0 & |k_2^g| & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & |k_n^g| \end{vmatrix} \quad (3.7 - D)$$

jelölést, írhatjuk, hogy

$$\mathbf{K}^g = e^{j\varphi} \mathbf{G}, \quad (3.8)$$

ahol

$$\operatorname{Im} \mathbf{G} = 0. \quad (3.9)$$

Az áramok fázisára vonatkozó feltételek árán a B matrix a következő egyszerűbb alakba írható:

$$\begin{aligned} \mathbf{B} &= \operatorname{Re} \left[(e^{j\varphi} \mathbf{G}) \tilde{\mathbf{F}} \operatorname{Re} \left(\frac{\mathbf{Z}}{3} \right) \mathbf{F} (e^{j\varphi} \mathbf{G}) \right] = \\ &= \operatorname{Re} \left[e^{-j\varphi} \mathbf{G} \mathbf{F} \operatorname{Re} \left(\frac{\mathbf{Z}}{3} \right) \mathbf{F} e^{j\varphi} \mathbf{G} \right] = \\ &= \tilde{\mathbf{G}} \tilde{\mathbf{F}} \operatorname{Re} \left(\frac{\mathbf{Z}}{3} \right) \mathbf{F} \mathbf{G}. \end{aligned} \quad (3.10)$$

A következő pontban látni fogjuk, hogy ez az alak már lehetővé teszi a fogyasztásban és az erőművekben bekövetkező változások egyszerű figyelembevételét. A hálózat vezetőkeinek ki-be kapcsolása folytán bekövetkező változások figyelembevételéhez további egyszerűsítő feltevésre van szükség.

Ha feltételezzük, hogy a vezeték impedanciák fázisszögei megegyeznek, azaz:

$$\frac{X}{R} = \text{konstans}, \quad (3.11 - H)$$

akkor képletesen szólva, a reális rész képzés művelete az egyes elemre vihető át. Pontosabban (3.11—H) teljesülésekor mindegy, hogy előbb kiszámítjuk

a \mathbf{Z} ellenállás-matrixot és annak vesszük a reális részét, vagy előbb az egyes vezetékek impedanciájának vesszük a reális részét, és utána számítjuk a matrixot. A vezetékek fázisszögére vonatkozó feltevés eredményeképpen lehetővé válik, hogy a

$$\operatorname{Re} \frac{\mathbf{Z}}{3} = \mathbf{H} \quad (3.12 - \text{H})$$

tényező a vezeték ellenállásmodelljeképpen kerüljön be az analóg számológépbe, melyen a hálózaton végzett kapcsolások ugyanúgy elvégezhetők. Ezt az ellenállás-matrixot \mathbf{H} -val jelöljük.

A fenti hipotézisek alapján a \mathbf{B} matrixot mint valós matrixok szorzatát állítottuk elő:

$$\mathbf{B} = \tilde{\mathbf{G}}\tilde{\mathbf{F}}\mathbf{H}\mathbf{F}\mathbf{G} . \quad (2.13)$$

A feltevések gyakorlati hatásának meghatározása meglehetősen nehéz, egyrészt a variánsok nagy száma miatt, másrészt a számítás kiinduló értékeinek pontatlansága, a gazdaságos teherelosztást számító gép pontatlansága és a módszer közelítéseiből eredő hibák szuperpozíciója miatt.

Általánosságban a következőket jegyezhetjük meg:

3.1. A B -ben elkövetett hiba hatása akkor érvényesülhet legerősebben, ha feltételezzük, hogy a kooperációban működő erőművek jelleggörbéi azonosak, ugyanis ekkor leghatásosabb a hálózati veszteség minimalizálása, mert minden erőmű azonos költséggel termel. Ezt az esetet vizsgálva a B pontatlansága miatti relatív hálózati veszteségnövekedés egy hosszadalmas számítás szerint:

$$\frac{\Delta P_v}{P_v} \approx 2h \left[-\frac{\mathbf{B}_e^{-1}}{1\mathbf{B}_e^{-1}l} - \frac{\mathbf{B}_e^{-1}\mathbf{1}}{1\mathbf{B}_e^{-1}\mathbf{1}} 0 \frac{\mathbf{B}_e^{-1}\mathbf{1}}{1\mathbf{B}_e^{-1}\mathbf{1}} \right] h, \quad (3.14)$$

ahol

$$h = (\mathbf{B}\mathbf{B}_e^{-1} - \mathbf{1}) . \quad (3.15)$$

$\mathbf{B}_e = \mathbf{B}$ matrix egzakt értéke,

$\mathbf{B} = \mathbf{B}$ matrix közelítő értéke.

Ebből kiolvasható, hogy a $\Delta P_v/P_v$ relatív hibája a \mathbf{B} matrix relatív hibájának négyzetével arányos és az arányossági tényező egy nagyságrendű.

3.2. A (3.1—H), (3.2—H) és (3.11—H) feltételektől való eltérés a \mathbf{B} matrixban csak másodrendű hibát okoz, ugyanis csak a párosszámú eltérés szorzata valós, és így reális rész képzésekor csak ezek maradnak meg. Tekintettel az előzőekre, $\Delta P_v/P_v$ -ben fellépő hiba negyedrendű.

3.3. Eddig csak azt vizsgáltuk, hogy egy adott pillanatban mekkora a hiba, ha azonban az időbeli átlagot nézzük, remélhetjük, hogy ez a módszer pontosabb a klasszikus \mathbf{B} együtthatók módszerénél, mivel a hálózat és fogyasztás változást rugalmasan követni tudja.

4. A **B** matrix realizációja a VITA*-ban

A **B** matrix leképezéséhez felhasznált műveleti erősítő egyenáramú, bemenő jele feszültség, be- és kimenő ellenállása alkalmazásokban zérusnak vehető. Az egyes paramétereket vezetőképesség alakjában építjük be. A **B** matrix elvi kapcsolását a 3. ábra mutatja. A k_i^f és k_i^g léptéket úgy választjuk meg, hogy a leképező ellenállások az egység vezetőképessége nagyságrendjébe essenek. **H** léptéke nagyságrenddel nagyobb. Az **F** megvalósításában előforduló erősítő erősítése (**A**) gyakorlatilag végtelennek tekinthető. A műveletek kapcsolódását az I. táblázat mutatja. A táblázatban feltüntetjük a 4. ábrában bejelölt metszetekben levő villamos jellemzők idealizált értékeit.

I. táblázat

Metszet sorszáma	Feszültség	Áram
1	P	
2		GP
3		FGP
4	$HFGP$	
5		$FHFGP$
6	$GFHFGP$	

A működés elve áttekinthető lesz, ha meggondoljuk, hogy az erőművek felől befolyó áram csak az **A** erősítő bemenő kapcsán keresztül záródhat a földhöz. Az előzőekben említett elhanyagolások szempontjából elegendő megvizsgálni a 4. metszetben levő feszültségek eltérését az ideálistól, mivel az utána következő műveletekben már nincs elhanyagolás. Ezért írjuk fel a 2. és 3. metszetek közötti szakaszra KIRCHOFF első törvényét (a szakasz felé mutató pozitív irányok):

$$\mathbf{G}(P - V) + \mathbf{1}(O - V) + \mathbf{K}^f - [\mathbf{A}\mathbf{1}(V\mathbf{1}) - V] - \mathbf{I} + \mathbf{K}^g(O - V) + \mathbf{1}(O - V) = 0. \quad (4.1)$$

$$\mathbf{I}\mathbf{1} = 0, \quad (4.2)$$

ahol

V a 4. metszetben levő feszültségekből képzett vektor,

\mathbf{I} a **H** matrixba folyó áram;

és a **H** hálózat karakterisztikája:

$$V = \frac{\mathbf{1}(V\mathbf{1})}{\mathbf{1} \cdot \mathbf{1}} + \mathbf{H}\mathbf{I}. \quad (4.3)$$

* Villamos Teherelosztó Automata.

A (4.1), (4.2) és (4.3) egyenletekből álló egyenletrendszert megoldva V -re kapjuk:

$$V = (1 + HFG)^{-1} \left[1 \frac{1GP - 1Y(1 + HFG)^{-1}HFGP}{(1 \cdot 1)A + 1Y(1 + HFG)^{-1}1} \right] + HFGP, \quad (4.4)$$

ahol

$$Y = 2 + 2K^f + G. \quad (4.5 - D)$$

A (4.4) egyenletből kiolvasható, hogy az ideális érték jó megközelítéséhez szükséges, hogy:

$$\|HFG\| \ll 1 \quad (4.6 - H)$$

és

$$A \|HF\| \gg 1 \quad (4.7 - H)$$

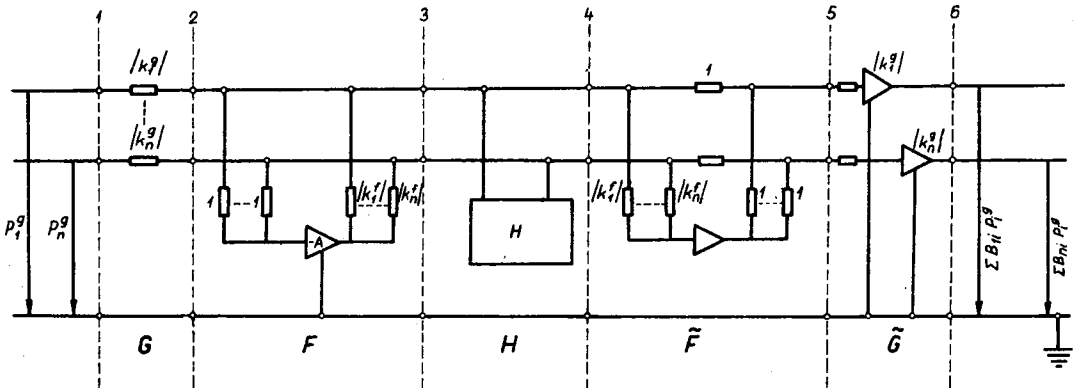
érvényes legyen. E két egyenlőtlenség figyelembevételével a hibára közelítő kifejezést kapunk, mely a méretezés alapjául szolgálhat:

$$V - HFGP \approx - (HFG)^2 P + \frac{1}{A} \frac{1(1GP)}{(1 \cdot 1)}. \quad (4.8)$$

Ha figyelembe vesszük, hogy B B matrix bemenete is a matrixban előforduló erősítőkkal azonos típusú erősítők kimenetére csatlakozik, akkor kimutatható, hogy a léptékek alkalmas megvalósításakor az elérhető relatív pontosság megegyezik az erősítő áramerősítés négyzetgyökének reciprokával.

A VITA-ban alkalmazott erősítő áramerősítése 10^5 , így a (4.8) alatti hiba $3^0/_{00}$. Az alkatrészek pontatlansága miatt fellépő hibákkal együtt a hiba kb. $2^0/_{0}$. Ez az érték elfogadható, tekintettel arra, hogy a kiindulási értékek pontatlanabbak.

A 4. ábrából láthatjuk, hogy az egyes erőművekre és fogyasztókra jellemző $|k_i^g|$ és $|k_i^f|$ együtthatók csak két helyen fordulnak elő, így ezek egy-



4. ábra

szerűen változtathatók. A \mathbf{H} ellenállásmatrix a hálózat egyenáramú modellje. A megszakítókat kapcsolókkal képezzük le, így az egyes vezetékek ki-, illetve beiktatását követni lehet a modellen.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az optimális teherelosztás egyenletéből kiindulva a szerző olyan új kifejezést vezet le, amely analóg számológépekben való megoldásra alkalmas. Az átalakítás Newton—Kantorovics-approximáción alapszik. Becslés történik az elkövetett hiba nagyságrendjére.

A további részben a hálózati veszteségnek egy olyan kifejezése kerül ismertetésre, mely egyszerű lehetőséget nyújt a valóságos hálózaton lejátszódó kapcsolási műveletek figyelembevételére azáltal, hogy a hálózati veszteséget kifejező B matrix, mint a generátorokra, a fogyasztókra és a hálózatra jellemző matrixok szorzata áll elő.

Röviden ismertetésre kerül a matrix-szorzat analóg cél-számológépben történő realizációjának méretezési elve.

RELÉ JELLEGŰ PNEUMATIKUS JELÁTALAKÍTÓK STATIKUS TULAJDONSÁGAI

HELM LÁSZLÓ

MTA AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ LABORATÓRIUM

A pneumatikus jelátalakító a sűrített levegővel működő irányítás-technikai berendezések minden esetben megtalálható alapegysége. A sűrített levegő energiatartalmának felhasználásával kis elmozdulásnak, mint bemenő jelnek hatására viszonylag nagy nyomásváltozást hoz létre kimenő jelként.

A pneumatikus jelátalakító legelterjedtebb típusa az ún. fúvókás jelátalakító (1. ábra). Bemenő jele az 1 fúvóka és a 2 torló szerv x távolsága. A 3 tápfojtás mögötti p nyomás, az ún. fúvókatér-nyomás, e távolság függvényében erősen változik. Egészen lezárt fúvókánál p a tápnyomásig nő. Ha viszont a torló szerv a fúvókától viszonylag messze eltávolodik, úgy p csaknem a kiömlő nyomás értékére csökken. Állandó értékű p_t tápnyomás esetén állandósult állapotban egyértelmű — $p = p(x)$ — összefüggés érvényes az x nyitás és a neki megfelelő p nyomás között. Adott tápfojtásból és fúvókából szerkesztett fúvókás jelátalakító mérésel felvett statikus karakterisztikáját a 2. ábra mutatja. A mérési eredményekből kitűnik, hogy a statikus karakterisztika meredeksége, azaz a jelátalakító átviteli tényezője a munkatartomány közepén a legnagyobb, és ott egy bizonyos intervallumban jó közelítéssel állandónak tekinthető.

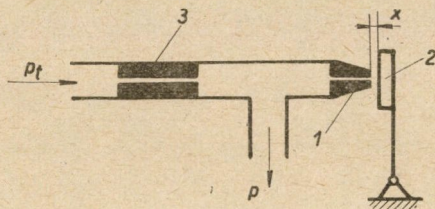
A pneumatikus jelátalakító statikus viselkedésére vonatkozó legáltalánosabb követelmény az, hogy statikus karakterisztikájuk meredeksége nagy legyen. Mennél nagyobb ugyanis pl. egy zárt körbe iktatott jelátalakító átviteli tényezője, annál tökéletesebben megvalósítható a visszacsatolás jelátvitelének invertálása.

A fúvókás jelátalakító statikus karakterisztikájának meredekségét növelni lehet

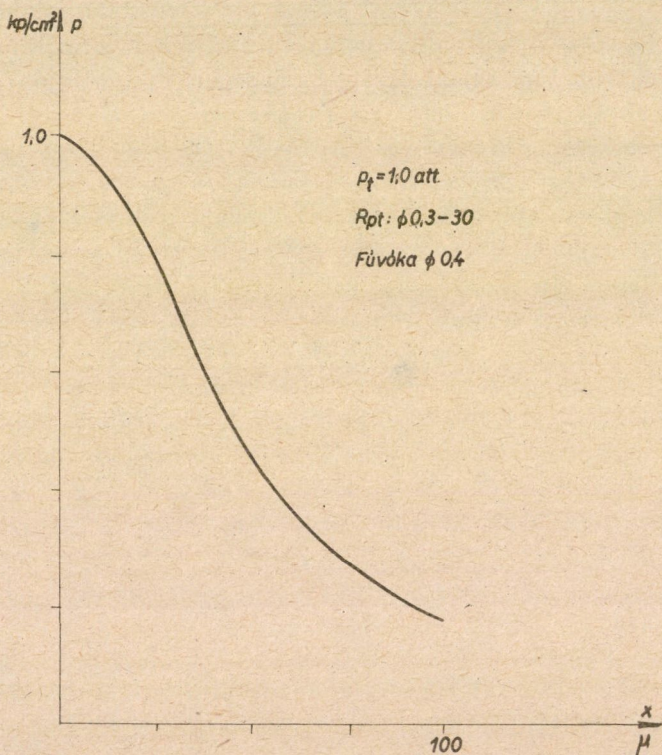
1. a tápfojtás növelésével,
2. a fúvóka furat-átmérőjének növelésével és
3. pozitív visszacsatolás segítségével.

Az 1. és 2. alatt feltüntetett módszerekkel — a mérések szerint — nagyságrendi minőségjavulás nem érhető el. Hozzá kell venni ehhez még azt, hogy a tápfojtás növelésével egyben a jelátalakító működése lelassul, a fúvóka furat-átmérő növelésekor pedig működése elég hamar bizonytalaná válik.

E tapasztalatok alapján az elmúlt években mindinkább a 3. alatti módszerrel használták, és kifejlesztették a pozitívan visszacsatolt pneumatikus jelátalakítókat.



1. ábra



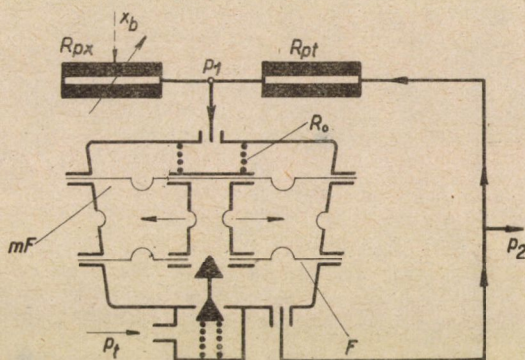
2. ábra

Egyik alaptípusuk elvi kapcsolási vázlatát a 3. ábra mutatja. Az ábra szerint az R_{pt} jelű táp- és az R_{px} jelű változó fojtásokból szerkesztett jelátalakítót a hozzá sorosan kapcsolt kétmembrános, szakaszos légfogyasztású teljesítményerősítő szekunder oldaláról tápláljuk — az onnan kilépő — p_2

nyomású levegővel. A teljesítményerősítő membránjai nem egyformák, a hasznos membránfelületek aránya m (m értékét 2—5 között szokták választani). Így a teljesítményerősítő p_2 kimenő nyomása állandósult állapotban bemenő-jének (p_1 -nek) m -szerese.

A jelátalakító most lényegében egy pozitívan visszacsatolt nyomásosztó, amelynek bemenő jele a változó fojtás nagysága, kimenője pedig az R_{px} -en leosztott p_1 nyomás. Jelöljük a leosztás hányadosát β -val:

$$\beta = \frac{p_1}{p_2} \quad (1)$$



3. ábra

Ha a tápfojtás állandó, β a bemenő jel egyértelmű, egyváltozós függvénye

$$(\beta)_{R_{pt}=\text{áll}} = \beta(x_b) \quad (2)$$

A kettős jelátalakító-teljesítményerősítő fokozat működését nézve könnyen belátható, hogy akkor, amikor a teljesítményerősítő felső membránjára ható R_0 nyomórugó nincs előfeszítve, β küszöbértéke: $\beta = \frac{1}{m}$. Ha ugyanis a bemenő jel változása következtében

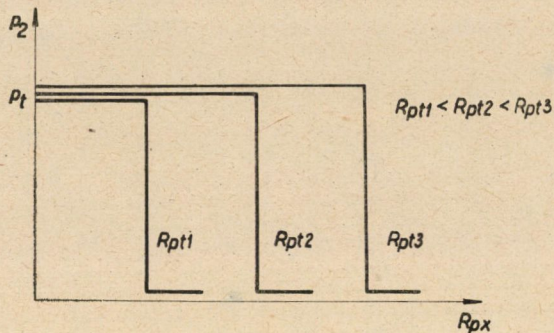
$$\beta > \frac{1}{m}, p_2 \text{ a tápnyomásig nő,}$$

és ha

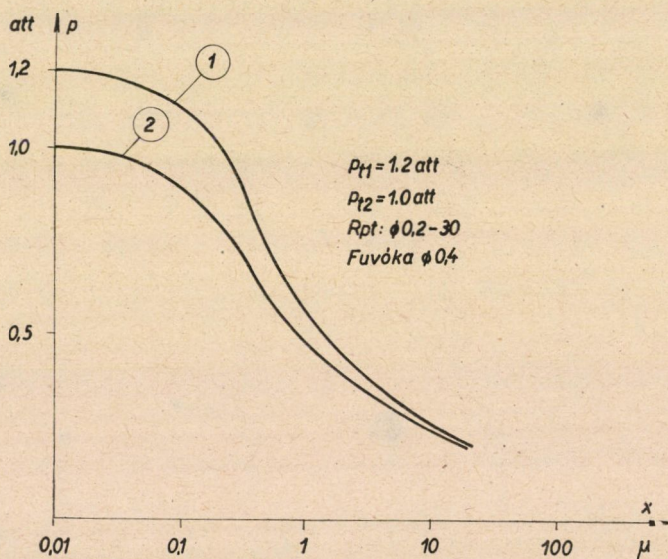
$$\beta < \frac{1}{m}, p_2 \text{ zérusra esik.}$$

Egyensúlyi állapot csak a $\beta = \frac{1}{m}$ esetben lehetséges; ekkor azonban a kettős jelátalakító-teljesítményerősítő fokozat bármilyen p_2 -nél egyensúlyban van.

Innen és (2)-ből rögtön következik, hogy egyensúlyi állapotban nagyobb tápfajtáshoz nagyobb változó fajtás tartozik. A p_2 nyomás változását az R_{px} és az R_{pt} , mint paraméter függvényében — állandósult állapotban — a 4. ábra mutatja. (Az ábrán R_{pt} a tápfajtás, R_{px} pedig a változó fajtás pneumatikus ellenállása.)



4. ábra

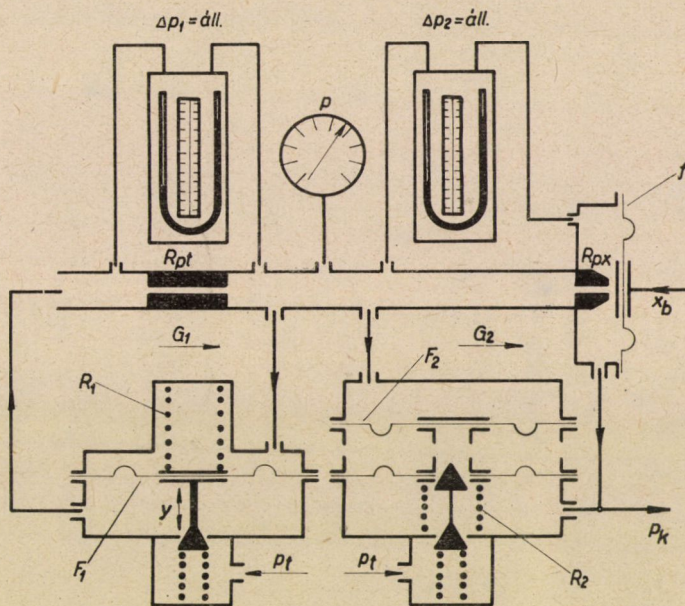


5. ábra

Egy $m = 2,5$ felület arányú jelátalakító statikus karakterisztikáját az 5. ábra szemlélteti.

A pozitívan visszacsatolt jelátalakítók egy másik alaptípusának elvi kapcsolási vázlatát a 6. ábra tünteti fel. Ennél a fűvókás jelátalakító mindkét fajtására állandó nyomásesést kényszerítünk. A fűvókából a levegő az atmoszféra helyett egyik oldaláról rugalmas síkmembránnal elhatárolt kamrába jut.

A kamra a fűvókátér-nyomás változásait másoló teljesítményerősítő szekunder oldalával közlekedik. A teljesítményerősítő alsó membránjára ható R_2 nyomórugó biztosítja, hogy állandósult állapotban a fűvókán — a pillanatnyi egyensúlyi helyzettől függetlenül — közel állandó nyomásesés keletkezzék. Hasonlóan a tápfojtáson mutatkozó nyomásesést, s ezzel a rajta időegységenként átáramló közegmennyiséget egy, az R_1 nyomórugóval előfeszített — közvetlen működésű, síkmembrános nyomáskülönbség-szabályozó stabilizálja.



6. ábra

Jelöljük a táp- és változó fojtások R_{pt} és R_{px} ellenállásaira kényszerített nyomáseséseket Δp_1 - és Δp_2 -vel. Mivel állandósult állapotban mindkét fojtáson ugyanaz a közegmennyiség áramlik át időegységenként, következik, hogy a két fojtás közötti térben mérhető p statikus nyomás csak akkor nem változik, ha

$$R_{px} = R_{px0} = R_{pt} \frac{\Delta p_2}{\Delta p_1} . \tag{3}$$

(R_{px0} a változó fojtás pneumatikus ellenállásának egyensúlyi értéke.)

Jelöljük továbbá a jelátalakítón egyensúlyi helyzetben időegységenként átáramló közegmennyiséget G_0 -val. Változtassuk meg a jelátalakító kilépő fojtásának ellenállását ΔR_{px} -szel. Legyen ΔR_{px} pozitív, azaz

$$\Delta R_{px} = R_{px} - R_{px0} > 0 .$$

Ekkor — minthogy $\Delta p_2 = \text{áll}$ — a változó fojtáson ΔR_{px} -nek megfelelően lecsökkent $G = \Delta p_2 / R_{px}$ közegmennyiség fog csak átáramolni. A $G_0 - G = \Delta G$ közegmennyiség a két fojtás közötti C_p kapacitású térben a nyomást növelni fogja. A nyomásváltozás sebessége

$$\frac{dp}{dt} = \frac{1}{C_p} \Delta G = \frac{1}{C_p} \left[\Delta p_2 \left(\frac{1}{R_{px0}} - \frac{1}{R_{px0} + \Delta R_{px}} \right) \right]. \quad (4)$$

Közös nevezőre hozva és ott R_{px0} mellett ΔR_{px} -et elhanyagolva

$$\frac{dp}{dt} \approx \frac{\Delta p_2}{C_p} \cdot \frac{\Delta R_{px}}{R_{px0}^2} \quad (5a)$$

alakra jutunk. Válasszuk $\Delta p_1 = \Delta p_2$ -t.

Ekkor $R_{px0} = R_{pt}$, s így a nyomásváltozás sebessége

$$\frac{dp}{dt} \approx \frac{\Delta p_1}{T_i} \frac{\Delta R_{px}}{R_{px0}}, \quad (5b)$$

ahol

$$T_i = R_{pt} \cdot C_p$$

a jelátalakító időállandója.

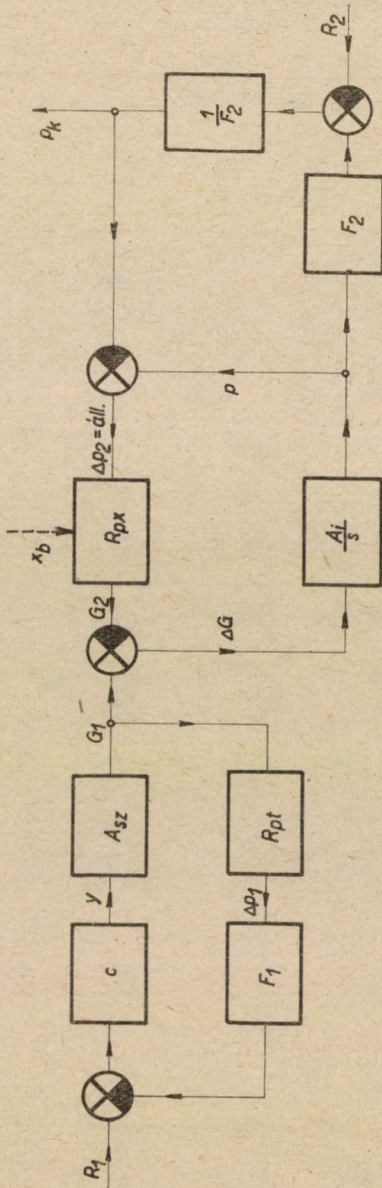
Közelítőleg ugyanezzel a sebességgel változik a teljesítményerősítő szekunder oldali nyomása is.

(5b)-ből látható, hogy ha a jelátalakító bemenő jelének a változó fojtása pneumatikus ellenállását vesszük, az lineáris, integráló jellegű elem. Időállandója csak a konstrukciós állandóktól függ. (5b)-ből az is kitűnik, hogy a jelátalakító kimenő jelének időegységre eső változása mind az R_{px} százalékos értékváltozásával, mind pedig a táp- és a változó fojtásra beállított nyomásezással egyenesen arányos.

Innen viszont az következik, hogy ha a jelátalakító működését gyorsítani akarjuk, akkor Δp_1 növelésével, vagy R_{pt} csökkentésével a jelátalakítón egyensúlyi helyzetben időegységenként átáramló G_0 légmennyiséget kell növelni, azaz gyorsabb működés csak nagyobb légfogyasztás árán biztosítható.

A nyomáskülönbség-szabályozók miatt a fűvókatér-nyomás változásait mind a tápfojtás előtti nyomás, mind pedig a teljesítményerősítő szekunder oldali nyomása pontosan követni fogja. A nyomások változása mindaddig tart, amíg egyrészt a tápfojtás előtti nyomás a p_t tápnyomás, másrészt pedig a fűvókatér-nyomás azt a mindenkor R_{px} -nek megfelelő p_{\max} felső határt el nem éri, amelynél a tápfojtáson át a fűvókatérbe annyi levegő áramlik be, mint amennyi a fűvókán kiáramlik — azaz teljesül a következő egyenlőség:

$$\frac{p_t - p_{\max}}{R_{pt}} = \frac{\Delta p_2}{R_{px}}. \quad (6)$$



R_1 rugóerő

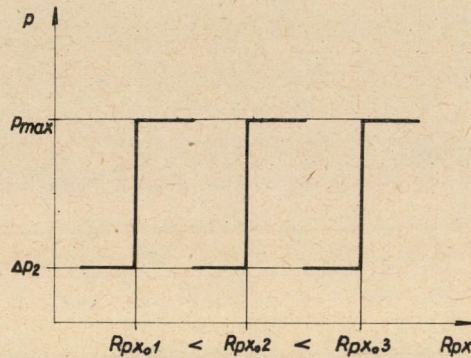
c rugóállandó

A_{3z} szelep átviteli tényező

R_2 rugóerő

7. ábra

A jelátalakító működési vázlatát a 7. ábra mutatja. Ebből jól látható, hogy működését a tápfojtáson a fűvókaterbe beáramló G_1 és a változó fojtáson onnan kiáramló G_2 közegmennyiség egymáshoz való viszonya határozza meg. Továbbá kitűnik a működési vázlatból, hogy ez a jelátalakító típus is lényegében pozitívan visszacsatolt (p_k -től kiindulva a jel kétszer vált előjelet, mielőtt visszatér a kiinduló ponthoz).



8. ábra

Tekintettel arra, hogy jelátalakítónk integráló jellegű, p -re és ΔR_{px} -re vonatkozó átviteli függvénye

$$\frac{p(s)}{\Delta R_{px}(s)} = \frac{A_i}{s}, \quad (7)$$

ahol

$$A_i = \frac{\Delta p_1}{T_i R_{px0}}, \quad (8)$$

következik, hogy kimenő jelének (p_k -nak) változása addig tart, amíg bemenő jele (ΔR_{px}) vagy zérussal nem lesz egyenlő, vagy pedig, amíg kimenő jele a $p_{kmax} = (p_{max} - \Delta p_2)$, illetve a $p_{kmin} = 0$ szélső értékeket el nem éri. Statikus karakterisztikájának jellegét az R_{px} és az R_{px0} mint paraméter függvényében a 8. ábra mutatja.

Az ábrából jól látható a jelátalakító ún. „relés” jellege.

Elvben végtelen kicsiny bemenő jelváltozás a jelátalakító kimenő jelét a T_i integrálási időállandójától és az előző egyensúlyi helyzettől függő átfutási idő után felső vagy alsó határértékére viszi. Meg kell még itt jegyezni, hogy $\Delta R_{px} = 0$ esetben a jelátalakító bármely p nyomáson egyensúlyban lehet.

A mérések szerint az ilyen jelátalakítókat maximálisan $1 \rightarrow 2$ μ -os torló szerv elmozdítással teljesen ki lehet vezérelni.

Mivel a jelátalakító kimenő jele az f hasznos felületű síkmembránnal elhatárolt térben is megjelenik, következik, hogy az ilyen típusú jelátalakítók főként erő- és nyomatékegyensúlyos rendszerekben használhatók előnyösen.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az utóbbi években az analóg elven működő pneumatikus automatika elemekkel kapcsolatban végzett kutatások egyik célja a fűvókás jelátalakítók kivezérlési tartományának csökkentése volt. A tanulmány az ilyen célból kifejlesztett, pozitívan visszacsatolt, kombinált pneumatikus jelátalakító-teljesítményerősítő egységek két változatának statikus jelátvitelét elemzi.

A HAZAI AUTODINKUTATÁS EREDMÉNYEI

AZ MTA AUTOMATIZÁLÁSI KUTATÓ LABORATÓRIUM
FORGÓ ERŐSÍTŐGÉP CSOPORTJA

I. Az autodin általános ismertetése

Az autodin újfajta erősítőgép, amely — a többi erősítőgéphez hasonlóan — önműködően változtatja valamely villamos jellemzőjét. Az eddigi erősítőgépektől annyiban különbözik, hogy nem kell hozzá külön hajtómotor, hanem a háromfázisú hálózatból felvett villamosenergiát közvetlenül — mechanikai energia közbeiktatása nélkül — alakítja át egyenáramú energiává.

Az autodin szerkezetét tekintve az egyarmaturás átalakítóhoz (konverter) áll a legközelebb. Ennek előnye, hogy kisebbek a méretei, a súlya és a helyszükséglete, jobb a hatásfoka és a teljesítménytényezője, mint a motor-generátor gépcsoportnak. Hátránya viszont, hogy az egyenfeszültsége merev kapcsolatban van a hálózati feszültséggel, míg az egyenáramú generátor feszültsége tág határok között változtatható.

Az autodin egyrészt rendelkezik a konverter előbb felsorolt előnyeivel, amellet a kimenő feszültsége fokozatmentesen szabályozható $-U_{\max}$ -tól nullán át $+U_{\max}$ -ig.

Röviden megemlítjük az autodin működési elvét. (Részletes leírása [1–3]-ban található.)

Vizsgáljunk olyan konvertert, amelynek az állórészén egyáltalán nincs tekercese. Ekkor az eredő fluxus első térbeli harmonikusát Φ_{1er} -t a forgórész I_{mer} mágnesező árama hozza létre. Mivel az állórészen nincs pólus, a mágneses vezetőképesség minden irányban egyenlő. Ily módon a forgórészgerjesztéssel létrehozott Φ_{1er} fluxus a térben tetszőleges szögben állhat. Nevezzük a továbbiakban a fluxusnak a hossz tengellyel bezárt szögét β -nak. A Φ_{1er} fluxus által indukált E_{1er} fázis EME az U_{1er} hálózati feszültséggel tart egyensúlyt, elhanyagolva a forgórész impedanciáját. A fluxus a forgórészhez képest, azzal ellentétes irányban, $\frac{60f}{p}$ szinkron sebességgel forog, és a forgórész fordulatszámától függően a következő esetek léphetnek fel:

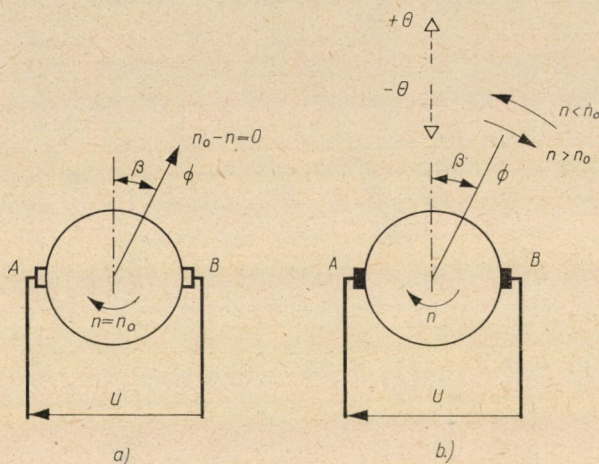
1. Ha $n < n_0$, a Φ_{1er} fluxus $n_0 - n$ sebességgel forog a térben. Mivel a β szög ekkor az idővel arányosan változik, a főkefék között mérhető feszültség szinusztörvény szerint fog változni, és frekvenciája ekkor $\frac{p(n_0 - n)}{60}$ lesz.

2. Ha $n > n_0$, hasonló az előbbi esethez, csak a fluxus ellentétes irányban forog a térben.

3. Ha $n = n_0$, a Φ_{ler} fluxus áll a térben és a szög állandó. A kefék között állandó nagyságú egyenfeszültség jelenik meg:

$$U = CU_{\text{ler}} \cos \beta .$$

A fenti üzemiállapotokat szemlélteti az 1. ábra.



1. ábra

(A rajzon jelölt ϕ helyesen Φ_{ler})

Az 1. és 2. eset az autodin átmeneti állapotának, a 3. az állandósult állapotnak felel meg.

Az első ránézésre az 1. és 2. eset irreális, mivel nincs olyan forgató nyomaték, amely a súrlódást kompenzálhatná. Ha azonban egyelőre feltesszük, hogy nincs súrlódó nyomaték és nincsenek belső nyomatékok (hiszterézis, reluktancia), akkor, ha a forgórész elérte a szinkron fordulatszámot, tehetetlenségénél fogva megtartja azt. Ekkor a Φ_{ler} fluxus helyzete tetszés szerinti lehet, azaz semleges egyensúlyi helyzetben lesz és az U egyenfeszültség $+U_{\text{max}} - U_{\text{max}}$ határok között tetszés szerinti értéket vehet fel.

Ha a gépre járulékos gerjesztést adunk, akkor ez a rendszer eléggé kis gerjesztésekre is igen érzékenyen reagál. A gép fluxusát létrehozó gerjesztéshez hozzáadódó többletgerjesztés hatására keletkező járulékos EME-re nézve a hálózat rövidrezárt, mivel az U_{ler} hálózati feszültség már egyensúlyban van az E_{ler} EME-vel. Ezért a forgórészben ún. kompenzációs áram fog folyni. Ha tehát az állórészre egy tekercsrendszert helyezünk el (vezérlőtekeres) és abban járulékos gerjesztést hozunk létre, akkor a forgórészben kompenzációs

áram keletkezik, amely idővektorának egyik összetevője egyirányú U_{ler} vektorával és nyomatékot hoz létre. Ennek hatására a forgórész forgási sebessége átmenetileg aszinkronná válik, és a forgórész olyan helyzetbe kerül, hogy kompenzációs áramnak nincs hatásos összetevője. Természetesen ezáltal a Φ_{ler} fluxus is elfordult a térben, és a keféken egy másik egyenfeszültség jelenik meg. Ily módon változtatható az autodin kapcsolásfeszültsége. Ha pedig még egy negatív visszacsatolást is alkalmazunk, önműködő szabályozó gépet kapunk.

Állórésztekercs nélküli autodint csak elvileg lehet elképzelni, akkor, ha a súrlódó nyomatékot és a belső nyomatékokat elhanyagoljuk. De a valóságban ezen belső nyomatékok kompenzálására, továbbá a forgórésznek a mágnesező áramtól való mentesítésére az autodinba a következő állórésztekercseket építjük be:

„G” *tekerendszer*: Az úgynevezett szlipgerjesztési tekercsrendszer. Ez gerjeszti a gép főfluxusát és ezzel mentesíti egyrészt a kommutációs zónákat a káros feszültségeket indukáló mezőktől, másrészt a forgórészt a gerjesztőáramtól, tehát a gép teljesítménytényezőjét javítja. A tekercsrendszert a gép armatúrája táplálja.

„S” *tekerendszer*: A súrlódásból származó fékező nyomatékot szünteti meg. Eredő gerjesztése térben a gép forgásirányát tekintve 90° -kal a gép főfluxusa előtt jár, tehát állandó motoros nyomatékot ad. Ez a nyomaték a tekercsrendszer méretezése folytán egyenlő a gép súrlódási nyomatékával. A tekercsrendszert a forgórészről tápláljuk.

„V” *tekerendszer*: Feszültségszabályozó autodinnál az U kapcsolásfeszültség és a külső U_0 referenciafeszültség különbségére kapcsoljuk (negatív visszacsatolás). Ezzel a rendszerrel változtatható vagy tartható egy kívánt értéken a gép kapcsolásfeszültsége. A kívánt kimenő egyenfeszültség az $U = U_0$ statikus szabályozási törvény szerint állítható be.

„SV” *tekerendszer*: Soros tekercsrendszer, áramszabályozó autodinnál. Szerepe ugyanaz, mint a „V” rendszeré a feszültségszabályozó autodinnál. Itt gerjesztéseket hasonlítunk össze.

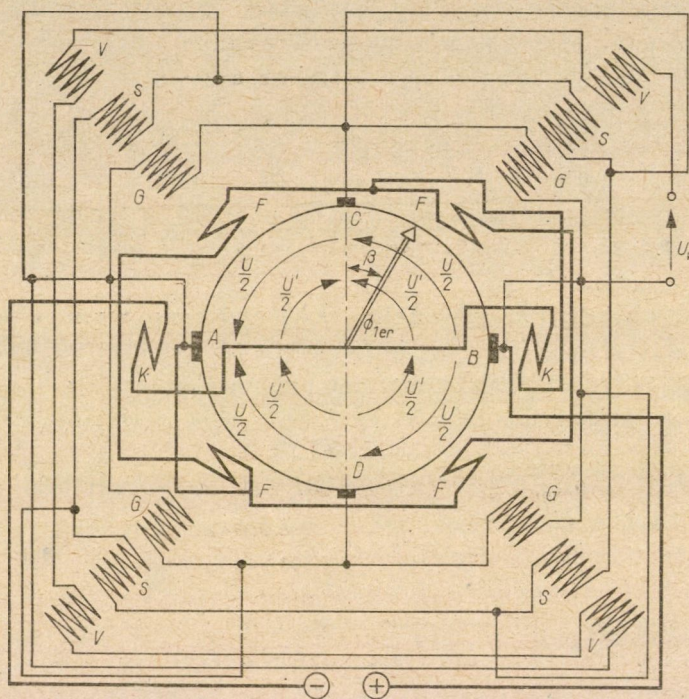
„K” *tekerendszer*: A segédpólus, illetve a segédpólus tekercselés rendeltetése ugyanaz, mint a közönséges egyenáramú gépekben.

„F” *tekerendszer*: A járulékos belső nyomatékok kompenzálására szolgál.

Az állórésztekercsek kapcsolását mutatja a 2. ábra.

Az autodin, mint említettük, különböző villamos jellemzőit tudja szabályozni (állandó értéken tartani vagy valamilyen jel szerint követni). Ilyen módon szerkeszthetők feszültségre, áramra vagy teljesítményre szabályozó autodinok. A gép kapcsolása és a különböző tekercsek kialakítása függ attól, milyen célra (feszültségre, áramra szabályozó) építjük az autodint. A különböző kialakítású autodinok más-más célt szolgálhatnak (pl. akkumulátor töltés, hegesztés, egyenáramú motorok táplálása stb.).

A különböző autodinajták közül a legfontosabb az állandó feszültségre szabályozó autodin. Ez a gép pl. teljes Ward-Leonard gépesoportot helyettesít. Egyesíti magában a generátort, hajtómotort, szabályozógépet, fázisjavítót és nagy teljesítmények esetén a gerjesztőgépet. Amellett teljesítményhatára igen nagy: 10 kW-tól több száz kW-ig. Köztudomású, hogy a többi erősítőgép építése és üzeme ilyen teljesítmények esetén súlyos nehézségekbe ütközik, vagy egyáltalán lehetetlen.



2. ábra

Az MTA Automatizálási Kutató Laboratórium erősítőgép csoportjának tervei alapján, a múlt évben készült 25 kW-os feszültségszabályozó autodin kísérleti vizsgálatai igazolták, hogy a gép alkalmas a fentebb említett feladatok elvégzésére.

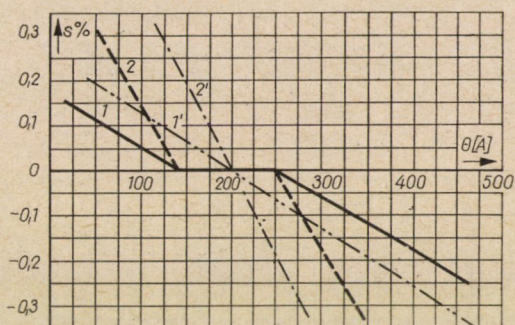
II. A 25 kW-os feszültségszabályozó autodin kísérleti eredményei

A gép főbb adatai: teljesítmény 25 kW; fordulatszám 3000 f/p; névleges egyenfeszültség 220 V; névleges egyenáram 114 A; váltakozófeszültség 380 V; hatásfok 83%; a gép súlya 474 kg.

A vizsgálatokat a következő csoportosításban végeztük: 1. az autodin indítása, 2. statikus vizsgálatok, 3. dinamikus vizsgálatok.

1. Az autodin indítása

Az autodint közvetlenül a hálózatról, forgórészén át táplált aszinkron motorként indítjuk. Az indítási és gyorsulási időszakban a forgórészhez képest szinkron fordulatszámmal forgó fluxus az állórész tekercseiben, nevezetesen az armaturán és a keféken át rövidrezárt G és S tekercsekben, továbbá az indítás tartamára e célból rövidrezárt V tekercsekben, valamint az állórész



3. ábra

vastestében feszültséget indukál. Ezek a feszültségek az állórésztekercsekben rövidzárási áramot, az állórész vastestében pedig örvényáramokat indítanak. Ezen áramok mágneses terének és a gép előbb említett forgó fluxusának kölcsönhatása eredményezi a gyorsító nyomatékot. A forgórész gyorsulása — tekintve, hogy a gépben súrlódási nyomaték kompenzálva van — a szinkron fordulatszám eléréséig tart. Ha a súrlódást kompenzáló tekercsrendszert kikapcsoljuk, akkor a gép a súrlódási veszteségeknek mint terhelésnek megfelelő szlippel, aszinkron motorként jár. A súrlódást kompenzáló tekercselést bekapcsolva és gerjesztését változtatva, változik a súrlódást kompenzáló nyomaték és ezzel a szlip. A mérés eredménye a 3. ábrán látható, ahol a szlippet a súrlódást kompenzáló tekercselés gerjesztésének függvényében ábrázoltuk. A 3. ábra (1 és 2) jelű diagramját vettük fel. Az 1 görbe felvételekor a gép rendes üzemi kapcsolásban működött, tehát az állórész minden tekercse be volt kapcsolva. A 2 görbe felvételéhez pedig a G szlipgerjesztési tekercsrendszert kikapcsoltuk.

A 2 görbe ordinátái láthatóan nagyobbak, mint az 1 görbéé. Ha ugyanis a szlipgerjesztési tekercsrendszert kikapcsoljuk, akkor ezzel a fent felsorolt, indító nyomatékot előidéző tekercsek számát csökkentjük. Ennek az indító

nyomatékcsökkenésnek következménye a megnövekedett szlip — a 2 görbe ordinátáinak növekedése az 1-hez képest.

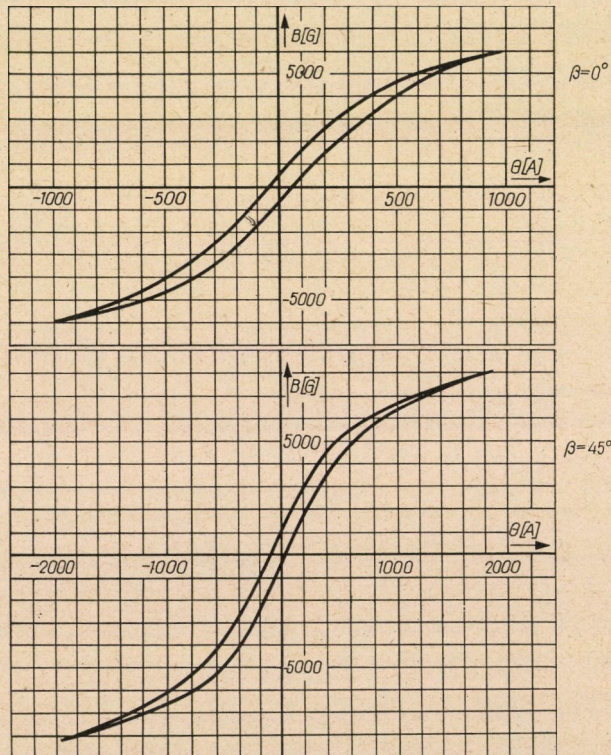
Tekintve, hogy a diagramok csak kis szlipekre (0—0,4%) vonatkoznak, a jelleggörbék gyakorlatilag egyenesek.

A görbék vízszintes szakasza a hiszterézis hatását mutatja. A hiszterézis nyomaték az abszcissza 0—200 A tartományában a súrlódás kompenzáló tekercselés Θ_s gerjesztésének hatásával egyező irányban, 200 A felett pedig Θ_s hatásával ellenkező irányban működik.

2. Statikus vizsgálatok

A statikus vizsgálatok a gép szabályozási pontosságának meghatározására szolgálnak.

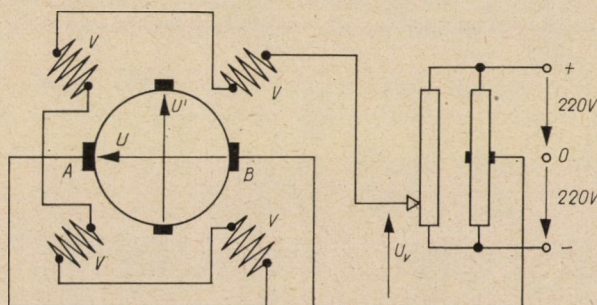
Kívülről motorral hajtva az autodint, generátoros üzemben felvettük a gép mágneses jelleggörbéit (4. ábra). Mivel a gép szabályozás közben aszinkron üzemben dolgozik és az ekkor keletkező hiszterézis nyomaték gátolja a szabályozást, a keskeny, kis teljesítményű hiszterézis hurok előnyös.



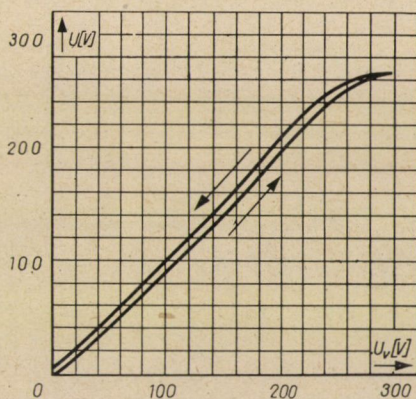
4. ábra

Először üresjárásban, majd terhelés alatt vizsgáltuk az autodin szabályozási pontosságát. Az 5. ábrán a negatív visszacsatolás látható.

Az egyes félpólusok* V vezérlőtekercsei sorba vannak kapcsolva. A gép működtethető úgynevezett soros-párhuzamos kapcsolásban is, ekkor a vezérlőtekercsek közül kettőt-kettőt sorba és az így kapott ágakat párhuzamosan



5. ábra



6. ábra

kapcsoljuk. Mivel ekkor a vezérlőkör eredő ellenállása a fele lesz, az alábbi képletből meggyőződhetünk, hogy adott I_v vezérlőáram esetén az $U_v - U$ hibafeszültség a fele lesz, mint soros kapcsolásnál:

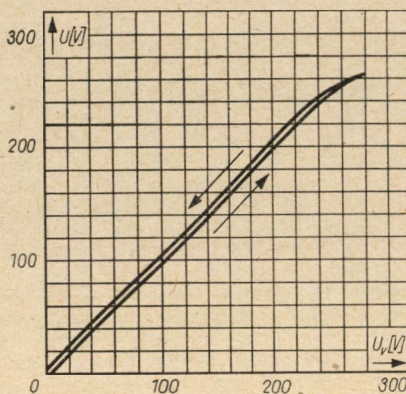
$$(U_v - U) - I_v r_v = 0 .$$

Soros — párhuzamos — kapcsolásnál viszont romlik a gép stabilitása.

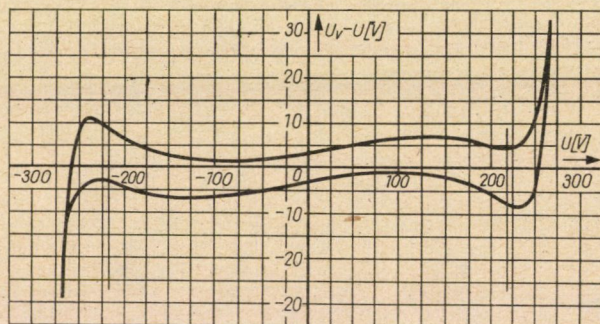
Ideális esetben $U_v - U = 0$, tehát vezérlőáram nem folyik. Vizsgálatunk célja felderíteni, mennyire közelíti meg az autodin különböző U kapocsfeszültségek mellett ezt az ideális szabályozási törvényt.

* Az autodinban négy félpólus van. A gerjesztések azonban úgy vannak beállítva, hogy az autodin kétpólusú gépként működik.

A mérés menete: az U_v vezérlőfeszültséget változtatva, mérjük az $U_v - U$ hibafeszültséget mind soros, mind pedig soros-párhuzamos vezérlőtekeres kapcsolásban. A méréseredményeket a 6., 7., 8., 9. ábrák ábrázolják. A 6. és 8. soros, a 7. és 9. pedig soros-párhuzamos kapcsolás esetén. A 6. és 7. ábrákra a gép kapocsfeszültségét vittük fel a vezérlőfeszültség függvényé-



7. ábra



8. ábra

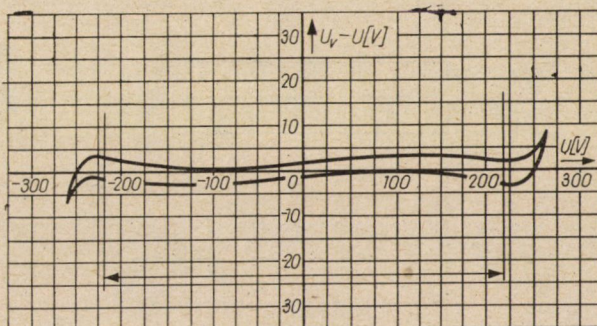
ben, a 8. és 9. ábrákra pedig a hibafeszültséget a kapocsfeszültség függvényében. Az U kapocsfeszültségnek az U_v vezérlőfeszültségtől való eltérést a gépben elkerülhetetlenül jelen levő hiszterézis nyomaték és reluktancia nyomaték együttes hatása okozza.

A 6. és 7., illetve 8. és 9. ábra összehasonlításakor kitűnik, hogy az $U = U_v$ szabályozási törvénytől való eltérés soros-párhuzamos vezérlőtekeresrendszer kapcsolás esetén fele akkora, mint a soros kapcsolás esetén, mint erre már az előzőekben utaltunk.

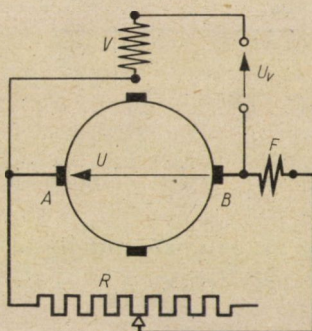
A 8. és 9. ábra görbéit tekintve, a hiszterézis nyomaték hatása külön is választható. Ezek a görbék ugyanis egy-egy hiszterézis görbe és egy-egy $\sin 4\beta$ -

val arányos görbe szuperpozíciójaként állíthatók elő. Az utóbbi a reluktancia nyomaték hatását tükrözi.

A reluktancia nyomaték keletkezésének az az oka, hogy a gép állórésze kiképzett félpólusokkal készült, és így a $\beta = 45^\circ$ -nak megfelelő fluxus helyzetben a mágneskör mágneses ellenállása valamivel kisebb, mint $\beta = 0$ és $\beta = 90^\circ$



9. ábra



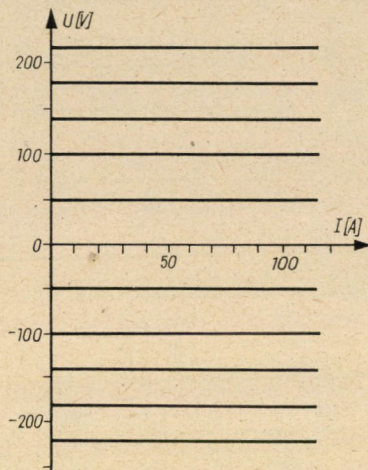
10. ábra

esetén. A közbenső szögeknek megfelelő helyzetben a mágneses ellenállás is közbenső értékeket vesz fel.

Terhelés esetén az $U = U_v$ szabályozási törvény pontosságát az egyenáramú terhelés hatására keletkező belső nyomatékok [6] (felharmonikusok, egyenáramú armaturagerjesztés stb.) hatására létrejövő nyomatékok rontanák. Ezeket a nyomatékokat az F tekercsrendszer soros gerjesztése által előidézett nyomaték kompenzálja, tehát az $U = U_v$ szabályozási törvénynek ugyanolyan pontossággal kell teljesülnie, mint a gép terheletlen állapotában.

A mérést a 10. ábra szerinti kapcsolásban végeztük. A mérés menete: U_v vezérlőfeszültséggel beállítottuk az U kapocsfeszültséget egy meghatározott értékre, majd az R ellenállás változtatásával változtattuk az I terhelő-

áramot. Az I áram változásakor az U feszültségnek a beállított állandó értéken kell maradnia. A 11. ábrán láthatók a mérés eredményei. Látható, hogy a gép kapocsfeszültsége a terhelőáram változásakor igen jó közelítéssel állandó marad. Az eltérés a beállított feszültség százalékában kifejezve legfeljebb 2%. (Meggjegyezzük, hogy motorterheléssel végzett kísérletek ugyanazt az eredményt adják.)



11. ábra

3. Dinamikai vizsgálatok

Az állandó feszültségre szabályozó autodin átviteli függvénye a gép működési elve és kapcsolása alapján felírva a következő:

$$\frac{\Delta U(p)}{\Delta U_v(p)} = \frac{1 - K_1 p + (C - 4r_v) K_2 p^2}{1 + K_3 p + K_2 C_p^2 + K_2 C p^3}$$

ahol

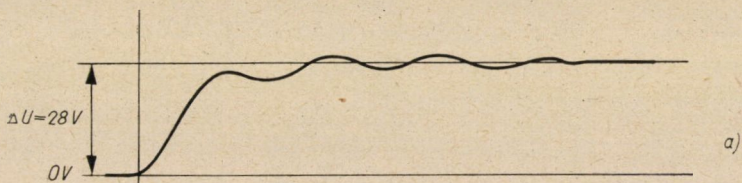
ΔU az autodin kapocsfeszültségének változása,

ΔU_v a vezérlőfeszültség ugrásszerű változása,

K_1, K_2, K_3, C, D, r_v gépállandók.

A felírt átviteli függvény csak a következő feltételezések mellett érvényes:

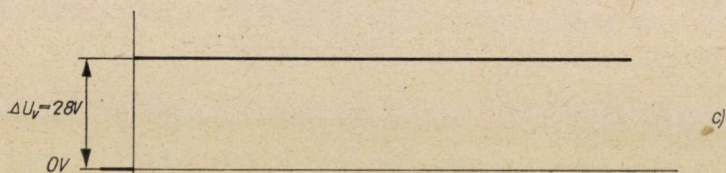
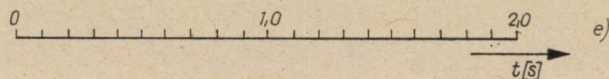
1. A fluxus térbeli helyzete $\beta = 90^\circ$ vagy ennek elegendően kicsiny környezete. Az átviteli függvény levezetésekor ugyanis az egyszerűség kedvéért elhanyagoltuk a fluxusváltozással a szlipgerjesztési tekercsrendszerben előidézett keresztirányú csillapítóáramot. Ennek a csillapítóáramnak a hatása pedig csak $\beta = 90^\circ$ fluxushelyzet környezetében olyan kicsi, hogy az elhanyagolása nem okoz észrevehető hibát.



Az átmeneti függvény matematikai megoldása



Az U kapcsolófeszültség oszcillogramja

 U_v vezérlő feszültség I_v vezérlő áram

12. ábra

2. Az átviteli függvény levezetésekor azt is feltettük, hogy a ΔU_v feszültségugrás és ennek következtében a ΔU feszültségváltozás is kicsi. Erre a feltételre a differenciálegyenlet linearitása érdekében volt szükség.

Az állandók a gép villamos, mágneses és mechanikai adataiból kiszámíthatók. Az így kapott eredményeket behelyettesítve, a karakterisztikus egyenlet gyökeit meghatározva és a visszatranszformálást elvégezve a következő időfüggvényt kapjuk:

$$U(t) = \Delta U_v [1 - 0,994 \exp(-4,8 t) - \exp(-1,205 t) (0,0185 \cos 14,05 t + 0,187 \sin 14,05 t)].$$

A mérést $\beta = 90^\circ$ fluxushelyzetben (az 1. feltételnek megfelelően) $U = 0V$ -nál végeztük. A vezérlőtekercsre $\Delta U_v = 28 V$ feszültségugrást adtunk. Ez a fluxus térbeli helyzetére nézve

$$\beta = 90^\circ - \arccos \frac{\Delta U}{U_{\max}} = 6^\circ 35'$$

szögváltozásnak felel meg. Itt $U_{\max} = 246 V$, a gép legnagyobb egyenfeszültsége.

A 12. ábrán a számított és mért eredmények hasonlíthatók össze. A 12a ábra a számítás útján kapott tranziens időfüggvényt, a 12b a hurkos oszcillográffal mért (és fényképezett) felfutást, a 12c a vezérlőfeszültségváltozást, a 12d pedig a vezérlőáramváltozást mutatja. Az ábrákból látható, hogy a számítás útján felrajzolt görbe és a fényképezett oszcillogram menete jól egyezik és mindkettő az autodin stabilis működését bizonyítja.

III. 50 kW-os autodin méretezése

A 25 kW-os autodinnal elért eredmények arra indítottak, hogy további, nagyobb teljesítményű gépet tervezzünk. A teljesítménysorban az 50 kW-os gép az utolsó, amely még 3000/perc fordulatszámmal készíthető.

Mivel ez a gép még nem készült el, csak számítási adatokat közölhetünk.

A gép fő adatai:

1. Villamos és mágneses adatok:

Névleges egyenáramú teljesítmény	50 kW
Névleges egyenáram	227,5 A
Névleges egyenfeszültség	220 V
Váltakozóáramú hálózati feszültség	380 V, 50 Hz
Légrésindukció	4400 G
Kerületi egyenáram	209 A/cm
Kerületi váltakozóáram	217,5 A/cm
Hatásfok	86,8%
Stabilitási tartalékot kifejező tényező	2,76

2. Mechanikai adatok:

Forgórész-átmérő	270 mm
Forgórész-hossz	310 mm
Külső átmérő	522 mm
Légrés	1,2 mm
Segédpólus-légrés	4 mm
Horonyszám	39

A 25 kW-os autodin kísérleti vizsgálatáról az 1960. évi IFAC kongresszuson előadást tartottunk, a gépet magát pedig mind az IFAC alkalmából rendezett kiállításon, mind a moszkvai magyar ipari kiállításon bemutattuk,

ahol külföldi és magyar szakemberek tekintették meg. A szovjet szakemberek érdeklődését felkeltette és több gépet megrendeltek.

További célkitűzésünk nagyobb, több száz kW teljesítményű autodinok tervezése, kísérleti vizsgálatának elvégzése és az iparnak való átadása.

IRODALOM

1. BENEDIKT, O.: Einige Elemente der Theorie der neuen elektrischen Maschine „Autodyne”. *E. u. M.*, 76 (1959) H. 17.
2. BENEDIKT, O.: Einige prinzipielle Schaltungschemas der Autodyne. *E. u. M.*, 76 (1959), H. 20.
3. BENEDIKT, O. V.: Nekotorüje voproszü teorii elektricseszkoj masinü tipa avtodin. *Elektricseszto*, No. 8., 1958.
4. BENEDIKT, O. V.: Nekotorüje osznovnüje szhemü avtodina. *Elektricseszto*, No. 11., 1958.
5. CSÁKI, FEKETE, BORKA: A 25 kW-os feszültségszabályozó autodin kísérleti vizsgálata. *IFAC* (1960).
6. BENEDIKT, O.: Die neue elektrische Maschine „Autodyne” 1957; The Autodyne, a new electrical machine, 1960.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az autodin szerkezetileg a konverterhez hasonlít, amennyiben háromfázisú váltakozó-áramú energiát közvetlenül — mechanikai energia közbeiktatása nélkül — egyenáramú energiává alakít át. A feszültségszabályozó autodin ezenfelül a kimenő feszültségét + maximumtól nullán át — maximumig megadott törvényszerűség szerint folyamatosan tudja változtatni vagy állandó értéken tartani. Az autodin állórészén néhány speciális rendeltetésű tekercs van, amelyek részint a szinkron-futás és a jó kommutáció biztosítására, részint pedig a vezérléshez szükségesek.

A cikkben közöljük a 25 kW feszültségszabályozó autodin kísérleti eredményeit: az autodin indítását, a statikus vizsgálatokat (szabályozási pontosság) és a dinamikus vizsgálatokat (tranzien viselkedés).



HALL-GENERÁTORRAL MŰKÖDŐ VÁLTAKOZÓ ÁRAMÚ TELJESÍTMÉNY-TÁVMÉRŐ

VÖRÖS KÁROLY

VILLAMOS ENERGETIKAI KUTATÓ INTÉZET

Bevezetés

A villamos energiarendszer rohamos fejlődése és az energiatermelés központi irányítása elengedhetetlenül kívánja a kooperáló hálózat üzemviteli szempontból fontos pontjain levő villamos jellemzők ismeretét. A villamos energiatermelés és elosztás érdekében a központi teherelosztónak állandóan tudnia kell az irányítása alatt levő erőművek valós és meddő teljesítményét, egyes távvezetőszakaszok, illetve alállomások terhelését. Szükségessé válhat még a hálózat néhány fontos pontjáról a feszültség és a frekvencia ismerete is.

Egyre gyakrabban merül fel a távvezérelt, felügyelet nélküli állomások építésének szükségessége, ezek szintén nem valósíthatók meg távmérés nélkül.

A fenti feladatok megoldása a távmérő berendezésekkel szemben fokozott követelményeket támaszt, melyek között legfontosabb a mérési pontosság és üzembiztonság növelése. Nem elhanyagolható kívánalom a berendezésekkel szemben a könnyű hitelesítés, a minimális karbantartási idő, valamint az esetleges meghibásodások gyors kiküszöbölése.

A teljesítmény-távmérés megvalósításának nehézsége az, hogy ehhez két villamosmennyiség szorzatának képzése szükséges. A szorzás elvégzésére a teljesítménymérők, illetve a fogyasztásmérők alkalmasak. Az utóbbi felhasználási területét igen szűkíti az a körülmény, hogy a teljesítményt körforgással alakítja át, és ezáltal a részteljesítmények összegezése csak bonyolult módon oldható meg.

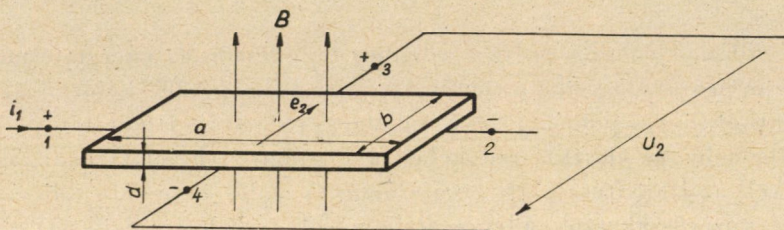
Az elektromos energiahálózatban használatos távmérőrendszerek többsége a mérendő teljesítménnyel arányos egyenáramot állít elő. Mérőrendszerként wattmérőt használnak, amelynek forgórésze által adott nyomatékát egy másik műszer forgórésze kompenzálja. A kompenzáló műszer az egyenáramú körbe van beiktatva. A berendezésekben általában elektroncsöves erősítőket alkalmaznak.

Az utóbbi időben igen kiterjedt kutatás folyik az úgynevezett galvanomágneses effektus (Hall-effektus) felhasználására, melynek segítségével szintén elő lehet állítani két villamosmennyiség szorzatát. Eddig a Hall-effektus alkalmazása megfelelő anyag hiányában nem volt lehetséges, mivel a rendelkezésre álló anyagok által szolgáltatott teljesítmény olyan kicsi volt, hogy

gyakorlati műszerek készítésére nem volt alkalmas. Jelenleg rendelkezésünkre áll olyan anyag, amelynek segítségével villamos teljesítmény mérése a szükséges követelmények mellett megoldható.

Hall-effektus — Hall-generátor

1879-ben E. H. HALL amerikai fizikus új jelenséget fedezett fel, amelyet róla Hall-effektusnak neveztek el. A fizikai jelenség a következő:



1. ábra

Ha megfelelő anyagból készült lemezen — melynek vastagsága d , és az a hossza a b szélességéhez képest igen nagy — hosszában áramot bocsátunk keresztül, és a lemez síkjára merőlegesen B mágneses indukciót létesítünk, akkor az áram és a mágneses tér együttes hatására a keskenyebbik oldalon (az 1. ábrán 3,4-del jelölt kivezetéseken) feszültség jelenik meg, melynek értéke:

$$e_2 = \frac{R_h}{d} i_1 B, \quad (1)$$

ahol

e_2 a Hall-elektromotoros erő V-ban,

i_1 a vezérlőáram A-ban,

B a mágneses indukció V. s/cm²,

R_h az anyagállandó (Hall-állandó) cm³/As.

A lemezből és a hozzá tartozó négy elektródából kiképzett elektromos rendszert Hall-generátornak nevezzük.

Az igen hosszú és keskeny lemez — amelyre az (1) összefüggés egzaktul igaz — gyakorlatban nem valósítható meg.

Megvalósított Hall-generátornál a Hall-elektromotoros erőt az alábbi kifejezéssel adhatjuk meg:

$$e_2 = K_0 i_1 B. \quad (2)$$

A K_0 tényező a használt anyagnak, az elektródák méreteinek és kialakításának, a lemez méreteinek, valamint a mágneses indukciónak a függvénye.

A Hall-generátor méreteinek, a mágneses indukciónak és a szekunder oldali terhelő ellenállásnak megfelelő megválasztásával elérhető, hogy a Hall-feszültség a megengedhető mérési hibán belül arányos legyen a vezérlőáram és a mágneses indukció szorzatával. A kereskedelemben a fenti követelményeket kielégítő Hall-generátorok kaphatók.

A kísérletek elvégzéséhez rendelkezésünkre áll egy Siemens-gyártású MB. 26 EI 38/MU típusjelzésű Hall-generátoros szorzóelem, melynek főbb adatai az alábbiak:

Maximális mágneses indukció	$B_{\max} = 3 \text{ KG};$
maximális vezérlőáram	$i_{1\max} = 500 \text{ mA};$
vezérlő oldali belső ellenállás	$R_{1\bar{0}} = 2,31 \text{ ohm};$
Hall-oldali belső ellenállás	$R_{2\bar{0}} = 1,89 \text{ ohm};$
Hall-elektromotoros erő $\Theta = 70 \text{ A}$ gerjesztésnél és $i_1 = 500 \text{ mA}$ vezérlőáramnál	$e_{2\max} = 200 \text{ mV};$
szorzási hiba $R_{2\text{lin}}$ -val történő lezárásnál	$F_1 = 0,3 \text{ \%}.$

Hall-generátor alkalmazása háromfázisú váltakozóáramú teljesítmény mérésére

Mint az előzőkből látható, a Hall-generátor szekunder oldali feszültsége arányos a primer oldalon bevezetett két villamosmennyiség pillanatértékének szorzatával. Ez a körülmény lehetővé teszi, hogy váltakozóáramú rendszerekben teljesítménymérőként alkalmazzuk. Amennyiben a háromfázisú rendszer négyvezetékes és szimmetrikus terhelésű, a Hall-generátor segítségével — megfelelő kiegészítő áramkörök felhasználásával — négyféle alkapcsolásban mérhetünk hasznos teljesítményt. Ezen alkapcsolások közül az egyik gyakorlatilag nehezen kivitelezhető, ezért a továbbiakban csak három alkapcsolásról fogunk beszélni.

Háromvezetékes aszimmetrikus terhelésű hálózatban az Aron-kapcsolásnak megfelelően Hall-generátorokkal is felépíthetünk hasznos teljesítményt mérő rendszert, amelyhez az előbbieken említett alkapcsolásokat használhatjuk fel. A négyvezetékes aszimmetrikus terhelésű hálózat hasznos teljesítményének méréséhez legalább három Hall-generátor szükséges. A háromfázisú rendszerekben a meddő teljesítmény mérésére hasonló megfontolások alapján szintén használhatjuk a Hall-generátort. Meg kell jegyeznünk, hogy a Hall-generátorok segítségével háromvezetékes aszimmetrikus terhelésű hálózatban a meddő teljesítmény is meghatározható az Aron-kapcsolás segítségével anélkül, hogy speciális áramköri kiegészítésre volna szükség.

A mellékelt táblázatban feltüntettük az említett három alkapcsolást a hozzá tartozó egyenletekkel együtt. Az alkapcsolásokba berajzoltuk a méréshez szükséges kompenzáló elemeket is. Ezen kompenzáló elemek beik-

tatása egyrészt a mágnesező tekercs fázistolása, másrészt a Hall-generátor paramétereinek indukció-, illetve hőmérsékletfüggése miatt szükséges.

A hálózati frekvencia, a mágneses indukció és a környezeti hőmérséklet változása következtében mutatkozó szorzási hibát mindhárom alapkapsolásban megvizsgáltuk a táblázatban feltüntetett értékek alapján. A kapott eredmények a következők: A táblázat 1. és 2. alapkapsolása független a hálózati frekvencia változásától, míg a 3. sz. alapkapsolásnál kisebb mértékű szöghiba mutatkozik. Az indukció változása következtében mutatkozó szorzási hiba az alkalmazott indukció maximális értékétől függ, melynek megfelelő választásával elérhető, hogy a szorzás pontossága jobb legyen, mint a gyár részéről megadott maximális szorzási hiba. A környezeti hőfok változásából eredő szorzási hiba megfelelő kompenzáló elemekkel széles határon belül annyira csökkenthető, hogy a mérést egyáltalában nem befolyásolja.

A villamos energiarendszerben használatos teljesítmény-távmérők által szolgáltatott egyenáram 1—20 mA közé esik a mért teljesítménytől függően. Általában olyan léptéket használnak, hogy 1 mA egyenáramnak 10 MW felel meg. A Hall-generátoros teljesítménymérőnek a rendszerbe való illesztése céljából egyenáram erősítőt kell alkalmazni. Az erősítőnek az alábbi követelményeket kell kielégíteni:

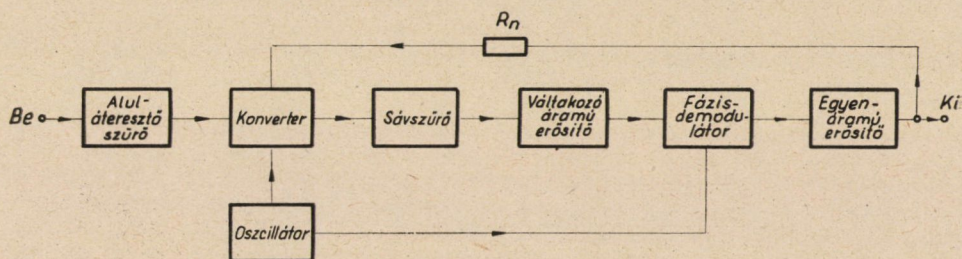
- a) az erősítő linearitása jobb legyen, mint 0,1% a végértékre vonatkoztatva,
- b) nullpont stabilitása nagyobb legyen, mint 0,1% a végértékre vonatkoztatva,
- c) túlvezérléssel szemben érzéketlennek kell lennie,
- d) a folyamatos üzem miatt lehetőleg ne tartalmazzon elhasználódó alkatrészeket,
- e) évenként legfeljebb kétszer igényeljen karbantartást, illetve ellenőrzést,
- f) esetleges meghibásodása gyorsan elhárítható legyen,
- g) a tápfeszültség ingadozás ne befolyásolja a mérés pontosságát.

A felsorolt követelmények figyelembevételével megterveztünk és kivitelezteünk egy egyenáramú erősítőt. Az erősítő tömbvázlatát a 2. ábrán közöljük. Működése röviden a következő:

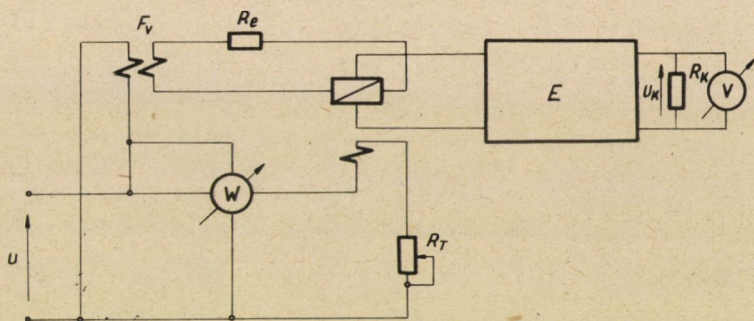
A Hall-generátorral szolgáltatott jelet aluláteresztő szűrőn keresztül juttatjuk a mágneses konverterre, amely az egyenáramú összetevőt az oszcillátorral szolgáltatott jel frekvenciájának kétszeresére alakítja át. A konverter kimenetén megjelenő feszültség amplitúdója az egyenáram nagyságától, fázisa a bemenő jel előjelétől függ. A sávszűrő a konverter aszimmetriája következtében keletkező páratlan felharmonikusok csillapítására szolgál. A váltakozóáramú erősítő a fázisdemodulátorhoz csatlakozik, amely az egyenáramú erősítőt hajtja. A kimenetről megfelelő mértékű negatív visszacsatolás biztosítja az erősítő stabilitását és linearitását.

A 3. ábrán látható kapcsolási vázlat szerint összeállítottuk a teljesítménymérőt.

Az R_T terhelő ellenállás által felvett teljesítményt 0,1 osztályú watt mérővel mértük. Az erősítő kimenő feszültségét szintén 0,1 osztályú voltmérővel mértük. Az F_V feszültségváltó segítségével szigeteltük a hálózattól a mérő berendezést és állítottuk be a vezérlőáram létrehozásához szükséges feszült



2. ábra



3. ábra

séget. Az E erősítő magában foglalja a Hall-generátor $R_{2 \text{ lin}}$ terhelő ellenállását az aluláteresztő szűrőt, az erősítőt, az oszcillátort és a negatív visszacsatolást. Az R_K ellenállást úgy választottuk, hogy az erősítőt a kivehető maximális áramerősséggel terhelje.

Az U_K feszültség és a W wattmérővel mért teljesítményből számítható a Hall-generátoros teljesítménymérő hibája. A 4. ábra a relatív százalékos hibát ábrázolja a teljesítménymérővel mért teljesítmény függvényében. A relatív hiba kifejezése:

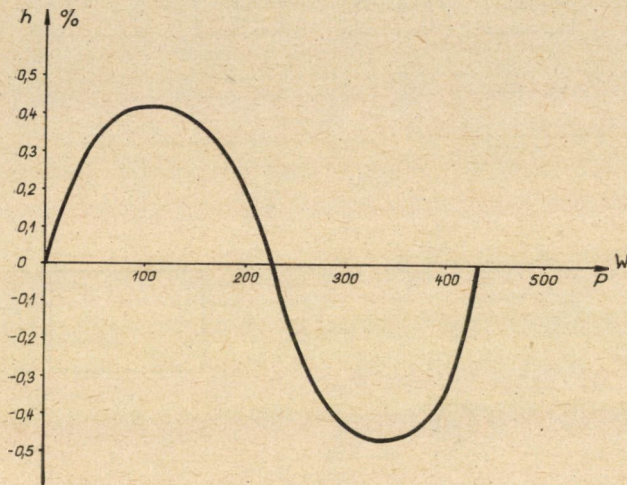
$$h = \frac{\Delta P}{P_{\max}} - \frac{\Delta U_K}{U_{K\max}} \frac{1}{100} \% \quad (3)$$

A görbétől kitűnik, hogy a mérési hiba — a számításoknak megfelelően — a $\pm 0,5\%$ -ot nem haladja meg.

Az eredmény értékelésénél természetesen figyelembe kell venni, hogy a méréshez használt wattmérő és voltmérő 0,1 osztályú, tehát azok mérési pontossága a Hall-generátoros teljesítménymérő pontosságának nagyságrendjébe esik.

A Hall-generátoros teljesítménymérő által a mérendő hálózathoz felvett teljesítmény két részből adódik össze. A tekercs gerjesztéséhez szükséges maximális teljesítmény:

$$P_g = 0,26 \text{ VA} .$$



4. ábra

A vezérlőáram létrehozásához szükséges maximális teljesítmény:

$$P_{I_1} = 1 \text{ W} .$$

A Hall-generátoros teljesítmény-táv mérés használatát az alábbi tulajdonságok teszik előnyössé:

1. Nem tartalmaz mozgó alkatrészt.
2. A Hall-generátor vezérlő körei rövid ideig károsodás nélkül túlterhelhetők.
3. Mérési pontossága 0,5%, ami kielégíti a távméréssel szemben támasztott igényeket.
4. Az erősítő nem tartalmaz elhasználódó alkatrészeket (pl. elektroncső), ezért a karbantartási és hitelesítési munkák a minimumra csökkenthetők.
5. A távmérésben alkalmazott elemek csereszabatosak. Ez a tulajdonságuk igen meggyorsítja a távmérésben esetleg bekövetkező meghibásodás elhárítását, mert a helyszínen történő javítás helyett csak a meghibásodott elemet kell a tartalékra kicserélni.

Sorsz.	Alapkapcsolás	\bar{J}	\bar{B}	U_2	U_k
1		$\frac{\bar{U}_c}{\bar{u}} \cdot \frac{1}{R_{l\bar{u}} + R}$	$\frac{A_L n}{q_v} \cdot \bar{J}_c$	$\frac{A_L n}{2 q_v \bar{u} (R_{l\bar{u}} + R)} \cdot K_1 \varrho_e [\bar{J}_c \bar{U}_c^*]$	$\frac{R_n + R_c}{R_c} \cdot \frac{A_L n}{q_v \bar{u} (R_{l\bar{u}} + R)} \cdot \frac{K_1 \varrho_e [\bar{J}_c \bar{U}_c^*]}{2}$
2		$-j \frac{\bar{J}_c}{\bar{u}} \cdot \frac{\rho L}{\rho L + R + R_{l\bar{u}}}$	$\frac{\sqrt{3} A_L n (\bar{U}_B - \bar{U}_A)}{q_v (\rho L g + R_V)}$	$\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{A_L n}{\bar{u} q_v} \cdot \frac{K_1 \mathcal{I}_m [(\bar{U}_B - \bar{U}_A) \bar{J}_c^*]}{\frac{\omega_0 L g}{R_V} + \frac{R + R_{l\bar{u}}}{\omega_0 L g}}$	$\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{R_n + R_c}{R_V R_c} \cdot \frac{A_L n}{\bar{u} q_v} \cdot \frac{K_1 \mathcal{I}_m [(\bar{U}_B - \bar{U}_A) \bar{J}_c^*]}{\frac{\omega_0 L g}{R_V} + \frac{R + R_{l\bar{u}}}{\omega_0 L}}$
3		$\frac{\bar{J}_c}{\bar{u}}$	$\frac{A_L n}{q_v} \cdot \frac{\bar{U}_c}{R + R_V}$	$\frac{A_L n}{\bar{u} q_v} \cdot \frac{K_1}{(R + R_V) 2} \varrho_e [\bar{J}_c \bar{U}_c^*]$	$\frac{R_n + R_c}{R_c} \cdot \frac{A_L n}{R + R_V} \cdot \frac{K_1 \varrho_e [\bar{J}_c \bar{U}_c^*]}{2}$

5. ábra

ÖSSZEFOGLALÁS

Ismertetésre kerül a szerző által távmérésekre kidolgozott mérőátalakító. A háromfázisú villamos energiarendszerben alkalmazható különböző típusú kapcsolásokat elemzi pontosság, frekvenciafüggés és hőfokfüggés szempontjából. Megállapítja, hogy a Hall-generátoros teljesítmény-mérőátalakítóval a villamos energiarendszer igényei megfelelő pontossággal kielégíthetők.

Az alkalmazott egyenáramú erősítő nagy stabilitású, félvezetős elemekből felépített, nemlineáris mágneses karakterisztikán alapuló rendszer. Az ismertetett mérésből kitűnik, hogy a teljesítmény-mérőátalakító pontossága az egyenáramú erősítővel együtt $\pm 0,5\%$ -on belül van.

A TÚLHEVÍTETT GŐZ HŐMÉRSÉKLETÉNEK SZABÁLYOZÁSA

SZALAY JÓZSEF

VILLAMOS ENERGETIKAI KUTATÓ INTÉZET

A korszerű, nagyhőmérsékletű és nagynyomású gőzt fejlesztő kazán összes fűtőfelületének nagyobb része (50—65%-a) esik a túlhevítőre. A túlhevített gőz hőmérsékletének névleges értékét a kazán tervezője úgy választja, hogy a rendelkezésre álló szerkezeti anyagok a megengedett határig ki legyenek használva, természetesen az üzembiztonság szemmel tartásával. A névleges értéktől való eltérés mindkét irányban káros.

A gőzhőmérséklet eltérése felfelé a szerkezeti anyagok szilárdságát, megengedhető igénybevételét csökkenti, a lefelé való eltérés pedig a körfolyamat hatásfokát rontja, mert a turbinában kihasználható hőesés csökken. Emellett az expanzióvonal a nagyobb gőznedvesség felé tolódik el, ami a turbina utolsó lapátsoraira kedvezőtlen.

A túl gyors hőmérsékletváltozás a belső feszültségeken kívül az egymáshoz illeszkedő szerkezeti anyagok eltérő hőtágulási tényezői miatt feszüléseket vagy kotyogásokat okozhat. Legveszedelmesebb a turbina járólapátjainak súrlódása a vezetőlapátokon és a házon, mert ez a lapátok sérülését, sőt törését okozhatja. Hasonlóképpen veszélyben foroghat a tömszelence is. A túl gyors lehűlés (pl. a vízütés) katasztrofális következményei jól ismertek.

A túlhevített gőz hőmérsékletét az említett okok miatt igen szűk határok között kell tartani. A második nem kevésbé fontos feladat, hogy a szabályozott jellemző lengései közel periodikus zavarások esetén is jól csillapítottak legyenek. A szabályozás iránt támasztott követelmények igen szigorúak és a nehézségeket még növelik egyrészt a felfutási és a holtidők, másrészt a sokfajta zavarás. Az első feladat teljesítését az érzékelő szervek érzékelési pontatlansága nehezíti. Ez a pontatlanság a megengedett maradó eltérésnek legfeljebb 5%-a lehet. Ez nagyon szigorú feltétel, mert a gőzhőmérséklet maradó eltéréseinek $\pm 1\%$ -on belül, azaz 500 C° -nál $\pm 5\text{ C}^\circ$ -on belül kell maradnia. A tűrhető érzékelési pontatlanság tehát az alapértéknek mindössze 0,05%-a. Ily nagymérvű pontosság — a helyes mérés egyéb feltételeinek teljesítése mellett — csak kompenzációs módszerrel érhető el.

A jelenleg használatos gőzhőmérsékletszabályozók általában még a kitéréses módszert alkalmazzák az ellenőrző jel képzésére. Az elkövetett hibát

azért nem vesszük észre, mert a vizuális ellenőrzésre sem a kompenzációs módszert, hanem a legjobb esetben a 0,1 osztályú, kitéréses mutató műszereket használjuk.

Az átmeneti szabályozási eltérés hatásos csökkentése végett az érzékelő szerv saját felfutási ideje (a jelzési késés) legalább egy nagyságrenddel rövidebb legyen a szabályozott szakasz jellemző időihez (holtidő, lappangási idő, felfutási idő) képest. A gőzhőmérséklet érzékelésére a ma használatos szabályozókban villamos (hőelem, ellenállás) vagy mechanikai (tágulócsöves) érzékelőket találunk. Ezek felfutási ideje megfelel az imént említett feltételnek, ha azt helytelen elhelyezés vagy túl vastag tokozás meg nem hosszabbítja.

Az érzékelési késés csökkentésének, azaz a szabályozás minőségi javításának hatásos módját, a zavaró jellemzők bevonását a túlhevített gőz hőmérsékletszabályozásában csak bizonyos feltételekkel lehet alkalmazni. Éppen a legfontosabb zavarás, a gőzárám változása és a túlhevített gőz hőmérséklete — mint szabályozott jellemző — között az összefüggés nem arányos, sőt gyakran nem is egyértelmű, ha a kazánnak besugárzott túlhevítője is van az érintkezős túlhevítőn kívül. Márpedig a korszerű kazán mind nagyobb arányban tartalmaz besugárzott fűtőfelületeket, tehát besugárzott túlhevítőt is. Az érintkezős és a besugárzott túlhevítők ellentétes lefolyású jelleggörbéje megkönnyíti ugyan a szabályozó feladatát, viszont kizárhatja a gőzmennyiségnek mint zavaró jellemzőnek a bevonását. Erre csak akkor nyílik lehetőség, ha a túlhevített gőz hőmérséklete és a túlhevítőn áthaladó gőzárám között az összefüggés, ha nem is lineáris, de legalább egyértelmű, vagyis az eredő jelleggörbének nincs vízszintes érintője.

A másik fontos zavarás a túlhevítővel közölt hőmennyiség változása, a füstgáz mennyiségének vagy hőmérsékletének a változása miatt. Mindkettőnek a mérése nagyon nehéz feladat. A mennyiség mérését az elpiszkolódás és a hőmérséklet ingadozása, a hőmérséklet mérését pedig az egyenlőtlen eloszlás, de leginkább a magas hőmérséklet nehezíti, mert 700—800 C°-os környezetben a hőelem vagy az ellenállás hőmérő néhány nap alatt tönkremegy. Ezért mind a füstgázmennyiségnek, mind a füstgázhőmérsékletnek legfeljebb a változási sebessége (D-hatás) vonható be a szabályozásba. Ugyanígy használják fel egyes cégek a gőzmennyiség változási sebességét zavaró jellemzőként bevonva.

Több sikert ígér a kisegítő jellemzők bevonása, P- vagy D-hatással, a többkörös (kaskád) szabályozás és a túlhevítő felbontása több szabályozott szakaszra. Kisegítő jellemzőként elsősorban a közvetlenül a hűtő után mért hőmérséklet jöhet szóba, ha a beavatkozás a szabályozott szakaszba belépő gőz hőmérsékletét hűtéssel befolyásolja. A kaskád szabályozás ennek a továbbfejlesztése. A túlhevítő felbontása kényszerűen adódik abból a tényből, hogy 500 C°-nál nagyobb hőmérsékletű gőzt fejlesztő kazán túlhevítőjét már kazán-technikai okokból is több sorbakapcsolt szakaszra kell felosztani.

A gőzhőmérsékletszabályozás érdekes vonása, hogy a beavatkozás —

a többi kazánszabályozási körtől eltérően — nemcsak egyféleképpen lehetséges. A beavatkozás célja a zavarás hatásának a kiküszöbölése. A célszerű beavatkozási módot tehát a zavaró hatások ismeretében lehet kiválasztani.

A szabályozott jellemző tartós értékét támadó *legfontosabb zavarások*:

a) a túlhevítőbe mint szabályozott szakaszba belépő gőz hőmérsékletének (Θ) a változása;

b) a túlhevítőn áthaladó hőáramnak (Q), vagyis a füstgázból felvett hőmennyiségnek a változása;

c) a túlhevítőn áthaladó gőzáramnak (G), tehát a kazánterhelésnek a változása.

A belépő gőz *hőmérsékletének változása* az első pillanatban csak a túlhevítő elején jelentkezik. A változás különböző sebességgel halad végig a gőzáramban és a túlhevítő csőfalban. A nagy gőzsebesség miatt (20—40 m/s) az áthaladási (valóságos) holtidő igen rövid, nagyságrendben azonos az érzékelő szerv jelzési késésével s emiatt attól nehezen választható el. Ez a holtidő gyakorlatilag független a belépési hőmérsékletváltozás nagyságától és csak a túlhevítőszakasz hosszától és a gőzáramtól (a terheléstől) függ. Ezzel szemben a csőfalban a hőmérsékletváltozás terjedési sebessége csak töredéke a gőzsebességnek. A csőfal csak fokozatosan veszi fel a gőzáram változott hőmérsékletét, emiatt a gőz áthaladási idejének többszöröse kell ahhoz, hogy új egyensúlyi állapot következék be. A valóságos holtidőhöz a csőfal melegedésétől függő késési idő csatlakozik. Ez utóbbi lényegében a túlhevítő csőanyagának mint tárolónak a töltése (ürítése) miatt mutatkozik.

A füstgőzáramból felvett hő, a *fűtés változásakor* a hőbevezetés a túlhevítő egész hosszában majdnem egyidejűleg változik; a kilépő gőz hőmérséklete is gyakorlatilag késés nélkül kezd változni, és a túlhevítő csőfal vízértékének megfelelő tárolóképesség miatt exponenciális függvény szerint közeledik új állandósuló értékéhez.

A *gőzáram változásakor* a nagy gőzsebesség miatt a túlhevítő egész hosszában gyakorlatilag azonnal megváltozik a hőátadás. A kilépő gőz hőmérséklete ekkor is elhanyagolható késéssel kezd változni és exponenciális függvény szerint közelíti meg új állandósuló értékét.

A túlhevítő átviteli viselkedése a három zavaró jellemző tekintetében más-más. Az átviteli függvények a túlhevítő fizikai jellemzőinek (geometriai méretek, anyag, fajhő, hőátadási tényező stb.) ismeretében mindhárom zavarásra felírhatók, bizonyos egyszerűsítő feltételek mellett, amelyek a gyakorlatban teljesíthetők, illetve az elhanyagolások a matematikai vizsgálat eredményét gyakorlatilag nem befolyásolják.

A háromféle zavarás átviteli függvényei felírhatók mint a kimenő jel — a túlhevítőtől kilépő gőz $\Delta \Theta$ hőmérséklet változása — és a bemenő jel ($\Delta \Theta_1$, ΔQ , ΔG) — a zavaró jel változása — Laplace-transzformáltjainak a hányadosai:

1. A túlhevítőbe belépő gőz hőmérsékletére

$$A(\Theta_1) = \frac{\mathcal{L}(\Delta\Theta)}{\mathcal{L}(\Delta\Theta_1)} = e^{-\left(p+a-\frac{a \cdot b}{p+b}\right)}$$

$$a = \frac{L}{v_0} \frac{\alpha_0 U}{A_g \cdot \gamma_g \cdot c_g} = \frac{T_h}{T_g} = \tau_g$$

$$b = \frac{L}{v_0} \frac{\alpha_0 U}{A_{cs} \cdot \gamma_{cs} \cdot c_{cs}} = \frac{T_h}{T_{cs}} = \tau_{cs}$$

$$p = \frac{L}{v_0} i\omega = T_h p \quad \text{ha } p = i\omega,$$

ahol

- L a vizsgált csőhossz,
 v_0 gőzsebesség (névl. terhelésnél),
 α_0 hőátadási tényező $v = v_0$ -nál,
 U a cső belső nedvesített kerülete,
 A_g a cső szabad keresztmetszete,
 A_{cs} a csőfal keresztmetszete,
 $\gamma_g; \gamma_{cs}$ a fajsúlyok,
 $c_g; c_{cs}$ a fajhők.

A túlhevítő szabályozhatóságát a τ_g/τ_{cs} viszonyszám jellemzi.

A másik két zavarás átviteli függvénye tartalmazza $A(\Theta_1)$ -t.

2. A füstgázból felvett fűtési hőáram változására (ΔQ)

$$A(Q) = \frac{\mathcal{L}(\Delta\Theta)}{\mathcal{L}(\Delta Q)} = \frac{\Theta_0}{Q_0} \frac{a \cdot b}{p(a+b+p)} [1 - A(\Theta_1)].$$

3. A túlhevítőn áthaladó gőzárám változására (ΔG)

$$A(G) = \frac{\mathcal{L}(\Delta\Theta)}{\mathcal{L}(\Delta G)} = \frac{\Theta_0}{v_0} \frac{a \cdot b}{a+b+p} \left(\frac{1}{p} + \frac{1-m}{b} \right) [1 - A(\Theta_1)],$$

ahol

m a Nusselt-számban szereplő kitevő: $a = \alpha_0 \left(\frac{v}{v_0} \right)^m$;

m értéke $\sim 0,8$.

A háromfajta zavarásnak megfelelően a beavatkozás lehetséges:

1. a túlhevítőbe belépő gőz hőmérsékletének módosításával, keverő vagy felületi hűtéssel;

2. a túlhevítő fűtésének módosításával, az égők billentése, különböző magasságban elhelyezett égők felváltott üzemmentartása, a füstgáz egy részé-

nek mellékútra terelése, a füstgáz egy részének a tüztérbe való visszakeringetése által;

3. a túlhevítőn átáramló gőzmennyiség módosításával.

A hűtés a gőzhőmérsékletet csak lefelé képes módosítani. A *felületi hűtés* előnye, hogy a hűtőközeg (telített gőz, dobvíz, tápvíz) nem érintkezik közvetlenül a hűtendő gőzzel, tehát azt nem szennyezheti. Hátránya, hogy meglehetősen lusta, emiatt túllendülés mutatkozik és ismételten jelentkező zavarás könnyen okozhat lengést. A felületi hűtés csak olyan kazánhoz alkalmas, amelynek a terhelése lassan és nem nagymértékben ingadozik, vagyis az alapterhelést vivő kazánhoz.

A *keverő hűtés* a legelterjedtebb a túlhevített gőz hőmérsékletének szabályozási eljárásai között, mert a legegyszerűbb és a legolcsóbb. A hűtőhatás erőteljesen és gyorsan érvényesül, tehát a zavarás elhárítása is gyorsabb. Hátránya, hogy a hűtőközeg szennyeződései rontják a túlhevített gőz minőségét. A hűtőközeg a legtöbbször tápvíz, mert ez külön nyomásfokozó szivattyú nélkül befecskendezhető a felületi gőzhűtőbe. A tápvíz sótartalmának egy részét a túlhevített gőz — amelynek sóoldóképesége a nyomással növekszik — magával viszi a turbinába, ahol a só az expanzió folyamán kicsapódik és lerakódik a lapátokon. A sózódás következtében a turbina terhelhetősége csökken, mert a leszűkült keresztmetszeteken ugyanakkora nyomás kevesebb gőzt képes áthajtani, másrészt megbomlik a tengelyirányú erők egyensúlya, emiatt a támsapágy túlterhelődik, sőt tönkre is mehet. Ez a jelenség nemcsak a reakciós turbinákban jelentkezik, hanem kisebb mértékben az akciós turbinákban is, mert az újabb kivitelű, legömbölyített belépő élű lapátoknak mindig van csekély reakció foka. Sómentes vizet lehet előállítani teljes sótalanítással, de nem szabad utólag elrontani vegyszerek adagolásával, vagy csak olyan vegyszert szabad adagolni a tápszivattyú és a kazán védelmére, amelyikből nem származik sólerakódás (hidrazin, N_2H_4 és ammónia, NH_3).

A befecskendezést mint biztonsági hűtést más hőmérséklet szabályozási eljárásokkal párosítva is alkalmazzuk, váratlan vagy erős hőmérsékletcsúcsok megfogására.

A befecskendezés kiválóan alkalmas a kazán hirtelen terhelésváltozásainak felvételére addig a mértékig, hogy az általa okozott hőmérsékletváltozás ne haladja meg a megengedett határokat felfelé vagy lefelé. Ily módon a legnagyobb nyomású kényszeráramlású kazánok csekély tárolóképesége némileg növelhető. Természetesen egyidejűleg és azonos értelemben a tüzelési teljesítményt is módosítani kell, de ennek hatása sokkal lassabban érvényesül, mint a befecskendezésé. A terhelés növekedésekor befecskendezett többelhűtővíz az elgőzölttetéséhez szükséges hőt az első pillanatban a túlhevítő vastömegében tárolt hőmennyiségből veszi fel, és fordítva, tehercsökkenéskor a befecskendezett vízáram csökkentése miatt melegebb gőz a tüzelés visszavétele foly-

tán kihűlő túlhevítőnek hőt ad át. Szabályozástechnikailag ez úgy oldható meg, hogy a terhelés (a gőzárám) változási sebességét D-hatásként visszük rá a gőzhőmérsékletszabályozóra.

A *fűtés módosításának* előnye, hogy a módosított közegáram — a füstgáz — nem érintkezik közvetlenül a gőzárrammal, annak tisztaságát nem befolyásolja. Hátránya a holtidő és a felfutási idő miatt jelentkező jelentékeny késés. Emiatt gyors és erős zavarások elhárítására kevésbé alkalmas. A késési idő a csőrendszer és részben a falazat hőtárolókéességétől függ, mert a tüzelési teljesítmény változtatásakor a füstgáz nemcsak a fűtőfelülettel, hanem a falazattal is közöl (illetve vesz abból fel) hőt. Legnagyobb előny, hogy a gőzhőmérsékletet — a hűtéssel ellentétben — felfelé is lehet módosítani, tehát a túlhevítőt nem kell túlméretezni.

Az *égők billentése* vagy *égősorok váltakozó üzembentartása* a tüztérben és a túlhevítőben közölt hőmennyiségek arányát módosítja. A tüztérből kilépő füstgáz hőtartalma aszerint változik, hogy az égőket lefelé vagy felfelé billentjük. Az első esetben a tüztér nagyobb hőmennyiséget vesz fel, tehát a tüztérrel elhagyó füstgáz hőtartalma kisebb, a túlhevítési hőmérséklet esik. Felfelé billentéssel ellenkező eredmény érhető el. A kazán felfűtése közben a lángmag mélyrehelyezésével a nyomást gyorsan lehet emelni a túlhevítő veszélyeztetése nélkül, ez pedig a gyors indítás szempontjából nagyon kívánatos. Az eljárás egyetlen hátránya, hogy módosítja a kazánban fejlesztett gőzmennyiséget. Emiatt a terhelés erős változását követően a szabályozási művelet meg lehetőségen hosszú ideig tart.

A *füstgáz mellékútra terelése* elsősorban az újrahevítős kazánokban szokásos. A túlhevítő és az újrahevítő egy-egy szakasza párhuzamosan van elrendezve a vízhevítő vagy a léghevítő egy-egy szakaszával. A párhuzamos füstjáratok végén beépített csappantyúkkal az utófűtőfelületekbe belépő füstgáz tetszőleges arányban osztható el a túlhevítő (újrahevítő) és a vízhevítő vagy léghevítő fűtőfelületekre. Mivel a huzatviszonyokat a fűtőfelületek elpiszkolódása jelentékenyen befolyásolja, ez a szabályozási eljárás nagy hamutartalmú szénkehez kevésbé alkalmas, eltekintve attól, hogy a füstjáratok végén beépített csappantyúk mozgását a lerakódó hamu akadályozhatja. A késési idő elég hosszú, 3—5 perc, azaz a csappantyúk elmozdításának hatása ennyi idő múlva jelentkezik a túlhevített gőz hőmérsékletén. A kazán gyors indítása szempontjából ez az eljárás ugyanolyan értékű, mint az égők billentése.

A *füstgáz visszakeringtetése* abban áll, hogy a füstgáz egy részét az utófűtőfelületek után külön ventillátor elszívja és a tüztérbe nyomja. Ha a füstgáz a tüztér alján lép be, akkor szaporítja a tüztérből kilépő füstgáz mennyiségét anélkül, hogy annak hőmérsékletét érezhetően befolyásolná, a túlhevített gőz hőmérséklete emelkedik. Ezzel szemben a tüztér felső részén visszavezetett füstgáz csökkenti a kilépő füstgáz hőmérsékletét, a túlhevítési hőmérséklet is csökken. Ez a beavatkozási mód újabban terjed, mert alkalmazkodik változó

minőségű tüzelőanyaghoz, a pernyelerakódás a füstgázmennyiség (tehát a sebesség) átmeneti növelésével eltávolítható. A kazán gyors indítását éppúgy könnyíti, mint a másik két eljárás. A visszakeringetés különösen akkor eredményes, ha nagy a különbség a tüztér és a visszakeringetett füstgáz hőmérséklete között. Előnyösen alkalmazható salakolvasztós kazánban, ha a pernyét visszafúvatják a tüztérbe megömlesztés végett.

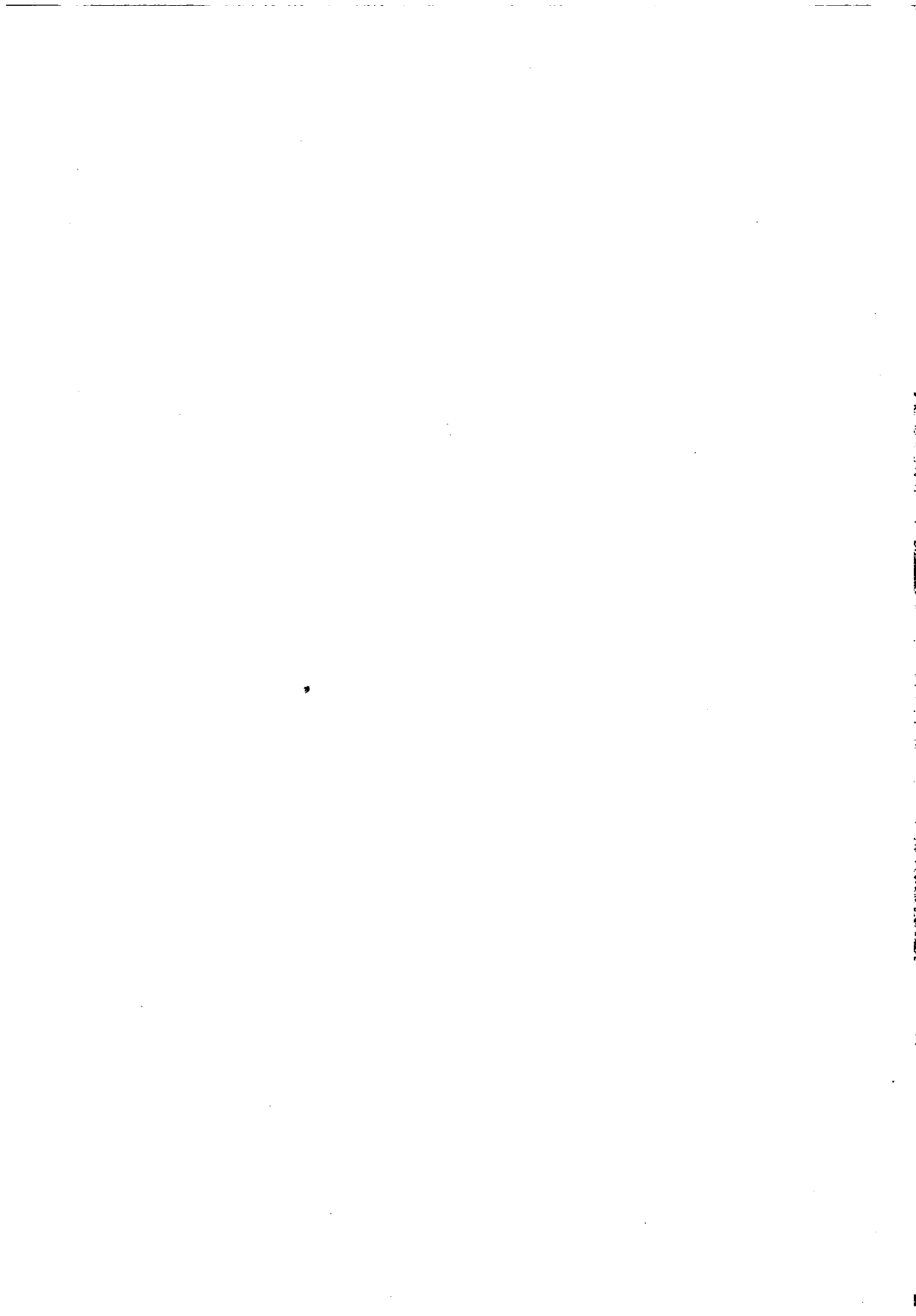
A szabályozó működését tekintve, az a megengedett csekély maradék eltérés miatt csak PI- vagy PID-működésű lehet: a P-működés a stabilizálás miatt szükséges. Az I-működés lassúsága olyan szabályozóval küszöbölhető ki, amelyik kis eltérésekre gyengén, nagy eltérésekre erőteljesen reagál, tehát jelleggörbéje nem lineáris. Ilyenfajta szabályozók kaphatók.

A túlhevített gőz hőmérsékletének szabályozása még több tekintetben javításra szorul mind készüléktechnikai, mind kapcsolástechnikai szempontból. A ma használatos érzékelőknek előbb fel kell venni a közeg hőmérsékletét, ez pedig időbe kerül. Kívánatos lenne olyan érzékelő kifejlesztése, amelyik azonnal képezné a helyes mérőjelet. Esetleg a pirométer elvén lehetne ilyen műszert szerkeszteni.

Kapcsolástechnikai tekintetben a sokfajta zavarás, de még inkább az átmeneti jelenségek térben és időben — tehát csak parciális differenciálegyenlettel leírható — lefolyása miatt célszerű lenne áttérni a jelenleg szokásos hátra-szabályozásról (feedback) az előreszabályozásra (feedforward), amire a nehézszevegypár különösen a lepárolótornyok szabályozásában már több példát mutat. Az előreszabályozás lényege, hogy a zavarás hatását — ha egyszerre többfajta is mutatkozik — a szabályozóba beépített számológép előre kiszámítja az átviteli függvények alapján és az eredményt adja végrehajtó jelként a szervomotorra. A szabályozott jellemző csak az alapértéket állítja lassan utána. Ez a szabályozási eljárás lényegében az ismert kaszkád szabályozás továbbfejlesztése rávitt vezérlésekkel. A számológép alkalmazása ma már nem túlzott követelmény; ez a gép viszonylag egyszerű lehet, hiszen csak kevés feladatot kell megoldania. Másrészt a költségesebb szabályozó beépítése indokolt, ha arra gondolunk, hogy az 1000 t/h nagyságrendű gőzfejlesztőképességű, a kritikus nyomást megközelítő vagy meg is haladó, 600 C°-on felüli gőzhőmérsékletű kazán árához és üzemköltségéhez képest a drága szabályozó ára elenyésző, de a gazdaságosságot és az üzembiztonságot javító hatása óriási.

ÖSSZEFOGLALÁS

Ez a szabályozási feladat elsősorban a korszerű, nagynyomású és hőmérsékletű gőzt fejlesztő kazánok üzemében jelentkezik. Megoldása elég nehéz a szabályozott szakasz kedvezőtlen sajátosságai miatt. Erre mutat, hogy a gyakorlat többféle eljárást alakított ki a gőzhőmérséklet befolyásolására (felületi és keverő hűtés, égők billentése, füstgáz visszakeringetése vagy mellékútra terelése), amelyek mindegyikének vannak előnyei, de hátrányai is. A tanulmány a legfontosabb összefüggések bemutatása után értékeli az egyes beavatkozási eljárásokat s rámutat azok alkalmazási területére, röviden utalva a választandó szabályozó jellegére és a szokásos kapcsolásokra.



ÁLLANDÓ ÉRINTŐIRÁNYÚ LEKÉPEZÉS ÉS A K-PROFIL ANALÍZISE

SZABADITS ÖDÖN
SZERSZÁMGÉPFEJLESZTŐ INTÉZET, HALÁSZTELEK

[Beérkezett 1961. február 28-án]

1. Bevezetés

A gépek és szerszámgépek pontosságának és forgácsoló sebességének állandó fokozása, valamint a tartóspontosságukkal szemben támasztott növekvő követelmények már néhány évtizede is odavezetett, hogy a gépelemek addig alkalmazott geometriai és szerkezeti kialakítása elégtelennek bizonyult.

A gépelemek között a leggyakoribb a csap és a rajta illeszkedő furatos alkatrész közötti kötés, az ún. csap-lyuk-kötés. Ilyenek: az ékkötés, amelynek hátránya a lassú, de biztos kiverődés; a menesztőcsapos kúpkötés, amelynek hátránya a kúpszög pontosságával és a kúpfelületek tisztaságával szemben támasztott nagy igény; a bordástengelykötés, amelynek viszont az a hátránya, hogy az edzett bordásagyat gazdaságosan, kellő pontossággal megmunkálni nem lehet. Mivel minden szerszámgépen számos csap-lyuk-kötés van, és az újabb pontossági, szilárdsági és tartóspontossági igényeket ki kellett elégíteni, azért a három- vagy többcsúcsú, nem-kör konvex görbe szelvények kialakításával kísérelték megoldani a problémát.

A háromcsúcsú, konvex görbeszelvényű csapok és agyak szabatos köszörülésére szerkesztett és gyártott köszörűgépet az 1939. évben az Ernst Krause & Co. bécsi cég. Ezeket a gépeken gyártható szelvényeket a cég — nevük után — K-profiloknak nevezte, és megalkotta a K-profil-kötést [1].

A K-profilról — geometriai szempontból tekintve — Magyarországon nem sokat tudtak, és a vállalat jelképes rajzai alapján sokan lekerekített háromszögnek mondták, mások viszont a K-profilat az álkör (egyenvastagságú görbe) fogalmával azonosították.

Jelen dolgozatban először az állandó érintőirányú leképezést, majd ennek gyakorlati kihasználhatóságát ismertetjük és alkalmazásként bemutatom a K-profil köszörűgépek kinematikai vázlatát, és levezetem egyenletrendszerüket. Az egyenletrendszer és paramétere jelentésének ismeretében bizonyítom, hogy a K-profil olyan háromcsúcsú konvex zártgörbe, amelynek egyeneszakasza nincsen, továbbá bizonyítom, hogy nem álkör.

Álkör az a zárt konvex görbe, amelynek átmérői — tehát párhuzamos érintőinek távolsága — a körhöz hasonlóan — egyenlőek. Kimutatható, hogy az álkör csúcsainak a száma csak páratlan lehet. Legismertebb álkörök: az

egyenvastagságú körívháromszögek; a csúcsnélküli köszörűgépen — hibás beállítás következtében — és az ún. poligon-köszörűgépeken gyártható álkör-szelvények.

Míg a poligon-profilok elméletét és kinematikáját FILEMON Józsefné [2] ismertette kimerítő részletességgel, addig LIPKA István a köszörűkő által generált poligon-profil egyenletének a meghatározásával foglalkozott abban az általános esetben, amikor a köszörűkorong centrumának Γ pályagörbéje tetszés szerint felvett, egyszeresen zárt konvex görbe [3]. Így hézagpótló, hogy a poligon-profilok családjába sorolható K-profilokat hasonló szempontok szerint tárgyaljuk.

A síkgörbék analízisében csúcsnak nevezik a síkgörbének azokat a pontjait, amelyekben a görbületi sugárnak szélső értéke van: minimuma vagy maximuma. Lásd [4], 268. old. BLASCHKE matematikus kimutatta, hogy a kétszeresen folytonosan differenciálható konvex síkgörbének, ha ez zárt idom, legalább négy csúcsa van [5].

A K-profil és az álkörprofilok is nagy csavarónyomatékot csak akkor tudnak átvinni, ha váltakozva kis és nagy görbületi sugarak a csúcsok. A nagy görbületi sugarú helyeket azonban a gyakorlatban nem nevezik csúcsoknak. Mi is így jártunk el, mikor a K-profilról mint háromcsúcsú görbéről emlékeztünk meg, pedig matematikai értelemben — amit az alábbiakban bizonyítottunk — ennek hat csúcsa van. Ugyanilyen értelemben nevezzük az álkört is páratlan csúcsú, zárt konvex síkgörbének, pedig matematikai értelemben $2(2n + 1)$ csúcsuk van, ahol n egész szám.

Az álkört köszörülő poligon-köszörűgép működési elve a következő: a tárgy forgásával kényszerkapcsolatban, tárgyfordulatonként a köszörűkő-tengely három vagy ennél több, de $(2n - 1)$ páratlan számú oly ellipszispályát ír le, amelynél a nagy- és kistengely aránya $(2n - 1)$. Az Ernst Krause & Co. cég K-profil köszörűgépeinek alant ismertetett kinematikája a poligon-köszörűgép fenti működési elvével nem egyezik, és így nem is várható, hogy álkör legyen a K-profil.

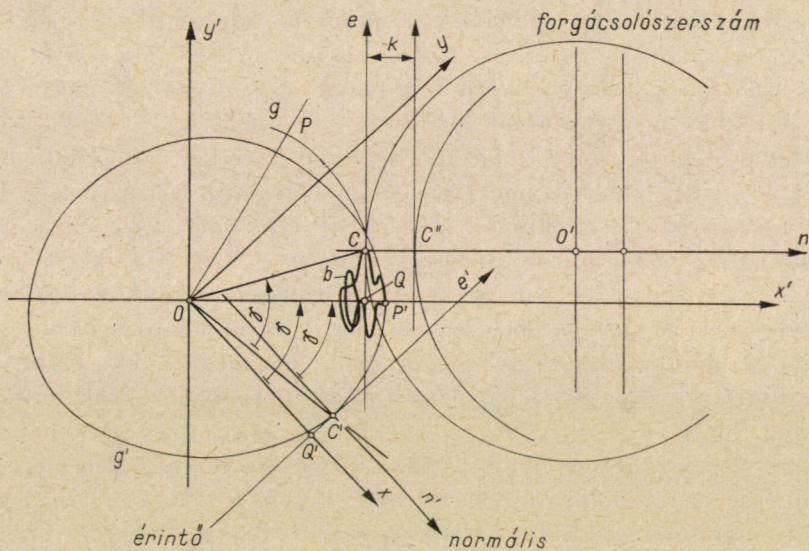
2. Az állandó érintőirányú leképezésről

Tekintsük a g' konvex zártgörbét (1. ábra) és ennek belsejében az O pontot, amely az alkalmasan választott Descartes-féle (x', y') derékszögű koordinátarendszer kezdőpontja. Az x' tengelynek a g' görbe tetszés szerinti C' pontjához tartozó n' normálisával bezárt szöge — az 1. ábra szerinti értelemben — legyen $\gamma \geq 0$. Vegyük fel továbbá az O kezdőpontú (x, y) koordinátarendszert úgy, hogy

$$x \parallel n' \text{ és } y \parallel e',$$

ahol e' a görbe érintője a C' pontjában. Forgassuk el a g' görbét, amellyel az x és y tengelyeket merev kapcsolatban levőknek tekintjük γ szöggel, ekkor

x és x' , továbbá y és y' koordinátatengelyek egybeesnek. A beforgatott $OQ'C' \Delta$ az $OQC \Delta$ -gel, az n' normális az $n \parallel x'$, az e' érintő az $e \parallel y'$ egyenessel ekkor egybeesik. A C pont a C' görbepontnak beforgatott képe. Ha a g' görbe minden pontját így rendre beforgatjuk, úgy a C pontok összessége a g' görbének ismertetett módon leképezett b görbéje, amit az alábbiakban *beforgatott görbének* nevezünk. Ha a g' konvex zártgörbe, ismétlődő, egybevágó n ívszakasz összessége, úgy a g' görbének 2π -vel való körülfordulása alatt a C



1. ábra

pont a b zárt görbét n -szer futja be. Ilyen görbe a K-profil is, és ebben az esetben $n = 3$.

Minden C' pont egyértelműen meghatároz egy C pontot.

Legyenek az (x', y') koordinátarendszerben a C pont koordinátái

$$x' = OQ \text{ és } y' = QC,$$

ahol x' az e' érintőnek, míg y' az n' normálisnak az O kezdőponttól mért távolsága.

Ha β alkalmasan választott paraméter, úgy a b beforgatott görbe paraméteres egyenletrendszere így írható:

$$x' = x'(\beta) \tag{1}$$

$$y' = y'(\beta). \tag{2}$$

Az (x, y) forgó koordinátarendszerrel merev kapcsolatban levő, nagyolt munkadarabból az $e \parallel y'$ egyenest a b görbe C pontjában érintő, forgó forgá-

csolószerszám körívelemeket metsz ki, melyek burkolója a g' görbe lesz. Ha tehát a forgó szerszám tengelye a b görbével egybevágó, translációs mozgást végez, miközben a forgácsolószerszám élei a $C[(x'(\beta); y'(\beta))]$ pontban érintik az e egyenest, és eközben a munkadarab a vele merev kapcsolatban levő $\gamma = \gamma(\beta)$ szögelfordulást végzi, úgy a szerszám a g' görbét forgácsolja ki a munkadarabból.

Meg kell jegyezni még a következőket:

A g' görbének konkáv részei is lehetnek, de ekkor γ nemcsak pozitív, de negatív értéket is felvesz, tehát a munkadarab forgása nem egy értelemben megy végbe, és ekkor a forgácsolószerszám sugara kell, hogy $R < \varrho_{\min}$, ha a homorú ívrészek legkisebb görbületi sugara ϱ_{\min} . Ilyen profilok a gyakorlatban általában nem fordulnak elő.

Ha a g' görbe lefejtő mozgása szakaszos, és így az e' érintő beforgatott e egyeneséé és ennek C pontjái is — hasonlóan pl. a MAAG-féle fogvágógéphez —, úgy az ábra síkjára merőleges, (e) nyomvonalú síkban mozgó, a C pontot is magában foglaló gyalukés — aszerint, hogy ív- vagy egyenes éle van — ív- vagy síkelemeket metsz ki a $\gamma = \gamma(\beta)$ szögelfordulást végző munkadarabból, amelyek burkoló görbéje szintén a g' görbe lesz.

Ha a munkadarabba a g' görbének megfelelően előnagyolt lyukat forgácsolunk, úgy a leírt lefejtő eljárással a g' görbét mint lyukat is kiforgácsolhatjuk, ha a forgószerszám vagy gyalukés az (e) egyenesnek bal oldalán forgácsol, tehát a g' görbén belül. Ekkor a forgácsolószerszám görbületi sugara, akár forgószerszám, akár gyalukés, kisebb kell hogy legyen a g' görbe legkisebb görbületi sugaránál.

Ha a forgószerszám, illetve a gyalukés az (e) egyenest nem a $C(x'; y')$ pontban érinti, hanem ettől a k -val nagyobb vagy kisebb abszcisszájú $C''(x' \pm k; y')$ pontban, akkor a lefejtett görbe a g' görbének egyenközű görbéje lesz, amelynek normálisá $\pm k$ -val nagyobb, illetve kisebb.

A munkadarabhoz mereven kapcsolt (x, y) koordinátarendszerben a g' görbe egyenletrendszerét a b görbe egyenletrendszeréből a fentiek szerint mármost úgy kapjuk, hogy az (x', y') koordinátarendszert a $-\gamma = -\gamma(\beta)$, vagy az (x, y) koordinátarendszert a $\gamma = \gamma(\beta)$ szöggel, mely β paraméter függvénye, elforgatjuk.

Így tehát a g' görbe paraméteres egyenletrendszere

$$x = x' \cos \gamma - y' \sin \gamma$$

$$y = x' \sin \gamma + y' \cos \gamma,$$

vagy az 1. és 2. előállítás felhasználásával

$$x = x'(\beta) \cos \gamma - y'(\beta) \sin \gamma \quad (3)$$

$$y = x'(\beta) \sin \gamma + y'(\beta) \cos \gamma, \quad (4)$$

ahol β és γ paraméterek egyértékű függvénykapcsolatban állanak egymással

$$\gamma = \gamma(\beta), \quad (5)$$

illetőleg

$$\beta = \beta(\gamma). \quad (6)$$

Ha az ismertetett: *állandó érintőirányú leképezésnek* nevezhető eljárással szerkesztünk meg valamely szerszámgépet, úgy annak következők a tulajdonságai:

- a) A szerszámátmérő nagyságától független a kiforgácsolt profil alakja;
- b) a szerszámbeállítást a szerszám n irányú eltolásával végezzük; ugyanígy járunk el a szerszámkopás kiküszöbölésénél;
- c) a profil méretét ugyancsak a szerszámnak x' irányú elmozdításával állítjuk be;
- d) a különböző méretű profilok mind egyenközű (equidistans) görbék;
- e) a d) alatti tulajdonság következtében kúpos köszőrűkkel, ill. marókkal vagy ferde síkban mozgó gyalukéssel kúpos munkadarabok is forgácsolhatók;
- f) mivel a szerszám az (e) egyenesnek a C ponttól mind pozitív, mind negatív irányba eső oldala felé is elhelyezhető, azért az állandó érintőirányú leképezéssel mind csapok, mind lyukak kiforgácsolhatók; így a csapnak és a lyuknak az illeszkedési lehetősége ezzel az eljárással biztosítható, éspedig gazdaságosan.

3. Az Ernst Krause & Co. cég K-profil köszőrűgépeinek elvi szerkezete és e profilgörbék egyenletrendszere

E gépek kinematikájában megtalálható az állandó érintőirányú leképezés alkalmazása.

Kétféle kinematika ismeretes. Az egyiknél a munkadarab forgatása közkeres, míg a másikonál közkerék nélküli bolygóművel történik; mindkettő az állandó érintőirányú leképezés elvét valósítja meg, hasonló szerkezeti megoldások segítségével.

A közkeres bolygóműves K-profil köszőrűgépet röviden közkeres gépnek, míg a közkerék nélküli bolygóműves K-profil köszőrűgépet röviden közkerék nélküli gépnek nevezem a továbbiakban.

I. *A közkeres gép* elvi szerkezete a 2. ábrán látható. A köszőrűorsóház a b görbének megfelelő periodikus eltolását és e mozgáshoz rendelt munkadarabforgást az alábbi szerkezetek valósítják meg.

Az O központú körhagyóstengelyre van ékelve az $OA = e$ és $OB = 3e$ excentricitású körhagyócsap, melyeknek közös egyenesbe eső vezérsugaruk van. A körhagyóstengelyre van ékelve az F_1 homlokfogaskerék is. Az A körhagyócsaphoz van csatolva az $AC = 16e$ hosszúságú hajtórúd és a körhagyós-

Az OEF himbából és F_1, K, F_2, F_3, F_4 fogaskerekekből álló bolygómu a munkadarabnak biztosítja a γ szöggel való elfordulását, mégpedig úgy, hogy a munkadarab egy körülfordulása során a C pont — és a köszörűkőorsóház minden pontja — háromszor írja le a b görbét.

A csuklósnégyszög, az x' tengellyel párhuzamosan mozgó csatlórúd és a bolygómu együttes generáló mozgása révén a köszörűkő a munkadarabból kiköszörüli a K -profil.

A b görbe paraméteres egyenletrendszerét az alábbi módon vezetjük le. Az F_1 fogaskeréknek (2. ábra) $\beta \geq 0$ szögelfordulásával a himba δ szöggel elfordul. Az OEG derékszögű háromszögben

$$EG = -OB \cdot \sin \beta - EC \cdot \sin \beta = -4e \cdot \sin \beta,$$

így tehát

$$\sin \delta = \frac{EG}{OE} = - \frac{4e \cdot \sin \beta}{16e},$$

vagyis

$$\sin \delta = - \frac{1}{4} \cdot \sin \beta. \tag{7}$$

A bolygómu himbája a 7. képletből kiszámítható

$$\delta = \pm 14^\circ 28' 40''$$

szögértékű lengést végez az O középpont körül. δ értékét és előjelét a (7) összefüggés meghatározza.

A b görbe C pontjának koordinátái

$$x' = OQ \text{ és } y' = QC.$$

Mivel $OQ = OE \cdot \cos \delta + CE \cdot \cos \beta$ és $QC = OE \cdot \sin \delta - CE \cdot \sin \beta$, azért a b görbe paraméteres egyenletrendszere

$$x' = 16e \cdot \cos \delta + e \cdot \cos \beta \tag{8}$$

$$y' = 16e \cdot \sin \delta - e \cdot \sin \beta. \tag{9}$$

A (8) az (1), míg a (9) a (2) egyenletnek felel meg. [A (7) összefüggés figyelembevételével a δ paraméter kiküszöbölhető.]

A β szögelfordulásnak a negatív értelmű γ szögelfordulás felel meg. Most meghatározzuk γ értékét.

γ kiszámítása végett az F_1 kereket egyelőre nyugvónak képzeljük, tehát: $\beta = 0$. A himbát most képzeletben negatív értelemben forgassuk el δ szöggel. Ekkor a K kerék az F_1 keréken az óramutató járásával egyező értelemben

legördül, és az F_1 -gyel egyenlő nagy F_2 kereket az OE egyeneshez képest pozitív értelemben δ szöggel elforgatja, és az F_3 kerék az 1:3 lassító áttételnek megfelelően az F_4 kereket és ezzel együtt a munkadarabot $\gamma_1 = \frac{\delta}{3}$ szögértékkel negatív értelemben elforgatja, tehát γ_1 előjele δ -éval megegyező. Az x' koordinátatengelytől számítva az F_4 kerék összesen $\gamma_1 + \delta = \frac{4\delta}{3}$ szöggel fordult el negatív értelemben. Most képzeletben rögzítsük a himbát a δ szöggel elforgatott helyzetében és az F_1 kereket forgassuk el β szöggel. Az F_4 kerék most negatív értelemben fog mindig elfordulni, melynek nagysága: $\gamma_2 = \frac{\beta}{3}$. Az F_4 kerék összes elfordulása tehát negatív értelemben

$$\gamma = \gamma_1 + \delta + \gamma_2,$$

vagyis

$$\gamma = \frac{\beta + 4\delta}{3}. \quad (10)$$

A negatív értékű $\beta/3$ egyenletes forgás helyett tehát az F_4 kerék — és így a munkadarab is — $4 \delta/3$ értékű szögelfordulásban, illetőleg szögmérésben van aszerint, hogy δ negatív vagy pozitív.

Hogy a K-profil egyenletrendszerét megkapjuk, felhasználjuk a (3) és (4) egyenletrendszert, vagyis áttérünk az (x', y') koordinátarendszerről az (x, y) rendszerre. Így a (8) és (9) előállítását és $-\gamma$ -t a (3), illetve (4) egyenletbe behelyettesítjük. Lesz

$$\begin{aligned} x &= [16 e \cdot \cos \delta + e \cdot \cos \beta] \cdot \cos \gamma + [16 e \cdot \sin \delta - e \cdot \sin \beta] \cdot \sin \gamma \\ y &= -[16 e \cdot \cos \delta + e \cdot \cos \beta] \cdot \sin \gamma + [16 e \cdot \sin \delta - e \cdot \sin \beta] \cdot \cos \gamma. \end{aligned}$$

A kijelölt szorzásokat elvégezve és a szögfüggvény-kapcsolatokat figyelembe véve

$$\begin{aligned} x &= 16 e \cdot \cos(\gamma - \delta) + e \cdot \cos(\beta + \gamma) \\ y &= -16 e \cdot \sin(\gamma - \delta) - e \cdot \sin(\beta + \gamma). \end{aligned}$$

Vezessük be a t paramétert (2. ábra)

$$t = \gamma - \delta,$$

amely nem egyéb, mint az x tengely és az OE himbarúd bezárta szög, akkor — a (10) képlet figyelembevételével —

$$3 \gamma = \beta + 4 \delta \text{ vagy } 3 \gamma - 3 \delta = \beta + \delta \text{ azaz } 3(\gamma - \delta) = \beta + \delta \quad (11)$$

és a (11) figyelembevételével

$$\beta + \delta = 3 t,$$

továbbá a (10) felhasználásával

$$\beta + \gamma = \beta + \frac{\beta + 4\delta}{3} = \frac{4(\beta + \delta)}{3} = \frac{4 \cdot 3t}{3}$$

és így

$$\beta + \gamma = 4 t.$$

Mármost $\gamma - \delta = t$ és $\beta + \gamma = 4 t$ behelyettesítésével

$$x = e \cdot \cos 4 t + 16 e \cdot \cos t$$

$$y = -e \cdot \sin 4 t - 16 e \cdot \sin t$$

és az x tengely körül áttükrözve

$$x = e \cdot \cos 4 t + 16 e \cdot \cos t \tag{12}$$

$$y = e \cdot \sin 4 t + 16 e \cdot \sin t. \tag{13}$$

Ez a közkeres, (e) körhagyósugarú gépen lefejthető K-profil alapgörbéjének t paraméter szerinti egyenletrendszere. t paramétert fentebb definiáltam, és így a gép kinetikájával való kapcsolata szemléltethető.

Ha az x' tengely irányában a C pontot k értékkel a C'' pontba toljuk, és ezzel együtt a b görbét és a forgácsolószerszámot is, úgy az alapgörbénél a normálisok irányában mért k értékkel nagyobb vagy kisebb méretű K-profilt kapunk aszerint, hogy $k \geq 0$.

II. *A közkerék nélküli gép elvi szerkezete* a 3. ábrán látható. A Krause-cég a közkeres gépeket $e = 0,8, 1,2$ és $1,8$, míg a közkerék nélküli gépeket $e = 2,7$ excentricitással tervezte meg. Már említettük, hogy egy gépnagyságon belül az (e) értéke nem változtatható. A közkeres géppel szemben a különbség a bolygómű közkerékének elhagyásából és az $AC = OE$ rúd hosszának $4e$ értékre való választásából áll, továbbá abból, hogy a C csuklópont a BD kulisszák között mozog, ezek összekötő egyenesén, és az A és B excenterpontok közös vezérsugaron vannak.

Ha az OAB kettős körhagyó β szöggel elfordul, úgy az $OACE$ csuklós-négyszög OE és AC csuklórudjai δ szöggel forduljanak el. δ szög β függvénye, ugyanis

$$\sin \delta = \frac{EG}{OE} = \frac{CH - CJ}{OE} = \frac{OB \cdot \sin \beta - EC \cdot \sin \beta}{OE},$$

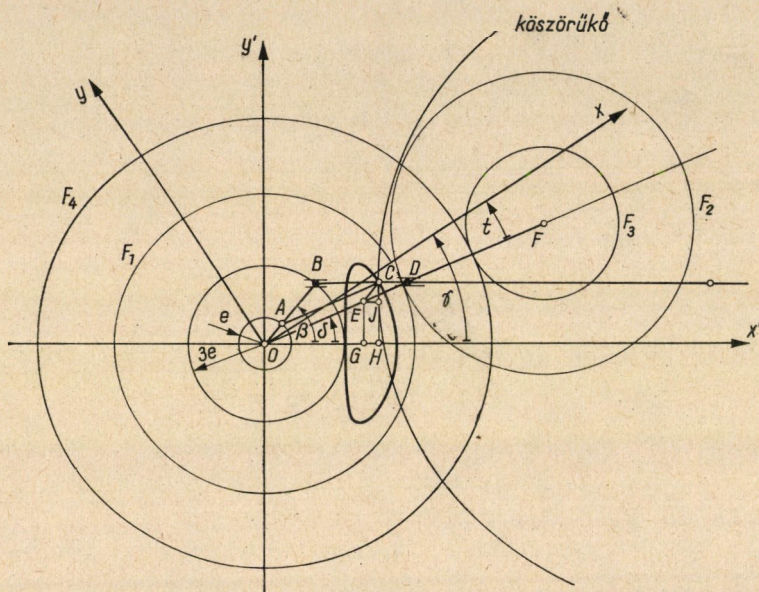
miel $OB = 3e$, $EC = OA = e$, $OE = 4e$ a felvétel értelmében, azért

$$\sin \delta = \frac{\sin \beta}{2}, \quad (14)$$

és így δ értékészlete

$$-\frac{\pi}{6} \leq \delta \leq \frac{\pi}{6},$$

vagyis az OF himbarúd az x' tengely körül $\pm 30^\circ$ -os lengést végez minden körhagyóstengely-fordulatra.



3. ábra

Határozzuk meg az F_4 fogaskerék, vagyis a munkadarab γ forgási szögét. Mivel $\beta > 0$, így $\gamma > 0$.

F_1 fogaskerék képzeletbeli rögzítése mellett forgassuk el a himbarudat δ szöggel. Ekkor az F_4 fogaskerék

$$\gamma_1 = \delta - \delta/3 = 2\delta/3$$

szögelfordulást végez. Most forgassuk el ezután β szöggel az F_1 fogaskereket és ezzel együtt a körhagyóstengelyt; úgy az F_4 fogaskerék további $\gamma_2 = \beta/3$ szögelfordulást tesz meg; mármost a csuklósnégyszög és a bolygómű együttes hatásaként, a körhagyóstengely β szögelfordulása esetében, az F_4 fogaskerék és így a munkadarab elfordulási szöge

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_2 = \frac{\beta + 2\delta}{3}. \quad (15)$$

Miként a közkerekes gépnél, úgy itt is, a munkadarabbal mereven kapcsolt (x, y) koordinátarendszer γ szöggel fordul el, és pedig a β -val egyező értelemben.

Vezessük be a

$$t = \gamma - \delta \tag{16}$$

paramétert, hasonlóan mint a közkerekes gépnél.

Ezekután a b beforgatott görbe, amit most is a C pont ír le, egyenletrendszere

$$\begin{aligned} x' &= OH = OG + GH \\ y' &= HC = GE + JC, \end{aligned}$$

s a megfelelő derékszögű háromszögek figyelembevételével

$$x' = 4e \cdot \cos \delta + e \cdot \cos \beta \tag{17}$$

$$y' = 4e \cdot \sin \delta + e \cdot \sin \beta. \tag{18}$$

Az (x, y) forgó koordinátarendszerben a C pontja a lefejtendő K -profilnak is. A koordináta transzformáció képletei most, mivel az (x, y) rendszert $(-\gamma)$ szöggel kell elforgatni, hogy (x', y') rendszerrel egybeessék

$$x = x' \cdot \cos(-\gamma) - y' \cdot \sin(-\gamma) \text{ vagyis } x = x' \cdot \cos \gamma + y' \cdot \sin \gamma$$

$$y = x' \cdot \sin(-\gamma) + y' \cdot \cos(-\gamma) \text{ vagyis } y = -x' \cdot \sin \gamma + y' \cdot \cos \gamma$$

x' és y' koordinátákat a (17)-ből és (18)-ból behelyettesítve

$$x = [4e \cdot \cos \delta + e \cdot \cos \beta] \cdot \cos \gamma + [4e \cdot \sin \delta + e \cdot \sin \beta] \cdot \sin \gamma$$

$$y = -[4e \cdot \cos \delta + e \cdot \cos \beta] \cdot \sin \gamma + [4e \cdot \sin \delta + e \cdot \sin \beta] \cdot \cos \gamma.$$

Beszorozva és a szögmértani azonosságokat figyelembe véve

$$x = 4e \cdot \cos(\gamma - \delta) + e \cdot \cos(\beta - \gamma)$$

$$y = -4e \cdot \sin(\gamma - \delta) + e \cdot \sin(\beta - \gamma).$$

A (15) kifejezésből

$$3\gamma = \beta + 2\delta \text{ vagy } 3\gamma - 3\delta = \beta - \delta \text{ azaz } 3(\gamma - \delta) = \beta - \delta$$

és a (16) figyelembevételével

$$\beta - \delta = 3t,$$

és így

$$\beta - \gamma = \beta - \frac{\beta + 2\delta}{3} = \frac{2(\beta - \delta)}{3} = \frac{2 \cdot 3t}{3} = 2t.$$

A közkerék nélküli gépen gyártható K-profilok paraméteres egyenletrendszere tehát

$$x = e \cdot \cos 2t + 4e \cdot \cos t \quad (19)$$

$$y = e \cdot \sin 2t - 4e \cdot \sin t. \quad (20)$$

Ez az alapgörbe egyenletrendszere. Ennek a profilnak a méretét is változtathatjuk a forgácsolószerszámnak k értékű eltolásával.

Meg kell jegyezni, hogy a K-profilok analitikai vizsgálatánál kielégítő az alapgörbék vizsgálata, ha csak azt akarjuk eldönteni, ami jelen dolgozat célja — hogy van-e a K-profiloknak egyenes szakasza, illetőleg álkörök-e. Ugyanis a K-profilok mind egyenközű (equidistans) görbék, és így ha egyiknek nincsen egyenes szakasza, úgy a másiknak sincsen, és ha az egyik nem álkör, úgy a másik sem az, mivel a K-profilok párhuzamos érintői közötti méretek az alapgörbe hasonló méretétől az állandó $2k$ értékkel különböznek.

4. Van-e a K-profilnak egyenes szakasza?

A következőkben bebizonyítjuk, hogy nincsen, és így a K-profil egyik formájában sem lekerekített háromszög, hanem mindegyik akárhányszor differenciálható konvex zártgörbe, amelynek három (matematikai fogalmazásban hat) csúcsa van.

Valamely síkgörbe egy szakasza egyenes, ha a második differenciálhányadosa ennek a szakasznak minden helyén 0. Ellenkező esetben a görbének egyenes szakasza nincsen.

A paraméteres alakban megadott

$$x = x(t)$$

$$y = y(t)$$

síkgörbe első differenciálhányadosa

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\dot{y}}{\dot{x}}$$

és második differenciálhányadosa

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{\dot{x} \cdot \ddot{y} - \ddot{x} \cdot \dot{y}}{\dot{x}^3},$$

amelynek egy szakaszon belül azonosan zérusnak kell lennie, vagyis kell hogy

$$\dot{x} \cdot \ddot{y} - \ddot{x} \cdot \dot{y} \equiv 0 \quad (21)$$

legyen. Alkalmazzuk ezt az eredményt a K-profilok (12), (13) és (19), (20) egyenletrendszerére.

A (12) és (13) egyenletekből

$$\text{és} \quad \left. \begin{aligned} \dot{x} &= -4 e(\sin 4 t + 4 \cdot \sin t) \\ \dot{y} &= 4 e(\cos 4 t + 4 \cdot \cos t) \\ \ddot{x} &= -16 e(\cos 4 t + \cos t) \\ \ddot{y} &= -16 e(\sin 4 t + \sin t) \end{aligned} \right\} \cdot \quad (22)$$

A (21)-be behelyettesítve

$$\begin{aligned} & -4 e[\sin 4 t + 4 \cdot \sin t] \cdot [-16 e(\sin 4 t + \sin t)] + \\ & + 16 e(\cos 4 t + \cos t) \cdot 4 e(\cos 4 t + 4 \cos t) \equiv 0 \text{ vagyis} \\ & (\sin 4 t + 4 \cdot \sin t) \cdot (\sin 4 t + \sin t) + (\cos 4 t + \\ & + \cos t) \cdot (\cos 4 t + 4 \cdot \cos t) \equiv 0 . \end{aligned}$$

Összeszorozva, összevonva és az egyenletet 5-tel osztva,

$$1 + \sin t \cdot \sin 4 t + \cos t \cdot \cos 4 t \equiv 0$$

és ebből

$$\cos 3 t \equiv -1$$

kellene, hogy legyen egy folytonos számközön belül, ami nyilván nem lehetséges.

A (19) és (20) egyenletekből

$$\text{és} \quad \left. \begin{aligned} \dot{x} &= -2 e(\sin 2 t + 2 \cdot \sin t) \\ \dot{y} &= 2 e(\cos 2 t - 2 \cdot \cos t) \\ \ddot{x} &= -4 e(\cos 2 t + \cos t) \\ \ddot{y} &= -4 e(\sin 2 t - \sin t) \end{aligned} \right\} \cdot \quad (23)$$

A (21)-be behelyettesítve

$$\begin{aligned} & -2 e(\sin 2 t + 2 \cdot \sin t) \cdot [-4 e(\sin 2 t - \sin t)] + 4 e(\cos 2 t + \cos t) \cdot \\ & \cdot 2 e(\cos 2 t - 2 \cdot \cos t) \equiv 0 \text{ vagyis} \\ & (\sin 2 t + 2 \cdot \sin t) \cdot (\sin 2 t - \sin t) + (\cos 2 t + \cos t) \cdot (\cos 2 t - 2 \cdot \cos t) \equiv 0 . \end{aligned}$$

Összeszorzás és összevonás után azt kapjuk, hogy

$$\cos 3 t \equiv -1$$

kellene, hogy legyen egy folytonos számközön belül, ami nyilvánvalóan nem igaz.

Ezzel bebizonyítottuk, hogy mind a közkeres, mind a közkerék nélküli gépen gyártott K-profilgörbéknek az egész kerületük mentén nincsen egyenes szakaszuk.

5. A K-profilok csúcsainak száma

Levezetjük a görbületi sűrűségeket, majd kiszámítjuk a szélsőértékeket.

Az egy paraméteres egyenletrendszerrel megadott síkgörbe görbületi sugara

$$\rho = \frac{(\dot{x}^2 + \dot{y}^2)^{3/2}}{\dot{x} \cdot \ddot{y} - \ddot{x} \cdot \dot{y}}$$

A (22) képletek felhasználásával:

$$\begin{aligned} \dot{x}^2 + \dot{y}^2 &= 16 e^2 (\sin^2 4 t + 16 \cdot \sin^2 t + 8 \cdot \sin 4 t \cdot \sin t + \\ &+ 16 e^2 (\cos^2 4 t + 16 \cdot \cos^2 t + 8 \cdot \cos 4 t \cdot \cos t) = 16 e^2 (17 + 8 \cdot \cos 3 t). \end{aligned}$$

Az előző számítási eredmények felhasználásával rögtön írhatjuk, hogy

$$\dot{x} \cdot \ddot{y} - \ddot{x} \cdot \dot{y} = 320 e^2 (1 + \cos 3 t),$$

tehát a közkeres gépen gyártott K-profil görbületi sugara

$$\rho = \frac{(17 + 8 \cdot \cos 3 t)^{3/2}}{5 \cdot (1 + \cos 3 t)} \cdot e. \quad (24)$$

A (23) képletek felhasználásával

$$\begin{aligned} \dot{x}^2 + \dot{y}^2 &= 4 e^2 \cdot (\sin 2 t + 4 \cdot \sin^2 t + 4 \cdot \sin 2 t \cdot \sin t) + \\ &+ 4 e^2 \cdot (\cos^2 2 t + 4 \cdot \cos^2 t - 4 \cdot \cos 2 t \cdot \cos t) = 4 e^2 \cdot (5 - 4 \cdot \cos 3 t). \end{aligned}$$

Az előző számítási eredmények felhasználásával most is írhatjuk

$$\dot{x} \cdot \ddot{y} - \ddot{x} \cdot \dot{y} = -8 e^2 \cdot (1 + \cos 3 t).$$

Tehát a közkerék nélküli gépen gyártott K-profil görbületi sugara

$$\varrho = \frac{(5 - 4 \cdot \cos 3t)^{3/2}}{1 + \cos 3t} \cdot e > 0. \quad (25)$$

Számítsuk ki a görbületi sugarak szélsőérték helyeit és szélsőértékeit. Differenciáljuk a (24) függvényt t szerint

$$\frac{d\varrho}{dt} = \frac{e}{5} \cdot \left(\frac{\frac{3}{2} \cdot (17 + 8 \cdot \cos 3t)^{1/2} \cdot (-24 \cdot \sin 3t) \cdot (1 + \cos 3t) + (17 + 8 \cdot \cos 3t)^{3/2} \cdot 3 \cdot \sin 3t}{(1 + \cos 3t)^2} \right)$$

vagyis

$$\frac{d\varrho}{dt} = \frac{3e}{5} \cdot \frac{\sin 3t (17 + 8 \cos 3t)^{1/2} \cdot (5 - 4 \cos 3t)}{(1 + \cos 3t)^2}. \quad (24a)$$

Ebben a kifejezésben a számláló 0, ha $\sin 3t = 0$, vagyis ha $3t = k\pi$. Innen

$$t = \frac{k\pi}{3} \leq 2\pi,$$

és ha

$$k = 0, 1, 2, 3, 4, 5,$$

úgy rendre

$$t = 0, \frac{\pi}{3}, 2\frac{\pi}{3}, \pi, 4\frac{\pi}{3}, 5\frac{\pi}{3}$$

hat különböző értéket vehet fel, amelyek mellett a $\sin 3t = 0$ feltétel teljesül.

Viszont a nevező $1 + \cos 3t = 0$,

ha $3t = (2k + 1)\pi$. Innen $t = \frac{2k + 1}{3} \cdot \pi$,

és ha

$$k = 0, 1, 2,$$

úgy

$$t = \frac{\pi}{3}, \pi, 5\frac{\pi}{3}.$$

három különböző értékű lehet, amelyek mellett a $\cos 3t = 0$ feltétel teljesül.

A számláló tehát a $t = 0, 2\frac{\pi}{3}, 4\frac{\pi}{3}$ esetekben 0, és a nevező ezeken a helyeken nem 0, így itt szélsőértékek lehetnek. Ezeknek a szélső-

értékeknek a létezését ϱ kiszámításával döntjük el. Deriváljuk a (24a) függvényt t szerint.

$$\varrho = \frac{d^2\varrho}{dt^2} + \frac{3e}{5} \cdot \left\{ \frac{[3 \cos 3t(17 + 8 \cos 3t)^{1/2} \cdot (5 - 4 \cos 3t) + \frac{1}{2} \sin 3t(17 + 8 \cos 3t)^{-1/2} \cdot (-24 \sin 3t)(5 - 4 \cos 3t) + \sin 3t(17 + 8 \cos 3t)^{1/2} \cdot (12 \sin 3t)] (1 + \cos 3t)^2 + \sin 3t(17 + 8 \cos 3t)^{1/2} \cdot (5 - 4 \cos 3t) 2(1 + \cos 3t)(3 \sin 3t)}{(1 + \cos 3t)^4} \right.$$

ϱ értékei a $t = 0, 2 \frac{\pi}{3}, 4 \frac{\pi}{3}$ helyeken $\ddot{\varrho} = \frac{9e}{4} > 0$, és így ezeken a helyeken a görbületi sugárnak minimuma van.

A $t = \frac{\pi}{3}, \pi, 5 \frac{\pi}{3}$ helyeken azonban a számláló és a nevező is eltűnik és így

$$\frac{d\varrho}{dt} = \frac{0}{0}$$

határozatlan alakú. De a szélsőértékek a (24) képletből közvetlenül számíthatók, mivel ha

$$t \rightarrow \frac{\pi}{3}, \pi, 5 \frac{\pi}{3} \text{ helyekhez, úgy mind a három esetben}$$

$$\varrho \rightarrow \infty\text{-hez, ami helyi maximum.}$$

Ugyanis — lásd (5) 353. o. — helyi maximumnak a $\varrho = \varrho(t)$ függvény olyan $\varrho(t_0)$ értékeit nevezzük, amelyekre

$$\varrho(t_0 + h) < \varrho(t_0), \text{ ahol } |h| \ll 1.$$

Mivel azonban $t_0 = \frac{\pi}{3}, \pi, 5 \frac{\pi}{3}$ helyeken $\lim_{t \rightarrow t_0} \varrho(t) = \infty$

így kell, hogy $\varrho(t_0 + h) < \infty$, ahol $0 < |h| \ll 1$.

Így tehát a három helyi maximum létezése bizonyítva van.

Számítsuk ki ϱ minimum értékeit is.

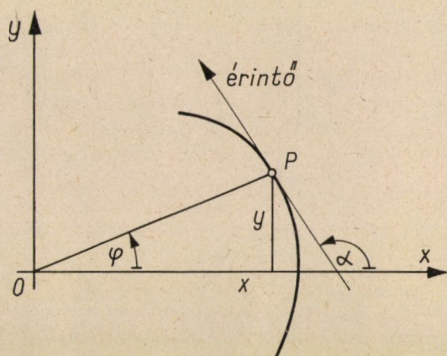
$$\varrho_{\min} = e \cdot \frac{\left(17 + 8 \cdot \cos 3 \cdot \frac{k\pi 2}{3}\right)^{3/2}}{5 \left(1 + \cos 3 \cdot \frac{2k\pi}{3}\right)},$$

vagyis

$$\varrho_{\min} = \frac{25}{2} \cdot e. \quad (26)$$

Ezzel bebizonyítottuk, hogy a közkerékes gépeken gyártott K-profiloknak 3 (matematikai értelemben 6) csúcsuk van.

Az alapgörbe áttekinthetőbb felrajzolásához szükségünk lesz a kiszámított szélsőérték helyekhez tartozó φ polárszögre.



4. ábra

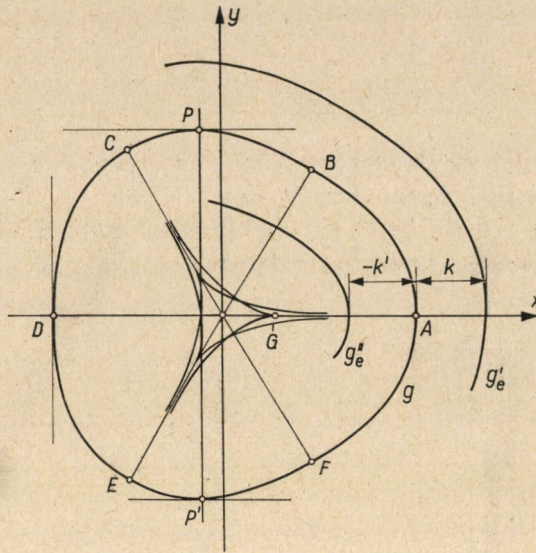
A $t = \frac{k\pi}{3}$ paraméterértékek esetében a görbe φ polárszöge (4. ábra) egyenlő ezekkel a paraméterértékekkel: $\varphi = t = k \frac{\pi}{3}$. Ugyanis ekkor kell hogy

$$\frac{y}{x} = \tan \varphi = \tan k\pi/3 = \operatorname{tg} t = \frac{e \cdot \sin 4 \cdot k\pi/3 + 16e \cdot \sin k\pi/3}{e \cdot \cos 4 \cdot k\pi/3 + 16e \cdot \cos k\pi/3}.$$

Az argumentum átalakításával

$$\begin{aligned} \frac{y}{x} &= \frac{e \sin [k\pi + k\pi/3] + 16e \cdot \sin k\pi/3}{e \cos [k\pi + k\pi/3] + 16e \cdot \cos k\pi/3} = \frac{(-1)^k \cdot \sin k\pi/3 + 16 \cdot \sin k\pi/3}{(-1)^k \cdot \cos k\pi/3 + 16 \cdot \cos k\pi/3} = \\ &= \frac{(-1)^k + 16}{(-1)^k + 16} \cdot \frac{\sin k\pi/3}{\cos k\pi/3} = \operatorname{tg} k\pi/3 = \operatorname{tg} t, \end{aligned}$$

ami ezzel bizonyítást nyert.



5. ábra

A közkerekes gépen gyártott K-profil csúspontjai és ezek görbületi sugarai alapján jó közelítéssel felrajzolhatjuk a görbét (5. ábra). A szükséges adatokat kiszámítottuk, és az alábbi táblázatban összefoglaltuk.

$t^\circ = \varphi^\circ$	0	60	120	180	240	300
x	$17e$	$7,5 \cdot e$	$-8,5 \cdot e$	$-15 \cdot e$	$-8,5 \cdot e$	$7,5 \cdot e$
y	0	$\frac{15\sqrt{3}}{2} \cdot e$	$\frac{17\sqrt{3}}{2} \cdot e$	0	$-\frac{17\sqrt{3}}{2} \cdot e$	$-\frac{15\sqrt{3}}{2} \cdot e$
Görbületi sugár, ρ	$12,5 \cdot e$	∞	$12,5 \cdot e$	∞	$12,5 \cdot e$	∞
Érintőszög, α°	90	150	30	90	150	30

Az 5. ábrán felrajzoltuk a közkerekes gépen gyártható K-profil alapgörbét (g), és a k -val nagyobbított g'_e , illetőleg a $-k'$ -vel kisebbített g''_e egyenközű görbéit. Az A, C, E pontokban van a görbületi sugár minimuma: $12,5 \cdot e$ és a B, D, F pontokban maximuma: ∞ . A G jelű görbék a K-profilok közös evolútájának ágai.

Most számítsuk ki a (25) képlet alapján a közkerék nélküli gépen gyártott K-profil görbék görbületi sugarának szélső értékeit. Differenciálva és 0-saj

egyenlítőve:

$$\begin{aligned} \frac{d\rho}{dt} &= e \cdot \left\{ \frac{\frac{3}{2} \cdot (5 - 4 \cdot \cos 3t)^{1/2} \cdot (12 \cdot \sin 3t) \cdot (1 + \cos 3t) +}{(1 + \cos 3t)^2} + \frac{(5 - 4 \cos 3t)^{3/2} \cdot 3 \cdot \sin 3t}{(1 + \cos 3t)^2} \right\} = \\ &= e \cdot \frac{(5 - 4 \cdot \cos 3t)^{1/2} \cdot 3 \cdot \sin 3t \cdot (6 + 6 \cdot \cos 3t + 5 - 4 \cdot \cos 3t)}{(1 + \cos 3t)^2} \\ \frac{d\delta}{dt} &= \frac{3 \cdot \sin 3t \cdot (5 - 4 \cdot \cos 3t)^{1/2} \cdot (11 + 2 \cdot \cos 3t)}{(1 + \cos 3t)^2} . \end{aligned}$$

A további számítás menete analóg a (24) képletből kiinduló számításokkal, mivel itt is a $\sin 3t = 0$ és az $1 + \cos 3t = 0$ függvények viselkedése dönti el a szélsőértékhelyeknek a jellegét. Ezért ezt a számítást mellőzhetjük. Miként az előbb tárgyalt görbénél, így ekkor is 6 szélsőérték van. Az előbbi görbével azonosan a $t = \frac{\pi}{3}, \pi, 5 \frac{\pi}{3}$ helyeken maximuma van, és pedig $\rho = \infty$, és a $t = 2k \frac{\pi}{3}$, vagyis $t = 0, 2 \frac{\pi}{3}, 4 \frac{\pi}{3}$ helyeken minimuma van a görbének. Ezeknek nagysága

$$\rho_{\min} = \frac{(5 - 4 \cdot \cos 3 \cdot 2k\pi/3)^{3/2}}{1 + \cos 3 \cdot 2k\pi/3} \cdot e ,$$

így tehát

$$\rho_{\min} = \frac{e}{2} . \tag{27}$$

Ezzel bebizonyítottuk, hogy a közkerék nélküli gépeken gyártott K-profiloknak is 3 (matematikai értelemben 6) csúcsuk van.

A $t = k \frac{\pi}{3}$ paraméterértékek esetében a görbe megfelelő pontjainak φ polárszöge (4. ábra) most $-\varphi = t = k \frac{\pi}{3}$. Ugyanis a (19) és (20) formulákkal

$$\begin{aligned} \frac{y}{x} &= \tan \varphi = \operatorname{tg} \frac{k\pi}{3} = \tan t = \frac{e \cdot \sin 2 \cdot \frac{k\pi}{3} - 4e \cdot \sin \frac{k\pi}{3}}{e \cdot \cos 2 \cdot \frac{k\pi}{3} + 4e \cdot \cos \frac{k\pi}{3}} = \\ &= \frac{e \cdot \sin [k\pi - k\pi/3] - 4e \cdot \sin k\pi/3}{e \cdot \cos [k\pi - k\pi/3] + 4e \cdot \cos k\pi/3} = \\ &= \frac{(-1)^k \cdot e + 4e}{(-1)^k \cdot e + 4e} \cdot \frac{\sin k\pi/3}{\cos k\pi/3} = - \tan k\pi/3 . \end{aligned}$$

Tehát bebizonyítottuk, hogy

$$-\varphi = t = k\pi/3.$$

A negatív előjelnek csak az a jelentése, hogy pozitív paraméter a görbét az óramutató járásával egyezően írja le.

A közkerék nélküli gépen gyártott K-profil csúcspontjai koordinátáinak és görbületi sugarainak ismeretében, jó közelítéssel felrajzolhatjuk a görbét (6. ábra). A szükséges adatokat az alábbi táblázatban összefoglaltuk.

$t^\circ = -\varphi^\circ$	0	60	120	180	240	300
x	$5e$	$1,5e$	$-2,5e$	$-3e$	$-2,5e$	$1,5e$
y	0	$-3e\sqrt{3}/2$	$-5e\sqrt{3}/2$	0	$5e\sqrt{3}/2$	$3e\sqrt{3}/2$
Görbületi sugár, ρ	$e/2$	∞	$e/2$	∞	$e/2$	∞
Érintőszög, α	90	150	30	90	150	30

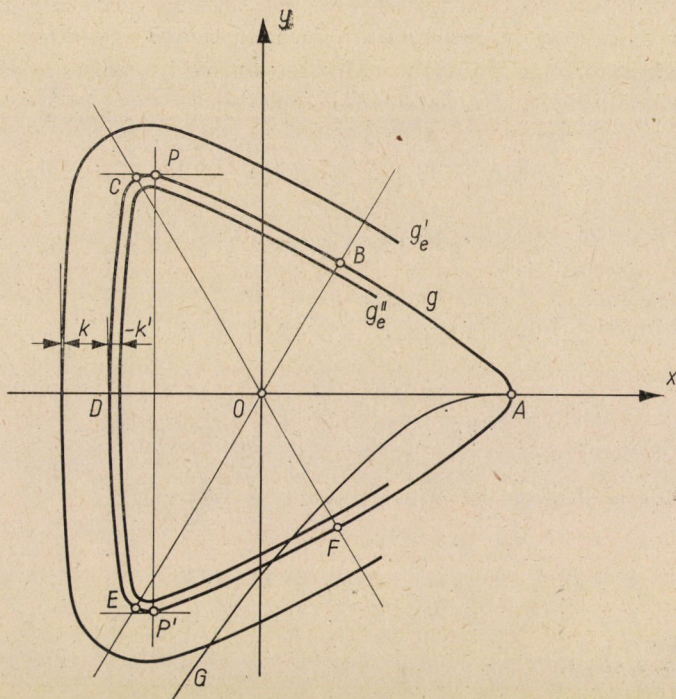
A 6. ábrán felrajzoltuk a közkerék nélküli gépen gyártható K-profil alapgörbét (g), és a k -val nagyobbított g' , illetőleg a $-k$ -val kisebbített g'' egyenközű görbéit. Az A, C, E pontokban van a görbületi sugár minimuma: $0,5e$ és a B, D, F pontokban maximuma: ∞ . A G jelű görbék a K-profilok közös evolútájának ágai.

6. A K-profilok nem álkörök

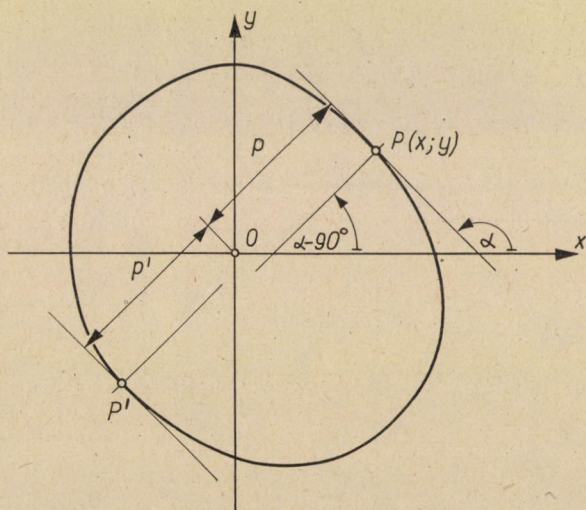
Mivel a K-profilok általános pontjához húzott érintővel párhuzamos, az átellenes ponthoz tartozó érintő paraméterértékét kiszámítani transzcendens (ill. magasfokú) egyenletek megoldására vezet, azért elegendő lesz annak a bizonyítása, hogy található két egymással nem egyenlő átmérő. Válasszuk az AD és PP' átmérőket (5. és 6. ábra); állítás: $AD = PP'$, ahol a P és P' pontokból húzott érintők párhuzamosak az x tengellyel. Ha az állítás bizonyítást nyer, akkor a K-profilok nem álkörök, mivel van legalább két nem egyenlő nagyságú átmérőjük.

A bizonyításhoz szükségünk van az érintőnek az origótól való p távolságára, mivel két P, P' átellenes pont távolsága (7. ábra)

$$d = PP' = p + p'.$$



6. ábra



7. ábra

Írjuk fel a $P(x, y)$ görbeponton átmenő érintő egyenletét. Legyen a az x tengelynek a görbe P pontjához húzott érintővel bezárt hajlásszöge. Ekkor az érintő egyenletének Hesse-féle normálalakja

$$x \cdot \cos(a - 90^\circ) + y \cdot \sin(a - 90^\circ) - p = 0,$$

vagyis

$$x \cdot \sin a - y \cdot \cos a - p = 0.$$

Vegyük tekintetbe, hogy $\operatorname{tg} a = \frac{\dot{y}}{\dot{x}}$ és így

$$\cos a = \frac{\dot{x}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}} \quad \text{és} \quad \sin a = \frac{\dot{y}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}}.$$

Ezek behelyettesítésével az érintő egyenlete

$$\frac{x\dot{y} - \dot{x}y}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}} - p = 0,$$

és így a keresett távolság

$$p = \frac{x\dot{y} - \dot{x}y}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}}. \quad (28)$$

Alkalmazzuk az eredményt mindkét K-profilra.

A (12), (13) és (22) képletek, és a már kiszámított $(\dot{x}^2 + \dot{y}^2)$ kifejezés felhasználásával lesz

$$p = \frac{(e \cdot \cos 4t + 16e \cdot \cos t) \cdot 4e \cdot (\cos 4t + 4 \cdot \cos t) + (\sin 4t + 4 \cdot \sin t) \cdot 4e \cdot (e \cdot \sin 4t + 16e \cdot \sin t)}{[16e^2 \cdot (17 + 8 \cdot \cos 3t)]^{1/2}},$$

vagyis a közkerekes gépen gyártható K-profil (x, y) pontjához húzott érintőnek az origótól való távolsága

$$p = \frac{65 + 20 \cdot \cos 3t}{(17 + 8 \cdot \cos 3t)^{1/2}} \cdot e. \quad (29)$$

A (19), (20) és (23) képletek és a már kiszámított $(\dot{x}^2 + \dot{y}^2)$ kifejezés felhasználásával lesz

$$p = \frac{(e \cdot \cos 2t + 4 \cdot e \cdot \cos t) \cdot 2e \cdot (\cos 2t - 2 \cdot \cos t) + (\sin 2t + 2 \cdot \sin t) \cdot 2e \cdot (e \cdot \sin 2t - 4e \cdot \sin t)}{[4e^2 \cdot (5 - 4 \cdot \cos 3t)]^{1/2}}.$$

Összeszorzás, összevonás és egyszerűsítés után

$$P = \frac{7 - 2 \cdot \cos 3t}{(5 - 4 \cdot \cos 3t)^{1/2}} \cdot e. \quad (30)$$

Ez a közkerék nélküli gépen gyártható K-profil (x, y) pontjához húzott érintő origótól való távolságának abszolút értéke.

Kiszámítjuk a P (ill. P') K-profilponthoz tartozó t paraméterértéket. Ebben az esetben az érintő iránytangense

$$\operatorname{tg} \alpha = -\dot{y}/\dot{x} = 0 \text{ és így az } \dot{y} = 0 \text{ egyenlet gyökeit keressük.}$$

A (22) és (23) képletekből

$$\dot{y} = 4 e \cdot (\cos 4 t + 4 \cdot \cos t) = 0,$$

illetve

$$\dot{y} = 2 e \cdot (\cos 2 t - 2 \cdot \cos t) = 0.$$

Oldjuk meg először a $\cos 4 t + 4 \cdot \cos t = 0$ egyenletet.

Közelítő gyököt keresve és a Newton-féle iterációs eljárást ismételten alkalmazva, azt találjuk, hogy a közkerékes gépen gyártható K-profilnak az x -tengellyel párhuzamos érintője P érintési pontjához (5. ábra)

$$t = 100^\circ 37' 20'',$$

paraméterérték tartozik, mivel

$$\begin{aligned} \cos 4 \cdot (100^\circ 37' 20'') + 4 \cdot \cos 100^\circ 37' 20'' &= \cos 42^\circ 29' 20'' - \\ - 4 \cdot \cos 79^\circ 22' 40'' &= 0,7374083 - 0,7373304 = 0,0000779 \approx 0. \end{aligned}$$

Most oldjuk meg a $\cos 2t - 2 \cdot \cos t = 0$ egyenletet. Átalakítással $2 \cdot \cos^2 t - 2 \cdot \cos t - 1 = 0$.

Ebből $\cos t = \frac{2 \pm \sqrt{4 + 8}}{4}$.

Csak egy gyök valós, és ez $\cos t = \frac{1 - \sqrt{3}}{2} = -0,366026$

és így a paraméter főértéke $t = 68^\circ 31' 45''$.

Mármost $t_1 = 180^\circ - 68^\circ 31' 45'' = 111^\circ 28' 15''$ és

$$t_2 = 180^\circ + 68^\circ 31' 45'' = 248^\circ 31' 45''.$$

A közkerék nélküli gépen gyártható K-profilnak az x -tengellyel párhuzamos érintői P és P' érintési pontjához (6. ábra) ezek a paraméterértékek tartoznak, ugyanis

$$\begin{aligned} \cos 2 \cdot (111^\circ 28' 15'') - 2 \cdot \cos 111^\circ 28' 15'' &= -\cos 42^\circ 56' 30'' + \\ + 2 \cdot \cos 68^\circ 31' 45'' &= -0,7320477 + 2 \cdot 0,3660376 = 0,0000275 \approx 0. \end{aligned}$$

Az 5. és 6. ábrán megrajzolt helyzetben mindkét K-profil tükrös az x -tengelyre nézve, ezért a keresett átmérők — a kiszámított paraméterértékeknek a (29), ill. (30) képletbe való behelyettesítésével

$$d' = 2p = 2 \cdot \frac{65 + 20 \cdot \cos 3 \cdot (100^\circ 37' 20'')}{[17 + 8 \cdot \cos 3 \cdot (100^\circ 37' 20'')]^{1/2}} \cdot e,$$

illetve

$$d'' = 2p = 2 \cdot \frac{7 - 2 \cdot \cos 3 \cdot (111^\circ 28' 15'')}{[5 - 4 \cdot \cos 3 \cdot (111^\circ 28' 15'')]^{1/2}} \cdot e.$$

Kiszámítjuk d' értékét.

$$d' = 2p = 2 \cdot \frac{65 + 20 \cdot \cos 58^\circ 8'}{(17 + 8 \cdot \cos 58^\circ 8')^{1/2}} \cdot e = 2e \cdot \frac{65 + 20 \cdot 0,5279443}{(17 + 8 \cdot 0,5279443)^{1/2}}$$

$$d' = \frac{151,117772}{21,2235544^{1/2}} \cdot e \text{ és így } \underline{\underline{d' = 32,8025e}}.$$

Kiszámítjuk d'' értékét.

$$d'' = 2 \cdot \frac{7 - 2 \cdot \cos 25^\circ 35' 15''}{(5 - 4 \cdot \cos 25^\circ 35' 15'')^{1/2}} \cdot e = 2e \cdot \frac{7 - 2 \cdot 0,9019267}{(5 - 4 \cdot 0,9019267)^{1/2}},$$

$$d'' = \frac{10,3922932}{1,3922932^{1/2}} \cdot e \text{ és így } \underline{\underline{d'' = 8,80735e}}.$$

Összehasonlítva a fenti táblázatokban megadott értékekkel, az első görbénél (5. ábra):

$$\overline{AD} = 32e < PP' = d' = 32,8025e,$$

míg a második görbénél (6. ábra):

$$\overline{AD} = 8e < PP' = d'' = 8,80735e.$$

Tehát mindkét görbénél találtunk olyan átmérőket, melyek nem egyenlők, s ezzel az állítás bizonyítást nyert, vagyis a K-profilok valóban nem állkörök.

7. Összehasonlító megállapítások

A K-profilok és a bordás tengelykötések %-os átmérőcsökkenéseit összehasonlítva, meg kell jegyezni, hogy az egy tengelyen több lépcsőben alkalmazott K-profilkötés előnyösebb a bordástengelykötésnél. Legyen ugyanis az alapgörbének $+k$ -val megváltoztatott egyenközű görbéje körülírt körének átmérője: $D + 2k$ és beírt körének átmérője: $d + 2k$, ahol D az alapgörbe körülírt körének, míg d a beírt körének átmérője. A %-os átmérőcsökkenés

$$\frac{(D + 2k) - (d + 2k)}{D + 2k} \cdot 100 = \frac{D - d}{D + 2k} \cdot 100.$$

Látható, hogy az egyenközű K-profil $(D + 2k)$ átmérőjének növekedésével ez a szám csökken. Thomas KRIST Werkstatt-Tabellen című könyvének I. kötetében található szabványosított K-profilok [6]. A %-os átmérőcsökkenés ezeknél a profiloknál így alakul:

Tipus	e	D mm	%-os átmérő- csökkenés
Közkeres	0,8	23,6	13,6
Közkeres	0,8	31,6	10,1
Közkeres	1,2	34,4	14
Közkeres	1,2	47,4	10,1
Közkeres	1,8	51,6	14
Közkeres	1,8	70,6	10,1
Közkerék nélk.	2,7	64,2	16,8
Közkerék nélk.	2,7	76,4	14,1
Közkerék nélk.	2,7	80,4	13,5

Összehasonlításképpen néhány bordástengely %-os átmérőcsökkenését közlöm:

Jel	%
$6 \times 11 \times 14$	21,4
$6 \times 28 \times 34$	17,6
$10 \times 112 \times 125$	10,4

A táblázatból az is megállapítható, hogy a 2. (közkerék nélküli) K-profil csak a $D > 75$ mm átmérőknél gazdaságos használni, egyrészt mert ekkor a %-os átmérőcsökkenés már kedvező, másrészt mivel ekkor a profil legkisebb görbületi sugara is kb. 25 mm, és a K-profillyukat kb. 40 mm átmérőjű közsűrűkövel lehet megmunkálni, ami gazdaságos.

A K-profilok tehát nem álkörök. Hátrány-e ez az álkör-poligonprofilokkal szemben? Sokan úgy vélik, hogy az álkört átmérője meghatározza. Pedig ez nem így van, mivel egy- és ugyanazon átmérőhöz számtalan álkörforma tartozik. Ezért mind az álkör-poligonprofilok, mind a K-profilok alakhibáit csak különleges mérési eljárásokkal lehet kimutatni.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szűktűrésű, tehát nagy pontossággal gyártó szerszámgépek napjainkban történő, konstruktív kialakítása felvetette a megbízható szilárdságú és nagy pontosságú, viszonylag könnyen előállítható csap-lyuk-kötés problémáját. E feladat megoldásához hozzájárulnak a már 33 év óta ismeretes K-profil generáló csap- és lyukközsűrűgépek. Ezeknek a gépeknek a kinematikája azonban, különösen a gyártott K-profilok mértani tulajdonságai, nem voltak ismeretesek. Az ismertetésre alkalmas állandó érintőirányú leképezés bevezetése után ezt az elvet kétféle konstrukciós kialakítású gépen gyártott K-profilokra alkalmazzuk, és a gépek kinematikájának ismertetése után levezetjük egyenletrendszerüket. E görbék legfontosabb, a tervezésnél és felhasználásnál is szükséges mértani tulajdonságait analitikusan meghatározzuk, és bebizonyítjuk, hogy a K-profilokat alkotó görbék nem álkörök, mint pl. a poligonprofilok.

Végül utalás történik a kétféle K-profil alkalmazási területére, ami számszerűleg is könnyen követhető és bővíthető a profilgörbék egyenletrendszerének és a görbületi sugarak képletének ismeretében.

IRODALOM

1. ERNST KRAUSE & Co., Wien: Die Zapfen-Lochverbindung.
2. FILEMON, E.: Production and Analysis of Polygon Profiles. *Periodica Polytechnica*, 3 (1959) pp. 81—112.
FILEMON JÓZSEFNÉ: Poligon-profilok előállítására és vizsgálata. *Gép*, 11 (1959) pp. 181—187.
3. DR. LIPKA ISTVÁN: Poligon-profilok származtatásának elmélete. *Magy. Tud. Akadémia Műszaki Tud. Oszt. Közleményei*, 29 (1961) pp. 109—123.
4. BRONSTEJN, I. N.—SZEMENGYAJEV, K. A.: Matematikai Zsebkönyv, Budapest, 1955.
5. BLASCHKE: Vorlesungen über die Differentialgeometrie, Band 1.
6. KRIST, THOMAS: Werkstatt-Tabellen, Band 1.

AUSZTENITES KRÓMNIKKEL-ACÉLOK FORGÁCSOLHATÓSÁGÁNAK MEGJAVÍTÁSA

RUDNAI GUIDÓ és MICHELBERGER PÁL
BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM REPÜLŐGÉPEK TANSZÉKE
SZERKEZETI ÉS GYÁRTÁSI CSOPORT

[Beérkezett 1961. április 10-én]

Az ausztenites szerkezetű krómnikkel-acélok forgácsolásának nehézsége két tulajdonságuk következménye: nagy szívósságuk folytán hajlamosak a kenődésre, és hidegalakításkor erős a keményedésük. Mindkét sajátosság oka az ausztenites szövetszerkezet (1. ábra), amelyen ugyanekkor ezen acélok különleges tulajdonságai — korrózió- és hőállóságuk — is alapszanak. Az ausztenites szövetszerkezet megváltoztatása ezért nem kívánatos, de hőkezeléssel nem is lehetséges.

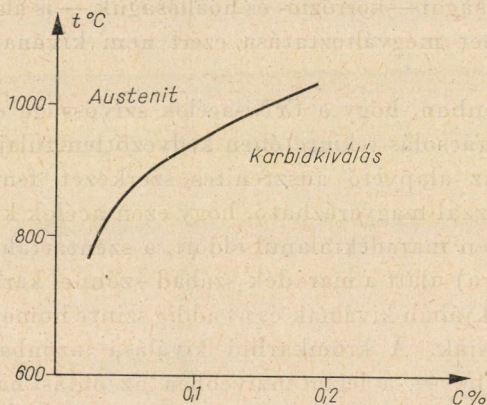
Ismeretes azonban, hogy a CrNi-acélok szívóssága és képlékenysége — vagyis éppen a forgácsolás tekintetében kedvezőtlen tulajdonságaik — alkalmas hőkezeléssel az alapvető ausztenites szerkezet fennmaradása ellenére csökkenthető. Ez azzal magyarázható, hogy ezen acélok krómtartalma, amely magas hőmérsékleten maradéktalanul oldott, a széntartalomtól függő kritikus hőmérséklet (2. ábra) alatt a maradék szabad szénnel karbidokat alkot, amelyek finom háló alakjában kiválnak és az addig szinte homogén ausztenit-tömeg egységét megszakítják. A krómkarbid kiválása azonban csak magasabb hőfokon megy végbe — a legintenzívebben az oldási határ közelében — és bizonyos ideig eltart.

Természetes hűtésnél, akár levegőn, akár folyadékban történik az, a hűlési sebesség túl nagy ahhoz, hogy az acél jelentős mennyiségű krómkarbid kiválásához elegendő ideig tartózkodjék a kiválási tartományban. Ezért kísérleteztek a lehűlési sebesség csökkentésével. A kemence egyenletes hűtését azonban legalább 12 órára kell elnyújtani ahhoz, hogy az acél elegendő időt töltsön a kiválási tartományban (3. ábra). Ez természetesen nemcsak a gyártás költségeit növeli, hanem az átfutási idő megnövekedése gátolja a termelés folyamatosságát és rontja a termelékenységet is. Ez az eljárás ezért csak ott állta meg a helyét, ahol a forgácsolás kiválásos hőkezelés nélkül rendkívüli nehézségekbe ütközött.

A krómnikkel-acélok forgácsolhatóságának általános megjavítása céljából nagyon kívánatos volt tehát az eljárás gazdaságosságának fokozása, időtartamának jelentékeny megrövidítése útján. Feltehető volt, hogy ez lehetséges, hiszen krómkarbidok csak az alatt az idő alatt képződnek, amelyet az



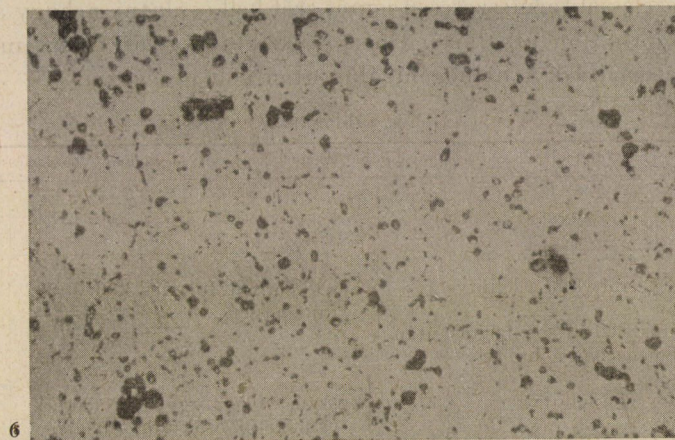
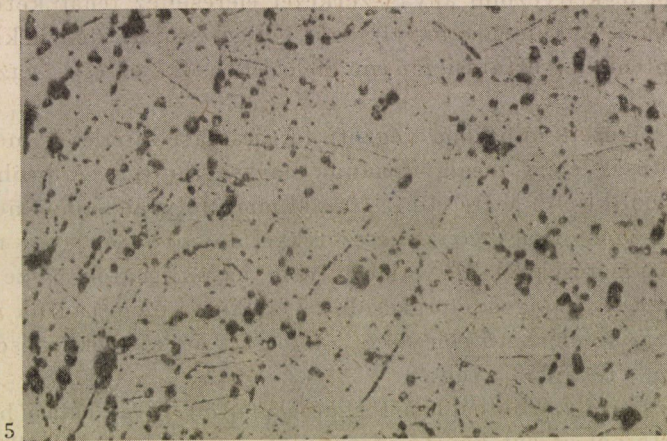
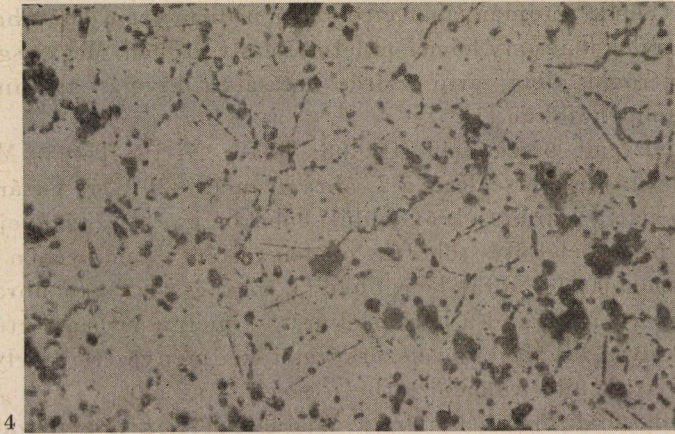
1. ábra. Ausztenites szövetszerkezet. 1100 C°-ról vízben lehűtve, 10%-os oxálsavban elektrolitikusan maratva. Nagyítás 250 ×



2. ábra. A krom oldási határa MONYPENNY [2] szerint



3. ábra. Kiválásos szövetszerkezet kemencében 900-ról 300 C°-ra 12 óráig tartó hűtés után, 10%-os oxálsavban elektrolitikusan maratva. Nagyítás 250 ×



4.—6. ábra. Kiválások szövetszerkezet 820 C°-os kétórás izzítás után. Murakami maratás. Nagyítás 1060×. 4. kemencében lehűtve, 5. levegőben lehűtve, 6. vízben hirtelen lehűtve

acél a kiválás hőfoktartományában eltölt, nem pedig a króm oldási határa fölötti vagy a viszonylag alacsony hőmérsékleten töltött időben. Megvizsgáltuk tehát a viszonylag rövid ideig tartó izzítás hatását a kiválási tartományba eső kedvező állandó hőfokon [1].

A megvizsgált összetételű (C-0,08; Cr-18; Ni-10; Ti-0,5; Mn-1,0) acél számára az izzítás hőmérsékletét a 2. ábra nyomán 820 C°-ra határoztuk meg, ami biztosan alatta maradt a króm oldási hőfokának. Az izzítás idejét 2 órában állapítottuk meg. A lehűtés többféle módon történt: kemencében az említett eljáráshoz hasonlóan (4. ábra), levegőben (5. ábra) és vízben (6. ábra). Az ábrákon jól látható, hogy mind a három eljárás — még a vízben történt hirtelen lehűtés is — olyan kiválási szövetszerkezetet eredményezett, amely az eredeti eljárással nyerttől alig különböztethető meg.

A krómkarbid maradéktalan kiválásához és ezzel a forgácsolhatóság szempontjából legkedvezőbb anyagszerkezet eléréséhez tehát kétórás izzítás teljesen elegendő. A kemence foglaltságát így az eredeti időnek kb. 15%-ára lehet csökkenteni, az átfutási idő megfelelően csökken és a gazdaságosság megjavul.

Az így hőkezelt mintákon végzett forgácsolási kísérletek megmutatták a forgácsolhatóság elért megjavításának nagyságrendjét. A próbateteknek a szabványosnál kisebb méretei (\varnothing 10—14 mm) folytán sajnos nem lehetett szokásos nagyságú forgácskeresztmetszetekkel dolgozni, és így a mért forgácsolóerők más mérésekkel közvetlenül nem hasonlíthatók össze. Ezért az 1. táblázatban a K_s fajlagos főforgácsolóerő értékét (kp/cm²) adtuk meg, amely elég jól mutatja az elérhető előnyöket. A forgácsolóerő csökkenése a vizsgált esetben mintegy 20—25% volt.

A kiválasztott karbidhálót a forgácsolás után — az oldási hőmérséklet fölötti hőntartásból és azt követő viszonylag gyors lehűtésből álló — homogenizáló hőkezeléssel természetesen ismét szét kell oszlatni, nehogy az szemcseközi korrózióra adjon alkalmat. Ha a szükséges pontosság azt megköveteli, a végső méretigazítást a homogenizálás után kell elvégezni.

1. táblázat

Ausztenites CrNi-acél forgácsolhatóságának megjavítása kiválós hőkezeléssel

Sorszám	Hőkezelés	Forgácsolhatóság és forgácsalak	Fajlagos főforgácsolóerő K_s kp/cm ²
1.	1100 C°-ról vízben lehűtve	kés kicsorbult, forgács 300...400 mm hosszú	46,1
2.	kétórás 820 C°-os izzítás után kemencében lehűtve	hosszú, szívós forgácsok; alakjuk és méretük csak alig különböznek	30,6
3.	ua. levegőn lehűtve		32,0
4.	kétórás 900 C°-os izzítás után kemencében lehűtve		34,7

IRODALOM

1. RUDNAI G., CLEMENTIS GY., MICHELBERGER P., NAGY E.: Korrózió- és hőálló ausztenites acélok technológiai vizsgálata. Kézirat, 1957.
2. MONYPENNY: Stainless Iron and Steel, I/1954.

ÖSSZEFOGLALÁS

1. Karbidháló kiválasztása csökkenti a szükséges forgácsolóerőt és így jelentősen megjavítja az austenites CrNi-acélok forgácsolhatóságát.

2. A karbidháló kiválasztásához rövid, kétórás izzítás elegendő a króm oldási határa alatti (kb. 800 C°-os) hőmérsékleten. Az ezt követő lehűtés módja az eredményt nem befolyásolja.

BEFOGÓFEJ ÁLTAL OKOZOTT DEFORMÁCIÓK GÖRDÜLŐCSAPÁGYGYŰRŰKÖN

TAMÁSSY JÓZSEF és VIZI IMRE
GÖRDÜLŐCSAPÁGYGYÁR, DEBRECEN

[Beérkezett 1961. május 4-én]

I. Bevezetés

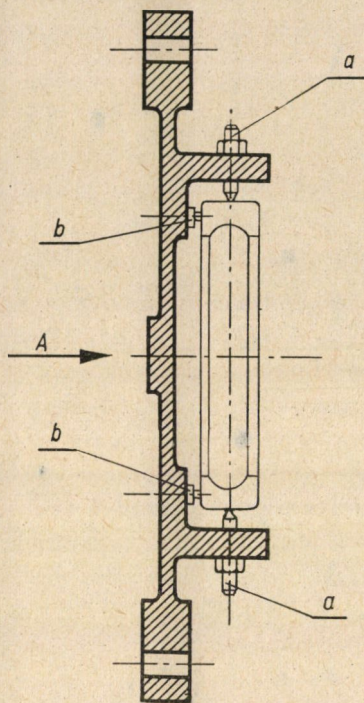
A korszerű gördülőcsapágytechnika egyik problémája a gördülőcsapágyak zöreje. A csapágyzörej elhárítása végett a gyártónak lényeges mind a megfelelő gyártási módszer kiválasztása, mind pedig a zörejmérés kérdése. A csapágygyártó üzem a probléma megoldását csak az alkatrészek korszerűbb megmunkálásával és egyre nagyobb alakpontosságra való törekvéssel oldhatja meg. A gördülőcsapágyak zörejét főleg az alkatrészek geometriai alaktól való eltérése okozza. Ezek az elvi alaktól való eltérések azok, amelyeknek csökkentésére a korszerű gyártás folyamán harcot kell folytatni. Az alakhibákat okozó objektumokat el kell távolítani vagy meg kell szüntetni, a jelenlegi gyártási mód és szerszámok esetleges megváltoztatásával.

A gördülőcsapágygyűrűk alakhibáinak mérése és deformációjának számítása során az alábbi vizsgálatot végeztük el.

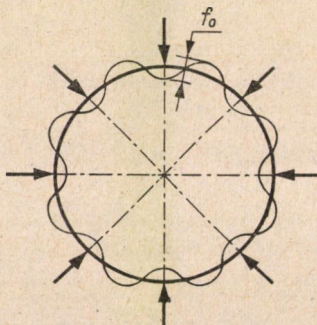
2. Gyűrűdeformáció a befogófejben

A gördülőcsapágyak külsőgyűrűit a gördülőpálya köszörüléséhez egyenként fogják fel acélból készült membrános befogófejbe (1. ábra). A befogófej testébe erősített (a) csavarok belső végei — melyek a csapágygyűrűk palástját szorítják — fel vannak köszörülve a gyűrűk befogadására. A membrános befogófej nyitását A erő okozza, majd azt megszüntetve a membrán rugalmasságánál fogva szorítja meg a gyűrűket a paláston. A befogófejeket a megmunkálendő gyűrűk kerületén különböző számú szorítópozákkal láthatjuk el — a befogófej konstrukciójától függően. A b jelű ütközők a gyűrűk tájolását végzik axiális irányban. A megmunkálásnál (gördülőpálya köszörülésnél) a gyűrűket meg kell szorítani a befogófejben. A szorítóerő deformációt okoz a gyűrűkön, ami a munkadarabok elsődleges meghullámosodását okozza. A szorítóerő hatása alatt rugalmas állapot keletkezik (2. ábra). A soron következő pályaköszörülés a befogással deformált gyűrű gördülőpályáját körkörös alakra munkálja meg. A gyűrűt köszörülés után eltávolítva a membrános befogóból, a külső erők hatása megszűnik. A belső feszültségek a gyűrűt

nyugalmi állapotba kényszerítik, melynek nyomán mutatkozik a másodlagos hullámosodás. A membrános befogófej okozta másodlagos deformáció hozza végül is létre a külsőgyűrűk gördülőpálya-hullámosságát.



1. ábra

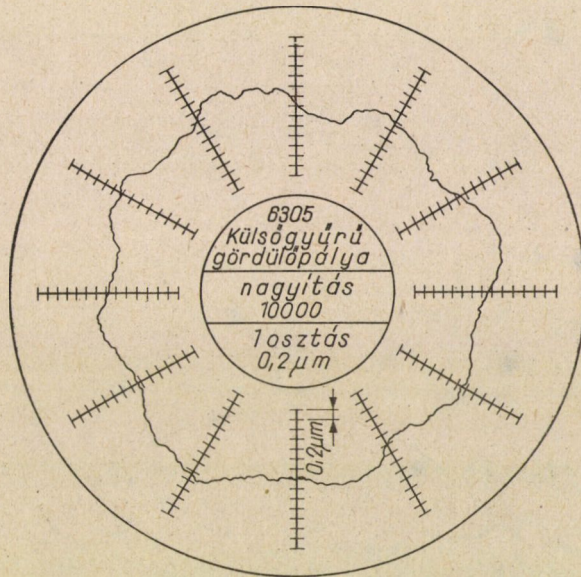


2. ábra

Az elmondottak miatt létrejött gyűrűhullámosság nagyságának megállapítására méréseket végeztünk különböző módszerekkel (például: Talyrond). A deformációt mutató diagramon (10 000-szeres nagyítás) megállapítható a megmaradó pályahullámosság nagysága. Látható továbbá a nyolc szorító-

erővel működő befogómembrán okozta nyolc hullám (3. ábra). Fentiekből következik, hogy a minimális gyűrűhullámosodás eléréséhez egyrészt több befogófofa alkalmazását, másrészt pedig a gyűrűk minimális megszorítását kellene biztosítanunk. A gyűrű megmunkálás közbeni megszorításának a forgácsolóerő szab határt. A membrános befogó szorítófofa számának emelése szintén lehetséges, de csak bizonyos mértékben.

Vizsgálatainkat a szóban forgó gyűrű deformációjának elméleti meghatározására végeztük el, négy és nyolc szorítóerő esetén, majd a problémát



3. ábra

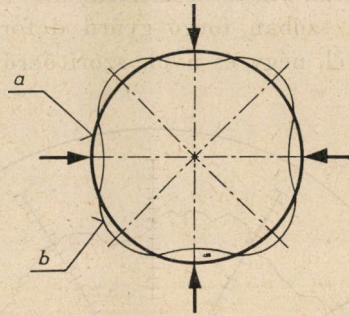
általánosítottuk. Számításainknál a szorítóerők alkotó irányú vonalmenti hatását tételeztük fel közelítésképpen, továbbá eltekintettünk a köszörülés forgácsolóerői által létrehozott deformációktól, valamint a munkadarab forgásából adódó járulékos erők hatásától.

a) Négy erővel történő megfogás

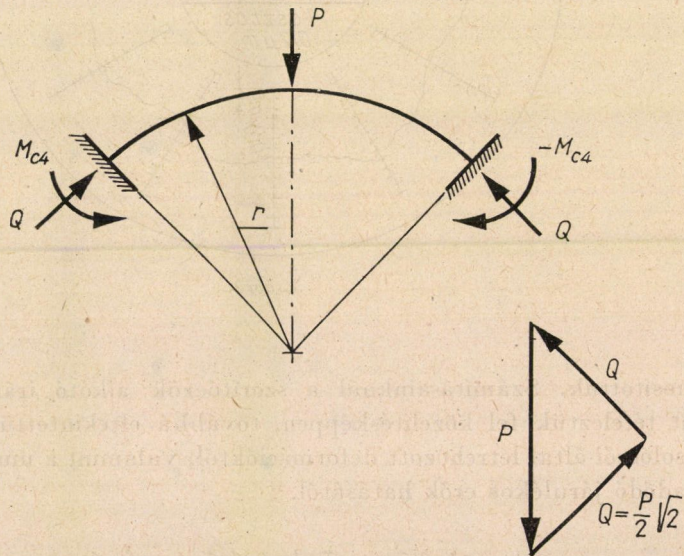
Négy erővel való megfogás esetén a súlyponti szál eredeti és deformált alakját a 4. ábra mutatja. Mivel a munkadarab és a befogóerők elhelyezése szimmetrikus, így lehetséges, hogy az 5. ábra szerinti kimetszést elvégezzük. A statikailag határozatlan síkbeli zárt keretszerkezet kimetszett darabján az ábrán felrajzolt erőegyensúlyt tételezhetjük fel, ahol az elmetszés helyén a belső erőhatásokat Q normál erővel és M_c hajlítónyomatékkal helyettesít-

hetjük. A további szimmetriát kihasználva a 6. ábra szerinti kimetszést végezhetjük el.

Egyensúlyt feltételezve a Q normálerőt az erőszögből határozhatjuk meg. Az M_c hajlítónyomaték pedig Castigliano tétele segítségével számítható ki.



4. ábra



5. ábra

A szögelfordulás a D keresztmetszetben az alábbiak szerint írható fel:

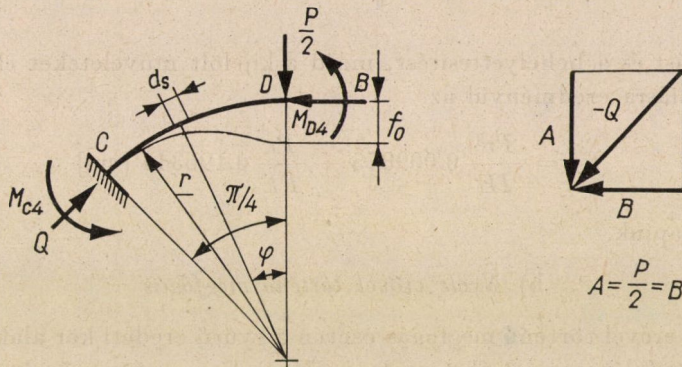
$$\alpha_{D4} = \frac{\partial L}{\partial M_{D4}} = \frac{1}{IE} \int M \frac{\partial M}{\partial M_{D4}} ds, \quad (1)$$

ahol $M = A r \sin \varphi - M_{D4} - Br (1 - \cos \varphi);$ (2)

$$\frac{\partial M}{\partial M_{D4}} = -1. \quad (3)$$

A kapott összefüggéseket behelyettesítve az (1) egyenletbe kapjuk, hogy

$$\alpha_{D4} = -\frac{1}{IE} \int_0^{\pi/4} [A r \sin \varphi - M_{D4} - Br (1 - \cos \varphi)] r d\varphi. \quad (4)$$



6. ábra

Továbbá feltételezve azt, hogy a D keresztmetszetben az α_{D4} szögelfordulás zérus, kiszámítható az M_{D4} hajlítónyomaték:

$$M_{D4} = \frac{4}{\pi} A r 0,214. \quad (5)$$

Nyomatéki egyenletből meghatározható az M_{C4} hajlítónyomaték:

$$M_{C4} = Qr \left(1 - \cos \frac{\pi}{4}\right) - M_{D4} = Pr 0,07048. \quad (6)$$

A 6. ábra jelöléseivel meghatározható a D keresztmetszet f_{D4} elmozdulása Betti tétele értelmében, ugyanis

$$f_{D4} = \frac{1}{IE} \int Mm ds + \frac{1}{FE} \int Nn ds. \quad (7)$$

Az egyenlet első tagja a hajlítónyomatékokból adódó, a második tag pedig a rúderőkből származó deformációkat adja általánosan eredményül, melyeket részletesen kifejtve a következő egyenleteket kapjuk:

$$f'_{D4} = \frac{1}{IE} \int Mm \, ds = \frac{1}{IE} r^2 \int_0^{\pi/4} (Ar \sin^2 \varphi - Br \sin \varphi + Br \sin \varphi \cos \varphi - M_{D4} \sin \varphi) \, d\varphi; \quad (7a)$$

$$f''_{D4} = \frac{1}{FE} \int Nn \, ds = \frac{1}{FE} r \int_0^{\pi/4} (A \sin^2 \varphi + B \sin \varphi \cos \varphi) \, d\varphi. \quad (7b)$$

Az integrálást és a behelyettesítést, majd a kijelölt műveleteket elvégezve az f_{D4} elmozdulásra eredményül az

$$f_{D4} = \frac{Pr^3}{IE} 0,009875 + \frac{Pr}{FE} 0,196344 \text{ [cm]} \quad (8)$$

kifejezést kapjuk.

b) Nyolc erővel történő megfogás

Nyolc erővel történő megfogás esetén a gyűrű eredeti kör alakú és deformált alakját vázlatosan a 2. ábra mutatja. Hasonlóan a négy erővel történő megfogáshoz, a jelen esetben is fennálló szimmetria a 7. ábra szerint elképzelt kimetszést teszi lehetővé. A kimetszés helyein rúderőket feltételezve az erőszögből meghatározhatók a támasztóerők.

A támasztóerők ismeretében meghatározhatók a hajlítónyomatékok, ha a 7. ábra szimmetriáját kihasználva elvégezzük a végleges kimetszést.

A 8. ábra alapján az M_{D8} hajlítónyomatékok meghatározására a D keresztmetszet szögelfordulását $\alpha_{D8} = 0$ -nak kell vennünk, mely szerint

$$\alpha_{D8} = \frac{1}{IE} \int M \frac{\partial M}{\partial M_{D8}} \, ds = 0. \quad (9)$$

Behelyettesítve a jelen esetben is érvényes (2) és (3) összefüggéseket, továbbá az integrálást, és a kijelölt műveleteket elvégezve, az M_{D8} hajlítónyomatékot az alábbiak szerint kapjuk meg:

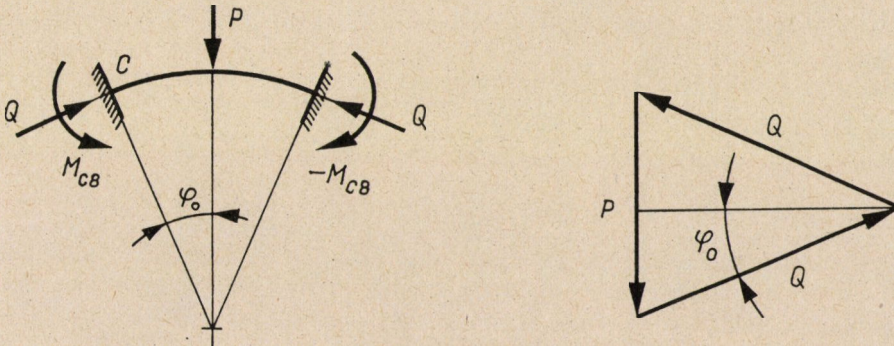
$$M_{D8} = Pr 0,066240. \quad (10)$$

A C pontra felírt nyomatéki egyenlethől meghatározható az M_{C8} hajlítónyomaték:

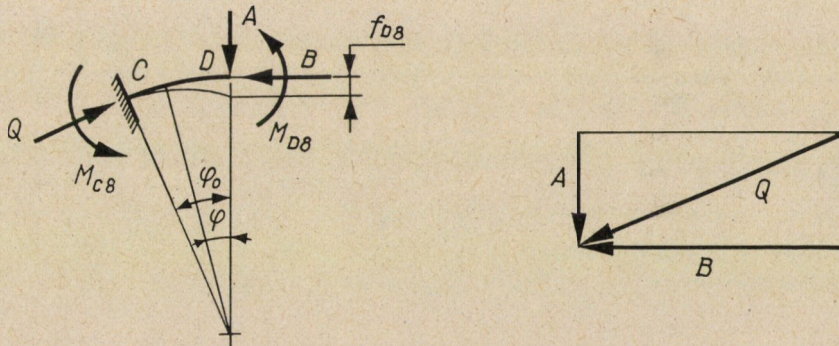
$$M_{C8} = Pr 0,033184. \quad (11)$$

A kimetszett gyűrűdarabra ható erők és hajlítónyomatékok ismeretében meghatározható a 8 erővel megszorított gyűrű D keresztmetszetének f_{D8} elmozdulása.

Az elmozdulás számításánál jelen esetben is figyelembe vesszük a hajlítónyomatékokból és a feltételezett rúderőkől származó deformációkat (7)



7. ábra



8. ábra

szerint:

$$f_{D8} = \frac{1}{IE} \int Mm \, ds + \frac{1}{FE} \int Nn \, ds . \quad (12)$$

A hajlítónyomatékokból származó deformáció az alábbiak szerint alakul:

$$f'_{D8} = \frac{1}{IE} \int Mm \, ds = \frac{1}{IE} r^2 \int_0^{\pi/8} (Ar \sin^2 \varphi + Br \sin \varphi + Br \sin \varphi \cos \varphi - M_{D8} \sin \varphi) \, d\varphi . \quad (12a)$$

A rúderők okozta deformációt a következő összefüggés adja:

$$f''_{D8} = \frac{1}{FE} \int Nn \, ds = \frac{1}{FE} r \int_0^{\pi/8} (A \sin^2 \varphi + B \sin \varphi \cos \varphi) \, d\varphi; \quad (12b)$$

$$f_{D8} = f'_{D8} + f''_{D8}.$$

A (12a) és (12b) kifejezésekben az integrálást és az azt követő műveleteket elvégezve, az f_{D8} elmozdulást az alábbi összefüggés adja eredményül

$$f_{D8} = \frac{Pr^3}{IE} 0,00128166 + \frac{Pr}{FE} 0,0987525 \text{ [cm]}. \quad (13)$$

*

3. A deformációszámítás általánosítása

Ha az előbbieken vázolt négy és nyolc szorítóerővel okozott deformációk számításának menetét megvizsgáljuk, és a formulákat összehasonlítjuk, a következőket állapíthatjuk meg:

A (7) és (12) kiindulási összefüggések alapján kifejtett (7a) és (7b), valamint (12a) és (12b) egyenletek formailag teljesen megegyező kifejezések. A négy és nyolc szorítóerő okozta deformációkat adó kifejezések csak az integrálási határokokban különböznek.

Összehasonlítva az integrálási határokokat, amelyek

$$\text{négy erő esetén} \quad 0 - \frac{\pi}{4} - \text{ig,}$$

$$\text{nyolc erő esetén} \quad 0 - \frac{\pi}{8} - \text{ig}$$

terjednek, azt látjuk, hogy a felső határt jelentő tört nevezője megegyezik a gyűrűt szorító erők számával.

Fentiek alapján a probléma úgy általánosítható, hogy az integrálás felső határának nevezője a gyűrűt szorító erők számával n -nel lesz egyenlő, tehát $\frac{\pi}{n}$.

A gyűrűdeformáció meghatározására alkalmas általánosított összefüggés a következő:

$$f_{Dn} = \frac{r^2}{IE} \int_0^{\pi/n} (Ar \sin^2 \varphi - Br \sin \varphi + Br \sin \varphi \cos \varphi - M_{Dn} \sin \varphi) d\varphi + \frac{r}{FE} \int_0^{\pi/n} (A \sin^2 \varphi + B \sin \varphi \cos \varphi) d\varphi. \quad (14)$$

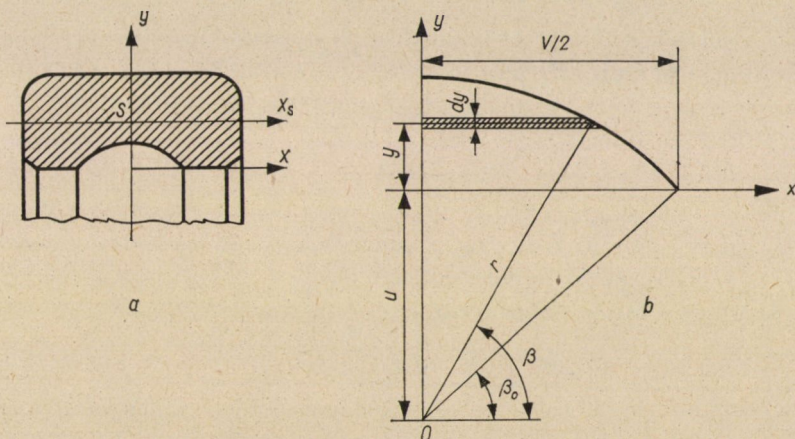
Vizsgálatainkat csak párosszámú erőkkel való megfogás eseteire végeztük el.

*

4. Mélyhornyú golyóscsapágy-gyűrűszelvény másodrendű nyomatékának meghatározása

Számításainkat mélyhornyú golyóscsapágy külsőgyűrűre végeztük el. A deformáció értékének számszerű meghatározásához szükségünk van a csapágygyűrű-szelvény másodrendű nyomatékára, amelyet a szelvényen fellelhető egyszerű síkidomokra történő felosztás útján, és a gördülópálya-szelvényre vonatkozó analitikai számítással határoztunk meg.

A gördülópálya-szelvény másodrendű nyomatékának meghatározását a 9. ábra jelölésével az alábbiak szerint végeztük el.



9. ábra

Az általános $I_x = y^2 dF$ alapösszefüggéshez felírhatók az alábbiak:

$$y = r \sin \beta - u \quad ; \quad u = r \sin \beta_0 ;$$

$$y' = \frac{dy}{d\beta} = r \cos \beta \quad ; \quad dy = r \cos \beta d\beta ;$$

$$dF = r \cos \beta dy = r^2 \cos^2 \beta d\beta .$$

Elvégezve a behelyettesítést, kapjuk az

$$I_x = \int y^2 dF = \int_{\beta_0}^{\pi/2} (r \sin \beta - r \sin \beta_0)^2 r^2 \cos^2 \beta d\beta ,$$

összefüggést, mely integrálás után az alábbiak szerint alakul:

$$I_x = r^4 \left(\frac{2\pi - 4\beta_0 + \sin 4\beta_0}{32} + \frac{\pi - 2\beta_0 - \sin 2\beta_0}{4} \sin^2 \beta_0 - \right. \\ \left. - \frac{2}{3} \sin \beta_0 \cos^3 \beta_0 \right) .$$

I_x számszerű értékének kétszerese a gördülópálya-szelvény x tengelyre vonatkoztatott másodrendű nyomatékát adja. A teljes gyűrűszelvény x_s súlyponti tengelyre vonatkoztatott másodrendű nyomatékát a részterületek inercia nyomatékainak ismert módszerrel való átszámításával (STEINER-tétel) kapjuk eredményül.

5. Deformációk összehasonlítása és értékelése

Az előzőekben ismertetett számításaink nyomán [a (8) és (13), valamint (14) összefüggések alapján] párosszámú szorítóerők esetére a 6305-ös típusú mélyhornyú gyűrűs golyóscsapágy külsőgyűrűjének deformációját határoztuk meg, egységnyi szorítóerők ($F = 1$ kp) esetén. A deformációk értékeit a 10. ábrán ábrázoltuk a szorítóerők számának függvényében.

A diagramon az $f'_D = f(n)$ görbe a szorításból származó nyomatékok okozta, az $f''_D = f(n)$ jelű függvény a rúderők hatásából adódó deformációkat ábrázolja a szorítóerők számának megfelelően.

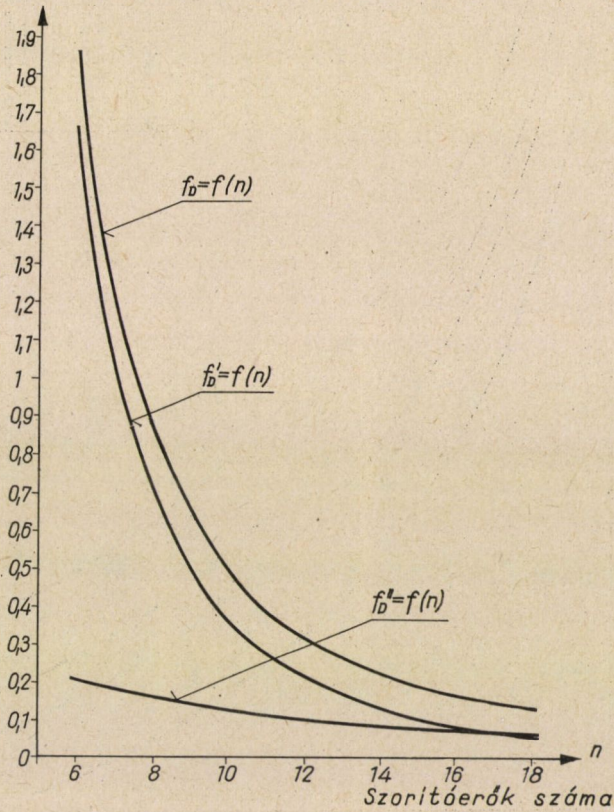
A diagram a teljes deformáció értékét mutatja:

$$f_D = f(n) = f'_D(n) + f''_D(n) .$$

A görbékkel megállapítható, hogy a deformáció szempontjából a szorításból adódó nyomatéki terhelések a dominálók, míg a feltételezett rúderőkből adódó gyűrűdeformáció többszörösen kisebb kevés szorítóerő (6—8) esetén is.

A szorítóerők számának növelésével az okozott deformáció csökken. Összehasonlítva a 8 és 16 szorítóerő okozta deformációt azt állapíthatjuk meg, hogy a 8 erő okozta alakváltozásnak csak 23%-a a 16 erővel létrehozott alakváltozás.

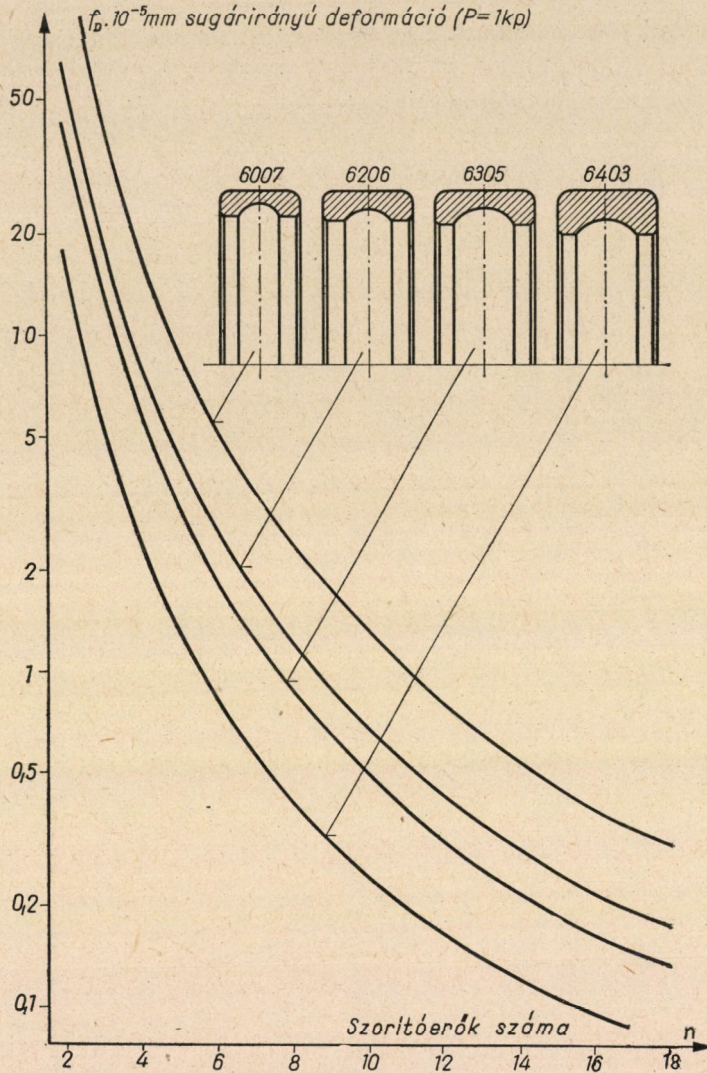
Sugárirányú deformáció
 $f_D, f_{D'}, f_{D''} \cdot 10^{-5} \text{ mm}$



10. ábra

A különböző mélyhornyú gyűrűs golyóscsapágyak azonos palástméretű típusainak pályaköszörüléshez való befogásánál létrejövő deformációk összehasonlítását a 11. ábrán mutatjuk be.

Az ábráról az azonos palástméretű 6007, 6206, 6305 és 6403 típusok egységnyi szorítóerő okozta deformációja olvasható le. Következtetesként kimondhatjuk az ábra alapján, hogy a különböző sorozatból való azonos külső-átmérőjű gyűrűk befogása ugyanazzal a szorítóerővel való megfogással helytelen. A vékonyabb gyűrű sokkal nagyobb deformációt szenved, mint a vastagabb. Az ábrán a bejelölés alapján megállapíthatjuk, hogy azonos számú és



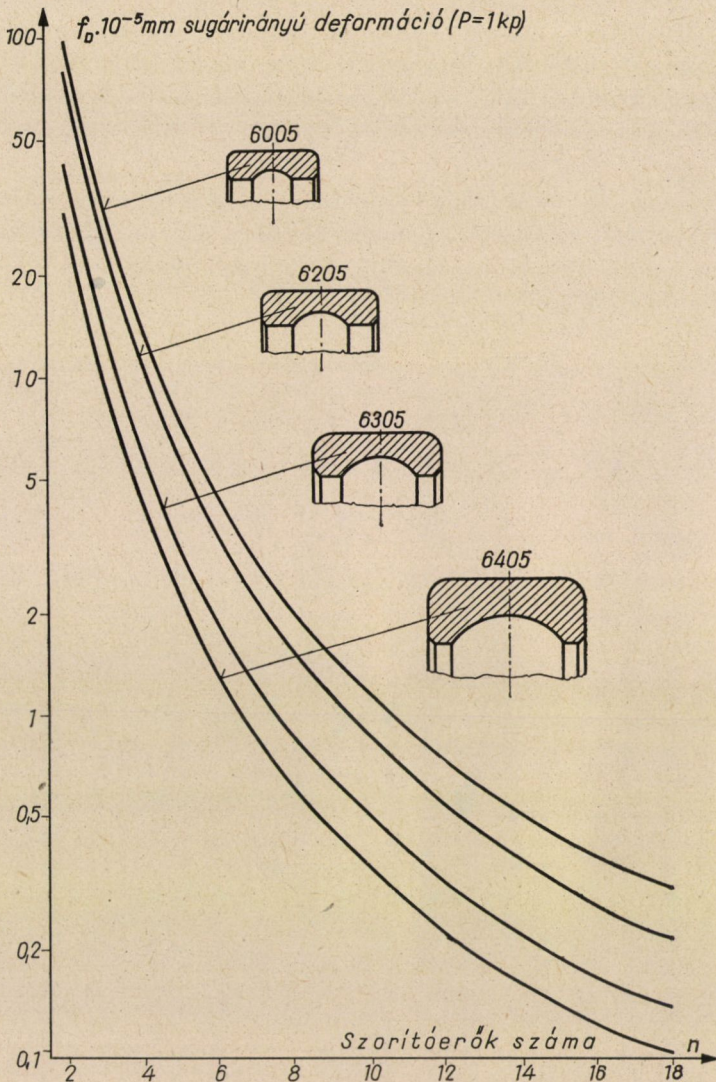
11. ábra

nagyságú szorítóerő esetén a 6007 jelű gyűrű 4-szer annyit deformálódik, mint a 6403 jelű csapágygyűrű.

A 12. ábra azonos furatméretű különböző sorozatból való mélyhornyú golyócsapágy külsőgyűrűk deformációit hasonlítja össze.

*

A diagramok alapján a kerületen egyenletesen elosztott 2—18 számú ismert szorítóerő esetén kiszámítható a gördülőcsapágygyűrűk deformációja.



12. ábra

A (14) összefüggés alapján bármilyen szelvényű és a kerületen egyenletesen elosztott *páros számú* szorítóerő esetén számítható ki a gyűrűk deformációja.

Vizsgálataink alapján megállapíthatjuk, hogy a bevezetésben vázolt befogóberendezés — nem megfelelő alkalmazás esetén — számottevő deformációt okozhat, mely alakhiba rányomja bélyegét a gördülőcsapágy minőségére és kihatással van annak üzemére.

Megállapíthatjuk, hogy az azonos felfogási méretű munkadarabok befogása és megszorítása között lényeges különbséget kell tenni.

A befogóberendezés konstrukcióját alkalmasan kell megválasztani, vagy membrános befogó esetén a szorítóerők számát a lehető legnagyobbra kell emelni.

Membrános felfogás esetén a befogófej előkészítése a gyártáshoz lényeges munkát jelent, mert minőségi jellemzőt határoz meg. Módszert kell találni arra, hogy a befogófej szorító átmérőjét optimális méretre alkalmasan köszörülje fel a gépbeállító.

A vizsgálat elvi kidolgozásában szíves segítséget nyújtott dr. HUSZÁR István, a műszaki tudományok kandidátusa, a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Mechanikai Tanszékének docense, melyet ezúton is köszönünk.

IRODALOM

1. MASSE, R.: Calcul des cylindres creaux à formes ovales. (Ellipszisalakú gyűrűk szilárdsági számításai.) *Le Genie Civil* 132 (1955)
2. DR. SÁLYI ISTVÁN: Szilárdságtan. Egyetemi jegyzet, Miskolc, 1954.
3. MUTNYÁNSZKY ÁDÁM: Szilárdságtan II. Egyetemi jegyzet, Budapest, 1953.

ÖSSZEFOGLALÁS

A korszerű gördülőcsapágygyártás egyik legnagyobb problémája a kis nagyságrendű alakhibák megszüntetése, melyek befolyással vannak a gördülőcsapágyak zöreijére.

A tanulmány bizonyos egyszerűsítések feltételezése mellett számítással — elvi általánosságban — foglalkozik a gördülőcsapágygyűrűk olyan deformációjával, mely köszörülés közben a használatos befogófej fogási helyeinél keletkező nyomás következtében létrejön. A szerzők bemutatják az ellenőrző mérés eredményét is. Megvizsgálják a befogási helyek szaporításának a deformációra való befolyását és diagramokon mutatják be a vizsgálatok eredményeit. A vizsgálat eredményei alapján általános következtetéseket vonnak le a befogófej kialakítására vonatkozóan.

KÜLÖNLEGES ALAKÚ MEMBRÁNHÉJAK SZABÁLYOS HÁROMSZÖG-ALAPRAJZ FÖLÖTT

CSONKA PÁL

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA
AZ MTA ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI MUNKAKÖZÖSSÉGE, BUDAPEST

[Beérkezett 1961. május 17-én]

1. Bevezetés

Az alábbiakban szabályos háromszög-alaprajz fölé szerkesztett oly membránhéjakkal foglalkozunk, melyek oldalnyomással szemben nem ellenálló, függélyes síkú peremívekre támaszkodnak.

2. Alapismeretek

A vizsgálatok céljaira az 1. és 2. ábrán feltüntetett derékszögű, illetve hengeres koordináta-rendszert vezetjük be. A háromszög-alaprajzba írható kör sugarát a betűvel jelöljük. Terhelésként csak függélyes megoszló erővel számolunk. Ezeknek az alaprajzi vetületi területre vonatkoztatott fajlagos értékét Z betűvel jelöljük.

Ha a Z teherértéket a $+z$ tengelyág irányában ható terhelés esetében tekintjük pozitívnak, a feladat Puchner-féle differenciálegyenlete:

$$f_{xx} F_{yy} - 2f_{xy} F_{xy} + f_{yy} F_{xx} + Z = 0. \quad (1)$$

A fenti képletben $z = f(x, y)$ a héj középfelületének ordinátáit, $F = F(x, y)$ a héj ún. feszültségfüggvényét jelenti, a lábindexek pedig az x , illetve y változók szerinti deriválásokat tüntetik fel.

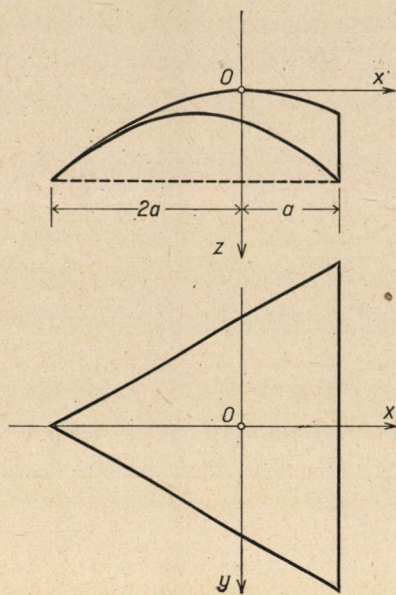
Az x, y irányú n_x, n_{xy}, n_y vetületi feszítőerők a feszültségfüggvénnyel a következő kapcsolatban állanak:

$$n_x = F_{yy}, \quad n_{xy} = -F_{xy}, \quad n_y = F_{xx}. \quad (2)$$

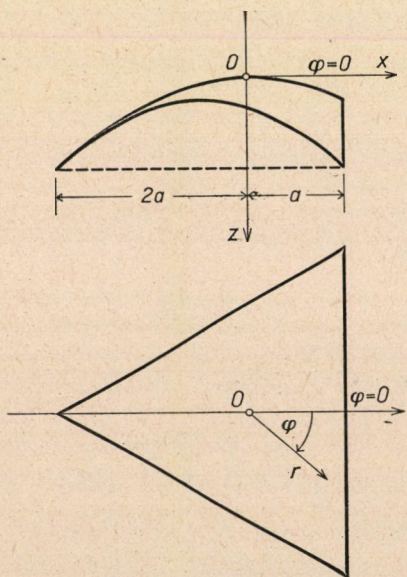
Mint hogy a héj peremtartói kikötésünk szerint oldalnyomásmentesek, a feszültségfüggvénynek egy-egy oldalél mentén állandónak, vagy legfeljebb lineárisan változónak kell lennie.

A fenti kerületi feltételnek megfelelő legegyszerűbb függvényt úgy állítjuk elő, ha a háromszög-alaprajz három oldalélének zérusra redukált egyenletét egymással megszorozzuk:

$$F = -C \left(1 - \frac{x}{a}\right) \left(\frac{y}{a} - \frac{\sqrt{3}x}{3a} - \frac{2\sqrt{3}}{3}\right) \left(\frac{y}{a} + \frac{\sqrt{3}x}{3a} + \frac{2\sqrt{3}}{3}\right), \quad C = \text{konst.}$$



1. ábra. Az $O(x, y, z)$ derékszögű koordinátarendszer



2. ábra. Az $O(r, \varphi, z)$ hengeres koordinátarendszer

Rendezés után:

$$F = -C \left(\frac{x^3}{3a^3} - \frac{xy^2}{a^3} + \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} - \frac{4}{3} \right). \quad (3)$$

Az alábbiakban ezt a függvényt választjuk feszültségfüggvényül, s a héj alakját a terheléstől függően úgy állapítjuk meg, hogy az minden pontban pontosan feleljen meg az (1) differenciálegyenletnek.

Ha a (3) alatti feszültségfüggvényt a (2) képletekbe behelyettesítjük, valamennyi itt tárgyalandó héj vetületi feszítőerőit egységesen a következő képletekkel fejezhetjük ki:

$$\begin{aligned} n_x &= -\frac{2C}{a^2} \left(1 - \frac{x}{a} \right), \\ n_{xy} &= -\frac{2C}{a^2} \cdot \frac{y}{a}, \\ n_y &= -\frac{2C}{a^2} \left(1 + \frac{x}{a} \right). \end{aligned} \quad (4)$$

3. A középfelület alakja

Az (1) differenciálegyenletet a (3) alattiak behelyettesítésével így írhatjuk:

$$\left(1 - \frac{x}{a} \right) f_{xx} + 2 \frac{y}{a} f_{xy} + \left(1 + \frac{x}{a} \right) f_{yy} = \frac{Za^2}{2C}. \quad (5)$$

A következőkben e differenciálegyenletnek különböző egyszerű Z terhelés-függvényekhez tartozó megoldásait kívánjuk bemutatni.

A szóban forgó differenciálegyenlethez rendelhető *homogén egyenlet* végtelen sok megoldású. Két aránylag egyszerű megoldást az I. táblázat tartalmaz.

I. táblázat

A homogén differenciálegyenlet egyes megoldásai

No	Z	z
1	0	$\varrho^3 \sin 3\varphi$
2	0	$14 \varrho^6 - 8 (\varrho^3 \cos 3\varphi)^2 + 15 \varrho^2 (\varrho^3 \cos 3\varphi) + 30 \varrho^4 + 40 (\varrho^3 \cos 3\varphi)$

A fenti képletekben

$$\varrho = \frac{r}{a},$$

és ennek megfelelően

$$\varrho^3 \cos 3\varphi = \frac{1}{a^3} (x^3 - 3xy^2),$$

$$\varrho^3 \sin 3\varphi = \frac{1}{a^3} (3x^2y - y^3).$$

Az *inhomogén egyenlet* egy-egy partikuláris megoldása egyes egyszerű terhelési esetekben a II. táblázatból vehető ki:

II. táblázat

Az inhomogén differenciálegyenlet egyes megoldásai

No	Z	z
1	1	$\frac{\varrho^2}{8}$
2	ϱ^2	$-\frac{\varrho^3 \cos 3\varphi}{24}$
3	ϱ^4	$\frac{7\varrho^6}{360} - \frac{(\varrho^3 \cos 3\varphi)^2}{90}$
4	$\varrho^3 \cos 3\varphi$	$-\frac{\varrho^4}{16} - \frac{\varrho^3 \cos 3\varphi}{12}$
5	$\varrho^3 \sin 3\varphi$	$-\frac{\varrho^2}{32} (\varrho^3 \cos 3\varphi)$
6	$\varrho^2(\varrho^3 \cos 3\varphi)$	$\frac{\varrho^8}{120} - \frac{(\varrho^3 \cos 3\varphi)^2}{60}$
7	$\varrho^2(\varrho^3 \sin 3\varphi)$	$-\frac{(\varrho^3 \cos 3\varphi)(\varrho^3 \sin 3\varphi)}{60}$

4. Két különleges eset

A 3. alatt közölt megoldások lineáris kombinációjaként az alábbiakban két különleges esetet mutatunk be. Az első esetben a héj szimmetrikus, a másodikban aszimmetrikus alakítású.

Első eset. Legyen a héj terhelésfüggvénye

$$Z = A + B\varrho^2 \quad (6)$$

alakú polinom. Ennek megfelelően a II. táblázat 1. és 2. jelű sorában közöltek felhasználásával a héj középfelületének egyenlete így szerkeszthető meg:

$$z = \frac{Aa^4}{C} \cdot \frac{\varrho^2}{8} - \frac{Ba^4}{C} \cdot \frac{\varrho^3 \cos 3\varphi}{24}.$$

Áttérve derékszögű koordinátákra,

$$z = \frac{Aa^4}{C} \cdot \frac{x^2 + y^2}{8a^2} - \frac{Ba^4}{C} \cdot \frac{x^3 - 3xy^2}{24a^3}.$$

A szóban forgó héj középfelületének peremvonalai, valamint a peremívekkel párhuzamos függélyes metszetei függélyes tengelyű parabolák.

A héj alakját az

$$A/C = \frac{2,547}{a^3}, \quad B/C = \frac{0,532}{a^3}$$

esetben a 3. ábra tünteti fel. Az itt előforduló konstansok értékét úgy állapítottuk meg, hogy a peremívek ívmagassága a peremívek fesztávolságának harmadrészével legyen egyenlő, a héjfal önsúlya pedig a héj középpontjában, valamint a sarokpontokban pontosan egyezzen meg a (6) alatti értékkel.

Második eset. Legyen a héj terhelésének az alaprajz vetületi területére vonatkoztatott fajlagos értéke

$$Z = A = \text{konst.}$$

Most a héj középfelületét az I. és II. táblázat 1. jelű sorában közöltek felhasználásával a következőképp állíthatjuk elő:

$$z = \frac{Aa^4}{C} \cdot \frac{\varrho^2}{8} + \frac{Ba^4}{C} \varrho^3 \sin 3\varphi.$$

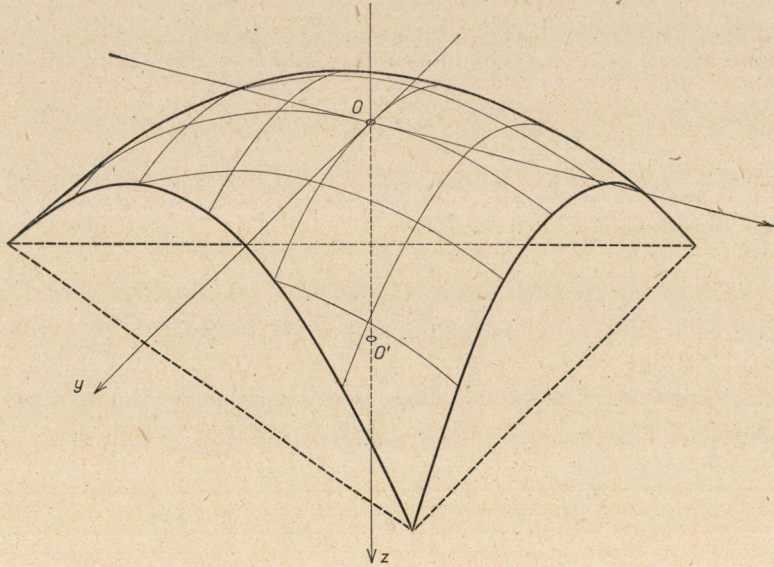
Derékszögű koordinátákkal kifejezve

$$z = \frac{Aa^4}{C} \cdot \frac{x^2 + y^2}{8a^2} + \frac{Ba^4}{C} \cdot \frac{3x^2y - y^3}{a^3}.$$

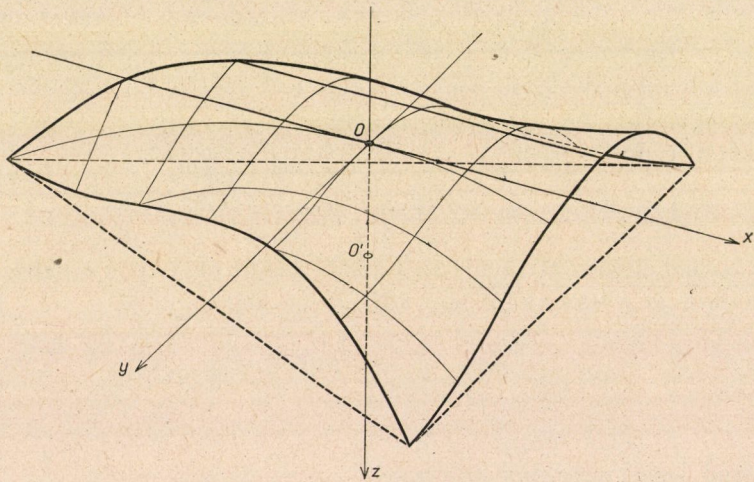
E héj középfelületének a háromszög-alaprajz szögfelezőben emelt függélyes síkokkal párhuzamos metszetei függélyes tengelyű másodfokú parabolák.

A héj középfelülete az

$$A/C = \frac{3}{2a^3}, \quad B/C = \frac{\sqrt{3}}{16a^3}$$



3. ábra. Szabályos háromszög-alaprajzú szimmetrikus héj



4. ábra. Szabályos háromszög-alaprajzú aszimmetrikus héj

esetben a 4. ábra szerint alakul. Minthogy a peremívek alakja lényegesen eltér a terhelőerők kötélgörbéjétől, a peremívekben tekintélyes hajlítónyomatékok keletkeznek.

A bemutatott aszimmetrikus alakú héj célszerűen alkalmazható olyankor, amidőn az épület különleges alakításával valamely dinamizmust akarnak érzékeltetni, vagy valamely exotikus célt akarnak kifejezésre juttatni. Célszerűen felhasználható a szóban forgó héj reklámépületek céljaira is.

IRODALOM

1. SZMODITS, K.: Spherical Shell over a Triangular Base (in Hungarian), *Magyar Építőipar* 7 (1958), 167—168.
2. CSONKA, P.: Paraboloid Shell of Revolution over Equilateral Triangle Basis. *Acta Technica Ac. Sc. Hung.* 29 (1960), 313—332.
3. CSONKA, P.: Calculation of Paraboloid Shells of Revolution on a Base Comprising a Regular Triangle or Hexagon by the Relaxation Method. *Acta Technica Ac. Sc. Hung.* 31 (1960), 343—357.
4. CSONKA, P.: Two Methods of Calculation of Paraboloid Shells of Revolution over a Regular Triangular Base. *Proceedings. The Indian Concrete Journal* 33 (1959), 411—416.
5. CSONKA, P.: Some Remarks on the Calculation of Paraboloid Shells of Revolution over a Regular Triangular Base. *The Indian Concrete Journal* 35 (1961), 223-224.

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat szabályos háromszög-alaprajz fölé szerkesztett oly membránhéjakat tárgyal, melyek oldalnyomással szemben nem ellenálló peremívekre támaszkodnak. A tanulmány a héjak feszültségfüggvényét előre felveszi, s a középfelület alakját a héj terhelésétől függően úgy állapítja meg, hogy a héjprobléma Pucher-féle differenciálegyenlete minden pontban teljesedjék. A feladat megoldására alkalmazott módszer tehát ún. inverz eljárás.

A dolgozat néhány egyszerű terhelési esetre a feladat megoldását táblázatokba foglalva közli. E táblázatok összetett terhelési esetekben is célszerűen használhatók. Felhasználásukra nézve a dolgozat két gyakorlati példát mutat be.

DUGÓVAL VALÓ CSŐHÚZÁSKOR KELETKEZŐ ERŐK ÉS FESZÜLTSGEK

MARIAN SCHNEIDER

BÁNYÁSZATI-KOHÁSZATI AKADÉMIA KRAKOW, FÉMEK KÉPLÉKENY ALAKÍTÁSÁNAK TANSZÉKE

[Beérkezett 1961. május 29-én]

I. Bevezetés

Csőhúzáskor többnyire három húzási eljárás használatos:

a) Üreshúzás célja a csőátmérő csökkentése. Az átmérő ily módon történő csökkentésével rendszerint együtt jár a falvastagság jelentéktelen mérvű nagyobbodása vagy csökkenése. Egy húzás esetében ez átlagosan 2—3%. A falvastagságváltozás (nagyobbodás vagy csökkenés) a falvastagság és a cső sugar viszonyától függ. Az üreshúzást (tüske nélkül) többnyire akkor használják, ha tüske segítségével a kívánt falvastagságot húzás által elérték. Az átmérő legnagyobb csökkenése tüske nélküli húzásnál átlag 30—35%. Tüske nélküli húzás hiányossága, hogy a csőben húzás után jelentős belső-feszültségek maradnak vissza, melyek nagysága a csőátmérő csökkentésének fokától függ. Ezen feszültségek gyakran már néhány óra után bekövetkező repedéseket okoznak. Repedési veszély elhárítására a csöveket közvetlenül húzás után feszültségtelenítő lágyításnak vetik alá.

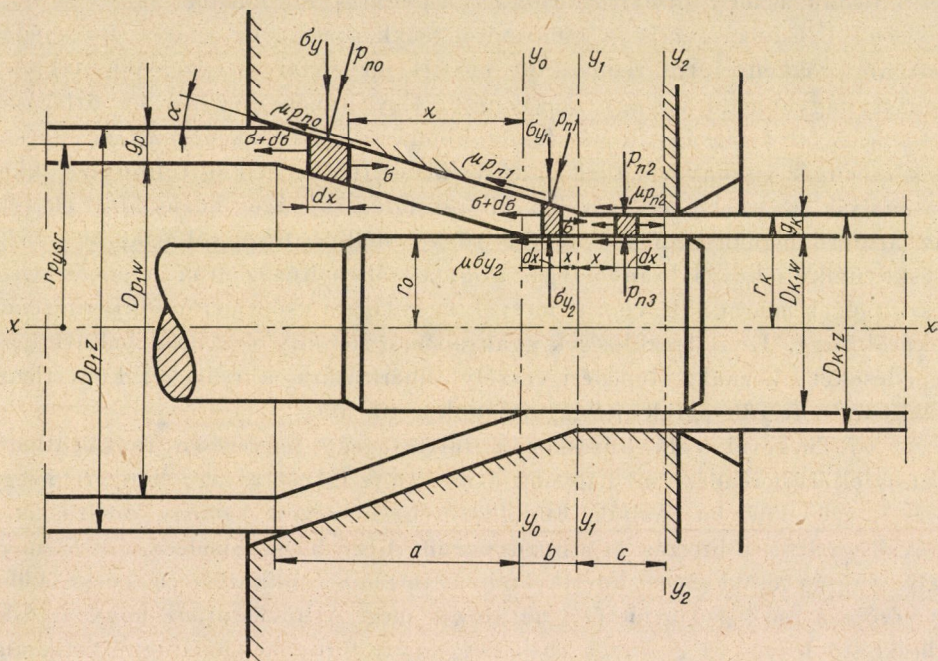
b) Tüskével való húzáskor a falvastagság lényegesen csökkenthető. Ezt az eljárást rendszerint nagyobb átmérőjű és falvastagságú hengerelt vagy préselt csöveknél használják. Ennél a csőbe helyezett kemény acéltüskét a csővel együttesen húzzák át a húzógyűrűn. A cső hosszabbodása a csőátmérő falvastagság csökkenése következtében történik, miközben a tüske külső átmérője a cső belső átmérőjét határozza meg. Áthúzás után, hogy a tüske kihúzható legyen, a csövet a tüskével együtt ferde hengerlésnek vetik alá, melynek következtében a cső átmérője 1,5—2 mm-rel nagyobbodik. Tüskén való húzáskor az acélsövek maximális hosszabbodása egy húzásnál 1,70—1,75.

c) Dugóval való húzás. A csőhúzáskor vékony rúdra erősített dugó mozdulatlan marad, gyűrű alakú nyílást képezve. A húzógyűrű és a dugó képezik ezt a nyílást. Ennél a folyamatnál a súrlódást a csőnek mind a külső, mind a belső felületén le kell győzni. A dugónak a csőbe történő helyezésénél a dugó átmérőjét rendszerint ívének figyelembevételével 2—3 mm-rel kisebbre veszik, mint a cső belső átmérője. A súrlódó erő csökkentése végett különös figyelmet fordítanak a húzógyűrű és a dugó minőségére; ezeket legcélszerűbb

krómoztatni. Azonkívül húzásnál kiváló minőségű kenőanyagot használnak, melyet a külső felület kenése végett a húzógyűrűbe, a dugó kenése végett pedig a cső belsejébe vezetnek. Acélcsővek dugóval való húzásakor (0,3% C-ig), valamint gyengén ötvözött csövek esetében a megnyúlási együttható egy húzásnál ne legyen nagyobb 1,45—1,50-nél.

II. Húzóerő dugóval való csőhúzásakor

A csőhúzás folyamata dugóval való húzásakor három munkaszakaszra osztható (1. ábra):

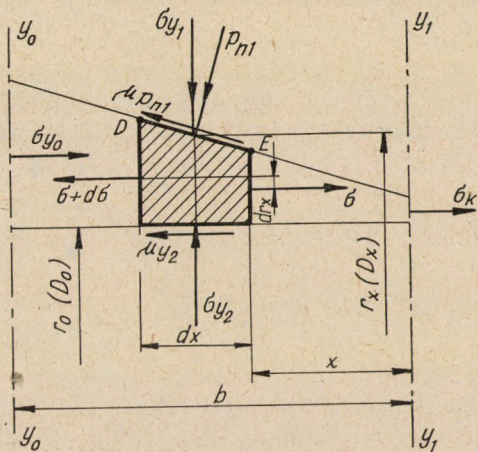


1. ábra

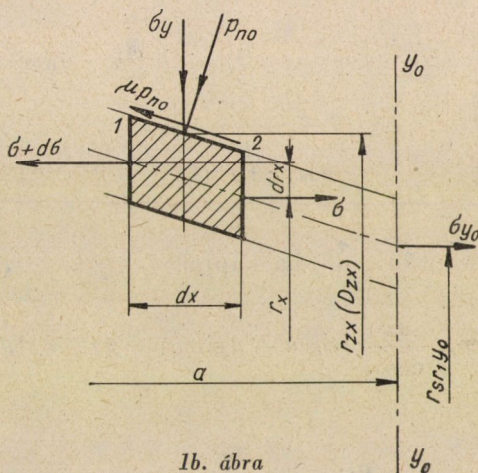
a) Az *a* szakaszon üreshúzásakor — ahol az átmérő csökkenése történik —, a falvastagság elméletileg nem vékonyodik. Ebben a munkaszakaszban a dugó a húzási folyamatban nem vesz részt.

b) A *b* szakaszban a húzás alkalmával a csőszelét egyidejű átmérőcsökkenése mellett a falvastagságban is alakváltozás mutatkozik.

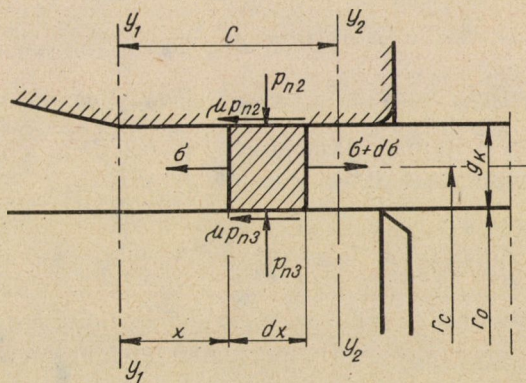
c) A húzógyűrű *c* szakaszán húzás a kalibráló hengeres részen történik.



1a. ábra



1b. ábra



1c. ábra

III. Húzás a „b” szakaszban (1a ábra)

A *b* szakasz által megjelölt alakváltozási területen válasszunk külön kis *dx* vastagságú gyűrű alakú csőelemet. Az erőprojekció feltételeit *x* irányban az 1a ábra mutatja.

$$\sigma f + d(\sigma f) - \sigma f + 2\pi r_x (p_{n1} + p_{n1} \mu \cos a) \frac{dx}{\cos a} + 2\pi r_0 dx \sigma_{y2} \mu = 0 \quad (1)$$

$$f = \pi (r_x^2 - r_0^2); \quad df = 2\pi r_x dr_x; \quad dx = \frac{dr_x}{\operatorname{tg} a}. \quad (2)$$

A fém és a húzógyűrű érintkezési felületén az eredő nyomófeszültség σ_{y1} , mely tengelyéhez függőleges síkban hat, az elemi erők összegével (ΣP_y) van meghatározva. Ezek az erők nyomják a gyűrű alakú elemet és a húzógyűrű tengelyre merőleges síkban hatnak:

$$\Sigma P_y = \pi D_x \cdot p_{n1} \cdot \overline{DE} \cdot \cos a - \pi D_x p_{n1} \mu \overline{DE} \cdot \sin a = \pi D_x \sigma_{y1} dx, \quad (3)$$

mielvel:

$$\frac{dx}{\overline{DE}} = \cos a; \quad \overline{DE} = \frac{dx}{\cos a}. \quad (4)$$

A (4) behelyettesítése után a (3)-ba kapjuk:

$$\pi D_x p_{n1} \frac{dx}{\cos a} (\cos a - \mu \sin a) = \pi D_x \sigma_{y1} \cdot dx. \quad (5)$$

Ebből következik:

$$p_{n1} = \frac{\sigma_{y1}}{1 - \mu \operatorname{tg} a}. \quad (6)$$

Húzott csövek nagy részénél, melyeknél a falvastagság viszonya a cső sugarhoz $\frac{g}{r} \ll 0,2$, elfogadhatjuk, hogy $\sigma_3 = -\sigma_{y1} = -\sigma_{y2}$. Vegyük fel a főfeszültség felbontását $\sigma = \sigma_1$ a csőfalban elkülönített *f* metszetben. Tételezzük fel, hogy képlékeny alakváltozás történik, akkor

$$\sigma_{y1} = \sigma_{y2} = K_{pl,x} - \sigma, \quad (7)$$

ahol $K_{pl,x}$ — a valóságos feszültség, mely a fém folyáshatára változó értékeinek, a csőfal $y_0 - y_0$ és $y_1 - y_1$ (1. ábra), metszetek korlátozott alakváltozási területén felel meg.

Megfelelő értékek behelyettesítése és az alapegyenlet egyensúlyi átrendezése után (1) kapjuk:

$$(r_x^2 - r_0^2) d\sigma + 2dr_x \left[\sigma r_x + \frac{K_{pl,x} - \sigma}{1 - \mu \operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha + \mu}{\operatorname{tg} \alpha} \cdot r_x + \right. \\ \left. + (K_{pl,x} - \sigma) r_0 \frac{\mu}{\operatorname{tg} \alpha} \right] = 0. \quad (8)$$

Ha feltételezzük, hogy

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha + \mu}{(1 - \mu \operatorname{tg} \alpha) \operatorname{tg} \alpha} = \Phi; \quad \Phi_1 = r_0 \frac{\mu}{\operatorname{tg} \alpha}$$

állandók a húzás adott feltételeinél, a (8) egyenlet a következő alakot veszi fel:

$$\frac{d\sigma}{dr_x} + 2\sigma \frac{r_x - \Phi \cdot r_x - \Phi_1}{r_x^2 - r_0^2} + 2K_{pl,x} \frac{\Phi r_x + \Phi_1}{r_x^2 - r_0^2} = 0. \quad (9)$$

A (9) egyenlet integrálása rendkívül bonyodalmas megoldást jelent. A (8) egyenlet egyszerűbben is megoldható gyakorlatilag anélkül, hogy a számítás pontossága szenvedne, ha a (2) összefüggés felhasználásával az alábbi alakot vesszük fel:

$$fd\sigma + df \left[\sigma + (K_{pl,x} - \sigma) \left(\Phi + \frac{r_0}{r_x} \cdot \frac{\mu}{\operatorname{tg} \alpha} \right) \right] = 0. \quad (10)$$

Az $\frac{r_0}{r_x}$ viszony a b szakaszban a húzás művelete folyamán jelentéktelenül változik. Ezért a (10) egyenletben felvehetjük, hogy $\frac{r_0}{r_x}$ konstans érték egyenlő az $\frac{r_0}{r_k}$ -val, ahol r_k a cső külső átmérője (mm). Ezen feltétel mellett a (10) egyenlet a következő alakot veszi fel:

$$d\sigma \cdot f - [(A_1 - 1)\sigma - K_{pl,x} A_1] df = 0, \quad (11)$$

ahol

$$A_1 = \Phi + \frac{r_0}{r_k} \cdot \frac{\mu}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (12)$$

Mivel a $2\pi r_x \frac{dx}{\cos \alpha} = 2\pi r_x \overline{ED}$, ez a dugó elemi súrlódó felületét jelenti.

Az $\frac{r_0}{r_k}$ viszony, $\cos \alpha$ (12° -tól 14° -ú szögeknél a $\cos \alpha \approx 1$), rendszeresen figyelembe veszi a húzógyűrű kúposrész és a csőfelület, valamint a dugó és a belső csőfelület között keletkező súrlódást.

Rendkívül vékonyfalú csöveknél (ahol a falvastagság $g < 1$ mm) felvehetjük:

$$a = \frac{r_0}{r_k} \approx 1.$$

A (11) egyenletből kapjuk:

$$\frac{d\sigma}{(A_1 - 1)\sigma - K_{pl,x} \cdot A_1} = \frac{df}{f}. \quad (12a)$$

Integrálás után:

$$\frac{1}{A_1 - 1} \ln [(A_1 - 1)\sigma - K_{pl,x} A_1] = \ln f + \ln C_1$$

és ebből

$$(A_1 - 1)\sigma - K_{pl,x} A_1 = f^{A_1 - 1} \cdot C_1. \quad (13)$$

Az integrálás C_1 konstansát a határfeltételek alapján állapítjuk meg. Az $y_0 - y_0$ metszetben a $\sigma = \sigma_{y_0}$, vagyis az üreshúzás után a dugóval való húzás a $\sigma = \sigma_{y_0}$ kezdeti feszültséggel indul $f_x = f_{y_0}$ keresztmetszetben. A (13) képletből ezután nyerjük:

$$(A_1 - 1)\sigma_{y_0} - K_{pl,x} \cdot A_1 = f_{y_0}^{A_1 - 1} C_1. \quad (14)$$

A $\sigma = \sigma_k$ -nál (vagyis ez egyenlő az $y_1 - y_1$ metszetben és $f_x = f_k$ -ban fellépő feszültségekkel) kapjuk:

$$\begin{aligned} (A_1 - 1)\sigma_k - K_{pl,x} A_1 &= f_k^{A_1 - 1} \left[\frac{(A_1 - 1)\sigma_{y_0} - K_{pl,x} A_1}{(f_{y_0})^{A_1 - 1}} \right]; \\ \sigma_k &= \left(\frac{f_k}{f_{y_0}} \right)^{A_1 - 1} \left[\frac{(A_1 - 1)\sigma_{y_0} - K_{pl,x} A_1}{A_1 - 1} \right] + \frac{K_{pl,x} \cdot A_1}{A_1 - 1}; \\ \sigma_k &= \frac{K_{pl,x} \cdot A_1}{A_1 - 1} \left[1 - \left(\frac{f_k}{f_0} \right)^{A_1 - 1} \right] + \left(\frac{f_k}{f_0} \right)^{A_1 - 1} \sigma_{y_0} \end{aligned} \quad (15)$$

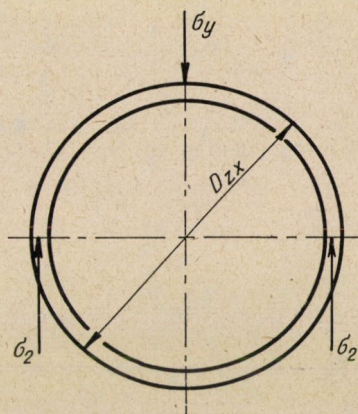
$$f_{y_0} = \frac{\pi}{4} (D_{y_0}^2 - D_0^2); \quad D_{y_0} \approx D_0 + 2g_p.$$

A húzóerő az $y_1 - y_1$ metszetben:

$$P_k = \sigma_k f_k. \quad (16)$$

IV. Húzás az „a” szakaszban (1b ábra)

A (15) egyenletben keletkező σ_{y_0} húzófeszültséget az aktív és inaktív erőknek végtelen kis d_x vastag A (1b. ábra) elemi részén kifejtett hatásának elemzéséből határozzuk meg, mely a húzógyűrűben üreshúzásnál lép fel. A húzófeszültséget $\sigma = \sigma_1$ és a nyomófeszültségeket σ_2 és σ_3 mint a kör alakú csőelem keresztmetszetére egyenletesen felbontott feszültségeknek közepes értékét tekintjük. Előre feltételezzük, hogy az elkülönített A elem síkmetszete az alakítás után sima marad és a falvastagság húzás alatt változatlan marad (egy jelentéktelen, rendszerint 2–3%-os falvastagodást figyelmen kívül



2. ábra

hagyunk). Az erők projekciójának feltételei az x irányban (1b ábra) adják, hogy

$$2\pi(\sigma + d\sigma)(r_x + dr_x)g - 2\pi\sigma r_x g + 2\pi r_{zx} p_{n0} \sin \alpha \frac{dx}{\cos \alpha} + 2\pi r_{zx} p_{n0} \mu \cos \alpha \frac{dx}{\cos \alpha} = 0, \quad (17)$$

ahol r_x, r_{zx} — a cső közepes és külső sugara az adott metszetben.

Számítások megoldása után, a kis felsőbb nagyságrendűek kikapcsolásával és a $d_x = \frac{dr_x}{\tan \alpha}$ érték behelyettesítésével a (17) egyenletbe, kapjuk:

$$d\sigma r_x + \sigma dr_x + p_{n0} \frac{r_{zx}}{g} \left(1 + \frac{\mu}{\tan \alpha}\right) dr_x = 0. \quad (18)$$

A (18) egyenlet megoldásához a σ_2 kerületi feszültség és a külső nyomófeszültség σ_y közötti viszonyt használják (2. ábra)

$$\sigma_y D_{zx} = \sigma_2 2g, \quad (19)$$

ahol a σ_y nyomófeszültség a normálnyomásnak (p_{n0}) és a súrlódásnak ($p_{n0} \cdot \mu$) az x tengelyre merőleges síkban ható erőinek projekciójából kapott eredője és a σ_y főfeszültségnek felel meg.

A főfeszültséget (húzási) σ , a fő nyomófeszültséggel (kerületi feszültség) σ_2 az alakváltozási egyenletből határozzuk meg:

$$\sigma_2 = K_{0x} - \sigma, \quad (20)$$

ahol $K_{0x} \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$ a valódi feszültség, mely az a szakaszban a fém képlékenységi határ változó értékének felel meg. A (20) egyenletből σ_2 értékét a (19) egyenletbe helyettesítve kapjuk:

$$\sigma_y = \frac{(K_{0x} - \sigma) g}{r_{zx}}. \quad (21)$$

Hasonló módon, mint előzőleg (lásd a (3) egyenletet):

$$\Sigma P_y = \pi D_{zx} p_{n0} 1,2 \cos a - \pi D_{zx} p_{n0} 1,2 \sin a = \pi D_{zx} \sigma_y dx, \quad (22)$$

mert

$$\frac{dx}{1,2} = \cos a \text{ és } 1,2 = \frac{dx}{\cos a}$$

adja az 1,2 érték behelyettesítése után a (22) egyenletbe, és figyelembe véve a (21) egyenletet

$$p_{n0} = \frac{(K_{0x} - \sigma) g}{r_{zx}(1 - \mu \tan a)}. \quad (23)$$

A kapott p_{n0} értéket a (18) egyenletbe helyettesítve kapjuk:

$$d\sigma r_x + \sigma dr_x + \left[\frac{(K_{0x} - \sigma) g r_{zx}}{r_{zx}(1 - \mu \tan a)g} \cdot \frac{(\tan a + \mu)}{\tan a} \right] dr_x = 0. \quad (24)$$

Állapítsuk meg az A_2 értékét:

$$A_2 = \frac{\tan a + \mu}{(1 - \mu \tan a) \tan a}.$$

(A_2 konstans az adott húzási feltételekhez), a (24) egyenletet osszuk el r_x -szel, akkor

$$d\sigma - [(A_2 - 1) \sigma - K_{0x} A_2] \cdot \frac{dr_x}{r_x} = 0 \quad (25)$$

$$\frac{d\sigma}{(A_2 - 1) \sigma - K_{0x} A_2} = \frac{dr_x}{r_x}, \quad (26)$$

ahol A_2 konstans érték.

Integrálás után azt kapjuk, hogy:

$$\frac{1}{A_2 - 1} \ln [(A_2 - 1) \sigma - K_{0x} A_2] = \ln r_x + \ln C_2,$$

amiből következik, hogy:

$$\sigma (A_2 - 1) - K_{0x} A_2 = C_2 r_x^{A_2 - 1}. \quad (27)$$

Az integrálás konstans értékeit állapítsuk meg a szélsőséges feltételek alapján a húzógyűrűbe történő belépésnél, ahol $\sigma = 0$ és $r_x = r_{p, sr}$

$$C_2 = \frac{K_{0x} A_2}{r_{p, sr}} \quad (28)$$

$y_0 - y_0$ metszetben ($r_x = r_{sr, y_0}$), $\sigma = \sigma_{y_0}$

A (27) képlet alapján:

$$\sigma_{y_0} (A_2 - 1) - K_{0x} A_2 = \frac{-K_{0x} A_2 r_{sr, y_0}^{A_2 - 1}}{r_{p, sr}^{A_2 - 1}}. \quad (29)$$

A közepes sugaraknak a megfelelő metszési síkokhoz való viszonyát átváltoztatva — húzás előtt f_p -t az $y_0 - y_0$ metszetben, f_{y_0} által — kapjuk

$$\sigma_{y_0} = \frac{K_{0x} A_2}{A_2 - 1} \left[1 - \left(\frac{f_{y_0}}{f_p} \right)^{A_2 - 1} \right]. \quad (30)$$

Ideális (súrlódás nélküli) húzásnál, $\mu = 0$

$$A_2 = \frac{\tan \alpha + \mu}{(1 - \mu \tan \alpha) \tan \alpha} = 1; \quad A_2 - 1 = 0.$$

Az $A_2 = 1$ és $A_2 - 1 = 0$, a (30) egyenletbe történt behelyettesítése után megállapíthatjuk, hogy ezen egyenlet bal oldali részének kifejezése a $\frac{0}{0}$ alakban határozatlan. L'Hospital-elv alkalmazásával határértéket állapíthatunk meg $(A_2 - 1) \rightarrow 0$ -ra. Ezen számítás alapján közepes húzási feszültségértéket kapunk.

$$\sigma_{y_0} = K_{0x} \ln \frac{f_p}{f_{y_0}}. \quad (31)$$

A (31) képlet alapján meghatározhatjuk a fém tiszta alakításánál ($\mu = 0$) a húzóerőt ($P_{y_0} = f_{y_0} \cdot \sigma_{y_0}$), az 1. ábrán az a szakasszal jelölt alakí-

tási területen üreshúzás esetén. A (31) képlet kifejezi a húzási feszültség értékeit a megnyúlási tényező természetes logaritmusának függvényében. Ez tehát hasonló a FINK, KIESELLBACH és SIEBEL képletéhez, melyet tömör vasrúd feszültségének és húzóerejének megállapításánál használnak. Ilyenfajta képletek nem felelnek meg a tömörvas valódi húzóerőinek számításához, mert nem veszik figyelembe a folyamat valóságos feltételeit (α , μ stb.). A (15) képlet elemzésénél ha feltételezzük, hogy $\mu = 0$, hasonló módon kapjuk:

$$A_1 = \frac{\tan \alpha + \mu}{(1 - \mu \tan \alpha) \tan \alpha} + \frac{r_0}{r_k} \cdot \frac{\mu}{\tan \alpha} = 1.$$

$$A_1 - 1 = 0$$

$$\sigma_k = K_{pl,x} \ln \frac{f_{y0}}{f_k} + \sigma_{y0}. \quad (32)$$

Mivel $\mu=0$ -val $\sigma_{y0} = K_{0x} \cdot \ln \frac{f_p}{f_{y0}}$, akkor

$$\sigma_k = K_{pl,x} \ln \frac{f_{y0}}{f_k} + K_{0x} \ln \frac{f_p}{f_{y0}}. \quad (33)$$

Feltételezve, hogy $K_{pl,x} \approx K_{0x}$, a (33) képletből kapjuk

$$\sigma_k = K_{pl,x} \ln \frac{f_p}{f_k}. \quad (34)$$

V. Húzás a „c” szakaszban (1c ábra)

A hengeres rész e hossza biztosítja a pontos csőátmérőt. A c gyűrű hosszán a belső feszültségek csökkenése következik be, és a húzógyűrű hengeres része a rugalmas csőhúzáshoz hasonló folyamatot idéz elő. A hengeres rész védi a húzógyűrűt a gyors felkopástól. A gyűrű c hossza húzásnál 3—5 mm. A csőnek a hengeres részen történő áhúzásakor szükséges erő megállapításánál nem vesszük figyelembe az átmérő változást a c szakaszban, mert ez a változás a századszázalékot nem lépi túl.

Lényeges tényező, mely ezen erő nagyságát befolyásolja, a súrlódás. Az erők egyensúlyának egyenlete, melyek a cső végtelen kis elemi részén hatnak dx vastagságban (1c ábra), alábbi alakot veszi fel:

$$\begin{aligned} 2\pi r_c (\sigma + d\sigma) g_k - 2\pi r_c \sigma g_k - 2\pi \left(r_c + \frac{g_k}{2} \right) p_{n2} \mu dx - \\ - 2\pi \left(r_c - \frac{g_k}{2} \right) p_{n3} \mu dx = 0. \end{aligned} \quad (35)$$

Előre feltételezzük, hogy $p_{n2} = p_{n3}$ -mal, az alakváltozási egyenletből kapjuk:

$$P_{n2} = P_{n3} = K_{pl,x} - \sigma. \quad (36)$$

A (36)-os képletből p_{n2} értéket behelyettesítjük a (35) egyenletbe, az egyenlet rendezése és integrálása után kapjuk:

$$\ln(\sigma - K_{pl,x}) = \frac{-2\mu x}{g_k} + \ln C_3. \quad (37)$$

Ha $x = 0$, és $\sigma = \sigma_k$,

ahol σ_k az $y_1 - y_1$ metszetben a húzófeszültség (lásd a (15) egyenletet), kapjuk:

$$\sigma_k - K_{pl,x} = e^0 \cdot C_3 = C_3 \quad (38)$$

$\sigma = \sigma_c$ -nél (ahol σ_c az $y_2 - y_2$ metszetben a húzás összefeszültsége, c — a húzógyűrű hengeres részének hossza) kapjuk:

$$\sigma_c - K_{pl,x} = e^{\frac{-2\mu c}{g_k}} (\sigma_k - K_{pl,x}), \quad (39)$$

ebből

$$\sigma_c = \sigma_k e^{\frac{-2\mu c}{g_k}} + \left(1 - e^{\frac{-2\mu c}{g_k}}\right) K_{pl,x}, \quad (40)$$

ahol σ_k a (15) egyenlet alapján, és σ_{y0} a (30) egyenlet alapján van meghatározva.

Az összehúzó erőt a $P_c = f_k \cdot \sigma_c \dots$ képlet alapján állapítják meg. (41)

VI. Maximális meghosszabbodás (λ_{\max}) dugóval való csőhúzáskor

A hengeres rész hosszának megállapítása

Tegyük fel, hogy

$$\lambda_{\max} = \frac{f_p}{f_k}; \quad \sigma_c = K_{pl,x},$$

ahol f_p, f_k — a cső keresztmetszete húzás előtt és után, a (40) egyenletből kapjuk:

$$K_{pl,x} = \sigma_k e^{\frac{-2\mu c}{g_k}} + K_{pl,x} - e^{\frac{-2\mu c}{g_k}} K_{pl,x},$$

ebből következik:

$$\sigma_c = \sigma_k = K_{pl,x}.$$

A (15) és (30) egyenletek alapján és annak feltételezésével, hogy

$$K_{pl,x} \approx K_{0x} = \frac{R_{rp} + R_{rk}}{2} = K_{sr},$$

valamint

$$A_1 \approx A_2,$$

ahol R_{rp} és R_{rk} — az anyag szakítószilárdsága a húzás előtt és után, kapjuk:

$$K_{sr} = \frac{K_{sr} \cdot A_1}{A_1 - 1} \left[1 - \left(\frac{f_k}{f_{y0}} \right)^{A_1 - 1} \right] + \left(\frac{f_k}{f_{y0}} \right)^{A_1 - 1} \cdot \frac{K_{sr} A_1}{A_1 - 1} \left[1 - \left(\frac{f_{y0}}{f_p} \right)^{A_1 - 1} \right]$$

megoldás után:

$$\frac{A_1 - 1}{A_1} = 1 - \left(\frac{f_k}{f_p} \right)^{A_1 - 1} \quad \text{és} \quad A_1 = \left(\frac{f_p}{f_k} \right)^{A_1 - 1} = \lambda^{A_1 - 1},$$

ebből kapjuk:

$$\ln(\lambda_{\max}) = \frac{\ln A_1}{A_1 - 1} \quad \text{vagy} \quad \lambda_{\max} = e^{\frac{\ln A_1}{A_1 - 1}}. \quad (42)$$

Ha a húzógyűrű kilépő keresztmetszetében ($y_2 - y_2$ metszet) az alakváltozás nem éri el λ_{\max} -al jellemezett határértékeket, akkor

$$\sigma_k < \sigma_0 < K_{pl,x}.$$

Ez azt jelenti, hogy a húzófeszültség az $y_2 - y_2$ metszetben kisebb, mint a képlékeny alakváltozás ellenállása (vagyis a képlékenységi határnak megfelelő valódi feszültség).

Ezért a pontos külső csőátmérő elérése és a húzógyűrű kopásának csökkentése végett szükséges a hengeres rész használata, melyben az erők (belső feszültségek) fokozatosan elenyésznek. Ezek az erők okozzák a cső rugalmas alakváltozását a húzásnál.

Gyakorlatban a húzási feszültség nagysága dugóval való csőhúzásnál használt átlagos 30%-os fogyásnál (0,7—0,8) $K_{pl,x}$. Ez függ a csővég szilárdságától (melyet a húzó gép szorítópofái megfognak) és a normális húzási feltételektől ($\mu = 0,10$ — $0,15$ -ig; $\alpha = 12^\circ$). Ezen feltételek mellett megállapíthatjuk a húzógyűrű hengeres részének c hosszát dugóval való húzás esetén.

Feltételezve, hogy $\sigma_c = 0,7 K_{pl,x}$, a (40) képletből nyerjük:

$$0,7 K_{pl,x} = \sigma_k e^{\frac{-2\mu c}{\xi k}} + K_{pl,x} - K_{pl,x} e^{\frac{-2\mu c}{gk}},$$

ebből következnek:

$$\frac{2\mu c}{g_k} = \ln \frac{K_{pl,x} - \sigma_k}{0,3 K_{pl,x}}$$

és

$$c = \frac{g_k}{2} \ln \frac{K_{pl,x} - \sigma_k}{0,3 K_{pl,x}} = \frac{g_k}{2} \cdot 2,303 \frac{K_{pl,x} - \sigma_k}{0,3 K_{pl,x}} \quad (43)$$

A (43) képlet kifejezi a húzógyűrű hengeres rész hosszának összefüggését a húzás feltételeitől és a fém tulajdonságától.

VII. Az állandók kiválasztása a képletek felülvizsgálatakor

A (40) képletben a húzófeszültség számításához a μ súrlódási tényezőt, az a húzógyűrű kúpszögét és a hengeres részének hosszát vettük figyelembe. Kutatásainknál ezeket a tényezőket a húzás folyamata alatt változatlan értékűnek vettük. Az alakítási ellenállás K az előre haladó anyag keményedése következtében (hideghúzáskor) változó érték. Gyakorlatban a K nagyságát kielégítő pontossággal határozza meg a valódi feszültség, amely megfelel egy alakítási területen a fém képlékenységi határa közepes értékének.

A valódi extrapolált képlékenységi határt rendszeresen a nyúlási görbe geometriai szerkezetéből állapítjuk meg. Ennek megközelítő értéke (1):

$$\sigma_{rz,pl} \approx R_r.$$

Ezzel szemben

$$K_{mittl.} = \frac{R_{rp} + R_{rk}}{2},$$

ahol R_{rp} és R_{rk} a fém szakítószilárdsága húzás előtt és húzás után.

Meleghúzáskor a képlékeny alakváltozás ellenállása az alakítási sebesség gyorsabb befolyása következtében nagyobb, mint a fém szakítószilárdsága — adott hőfokon. Ebből az okból a húzóerő megállapításánál az egyszerűsítés az alakváltozási ellenállás $K_{mittl.}$ értékével nem használható. A súrlódási tényezőt (hideghúzáskor) mi 0,10—0,15 határok között vettük fel, mivel a súrlódás természete húzáskor oly súrlódásnak tekinthető, ahol a nem kielégítő kenés a kenőolajnak a húzógyűrűből való kiperéselése által áll elő. Meleghúzáskor rendszerint $\mu = 0,2—0,4$ vesznek fel.

SIEBEL és WEBER hideghúzáskor a húzógyűrűben $\alpha_{opt} = 7°—12°$ optimális húzószögöt ajánlanak, $\mu = 0,10$ használatánál; csőhúzó üzemekben ($\mu = 0,2—0,4$) rendszerint $\alpha_{opt} = 15°—20°$ vesznek. WEISS tapasztalatai alapján az a szög kiszámításához az alábbi képletet javasolja:

$$\alpha_{opt} = 30 \left(1 - \frac{f_k}{f_p} \right).$$

VIII. Példa a húzóerő megállapításához csőhúzáskor

Acélsöveket (0,1% C) $D_{pz} = 83$ mm kiinduló átmérővel és $g_p = 3,5$ mm falvastagsággal húzzunk le $D_{kz} = 78$ mm végátmérőjű és $g_k = 2,9$ mm vastag falú csővekké:

$$K_{0x} = 52 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}; K_{pl,x} = 55 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}; \mu = 0,15; \alpha = 12^\circ$$

$$A_2 = \frac{\text{tg } \alpha + \mu}{(1 - \mu \text{tg } \alpha) \text{tg } \alpha} = 1,76$$

$$A_1 = \frac{\text{tg } \alpha + \mu}{(1 - \text{tg } \alpha) \text{tg } \alpha} + \frac{r_0}{r_k} \cdot \frac{\mu}{\text{tg } \alpha} = \frac{0,2126 + 0,15}{0,2058} + \frac{36,1}{39} \cdot \frac{0,15}{0,2126} = 2,41$$

$$e \frac{-2\mu c}{g_k} = 0,66; f_{y_0} = \frac{\pi}{4} [(D_0 + 2g_p)^2 - D_0^2] = 835 \text{ mm}^2$$

$$f_k = 683 \text{ mm}^2; f_p = 875 \text{ mm}^2; \frac{f_k}{f_{y_0}} A_1^{-1} = 0,755$$

$$\sigma_{y_0} = \frac{52 \cdot 1,76}{0,75} [1 - 0,968] = 3,88 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_k = \frac{55 \cdot 2,41}{1,41} [1 - 0,755] + 0,755 \cdot 3,88 = 25,93 \text{ kg/mm}^2$$

$$\sigma_c = 5,23 \cdot 0,66 + [1 - 0,66] 55 = 35,80 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Az összes húzóerő:

$$P_c = f_k \cdot \sigma_c = 683 \cdot 35,80 = 24,451 \text{ kg}$$

A húzóerőmegállapítás eredményei az irodalomból vett empirikus adatokkal szemben következőképpen állanak:

Alszewski mérései alapján a húzóerő az adott külméretek és húzási mód szerint $P_c = 23,07$ t. Pozitív eltérés a képlet alapján megállapított erő, a mért erővel szemben 5,57%.

A számított $P_c = 24,451$ kg húzóerőből esik:

1. A „tisztá” alakítási erőre ($\mu = 0$), mely az alábbi képlet alapján lett megállapítva:

$$P_{k,od} = f_k K_{pl,x} \cdot \ln \frac{f_p}{f_k} = 9270 \text{ kg} \dots 38 \%$$

2. A húzógyűrű kúpjában a súrlódás legyőzésére szükséges erő:

$$P_k - P_{k,od} = 8430 \text{ kg} \dots 34,5\%$$

3. A hengeres részben fellépő súrlódás legyőzésére szükséges erő:

$$P_c - P_k = 6751 \text{ kg} \dots 27,5\%$$

$$P_c = 24,451 \text{ kg} \dots 100\%$$

Az erőeloszlás arányának viszonya a húzógyűrű kúpos és hengeres részében a súrlódás legyőzésére:

$$m = \frac{0,345}{0,275} = 1,25$$

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmányban a csőhúzás három általánosan ismert eljárását ismertetjük. Módszert mutatunk be a húzóerők meghatározásához a dugóval való csőhúzáskor, melyben a húzógyűrű alakítási szakaszában a húzás feltételeit vizsgáljuk. Dugóval való húzáskor a húzási feszültségek alapján meghatároztuk a maximális határnyúlások és a húzógyűrű hengeres rész hosszának értékeit, a húzási feltételeknek és a fém tulajdonságainak függvényében. Megtárgyaltuk a konstansok kiválasztását, melyeket a megadott képletekkel való számításnál használni kell. Példákkal összehasonlítottuk a húzóerőszámítás eredményeit az irodalomból vett kísérleti adatokkal.

A FÖLD BELSŐ ENERGIÁI ÉS AZOK KAPCSOLATA A TERMÉSZETTUDOMÁNYOK FEJLŐDÉSÉVEL*

EGYED LÁSZLÓ

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA LEVELEZŐ TAGJA

A Föld felszíne a szél, a folyóvizek, a csapadékok, a jég és a tengervíz hatására állandó változásban van. Ezek a változások szemünk előtt folynak le s ha történeti időket nézünk is csupán, óriási mértékűek. E változásokat létrehozó leglényegesebb energiaforrás a Nap, amelynek a Földre jutó energiája részben a légkörön keresztül, részben a vizeken keresztül alakul át mechanikai munkává. Az energiaforrás tehát a Földön kívül van és mindazt a hatást, amit ezek a külső energiák hoznak létre, külső erők munkájának tekintjük.

A Föld felszínén azonban megtaláljuk más változásoknak a nyomait is. Ezek általában sokkal lassúbbak és sokkal hosszabb idő alatt jönnek létre, bár létrehozásukhoz hasonló méretű energiákra van szükség. A földtani megfigyelés ugyanis bebizonyította, hogy a lánchegységek, amelyeknek sokszor megmászhatatlan csúcsait megcsodáljuk, nem örök időktől valók, hanem a születés és fejlődés állapotának minden szakaszán átmennek: tengerrel eltakart üledékembrióként indulnak el, fenséges erők kíséretében születnek s emelkednek ki, fejlődnek és lassan előregednek, majd simává letarolva elenyésznek, és csak az élesszemű kutató tudja az enyészet által még megkímélt maradványait megtalálni. De az elpusztult hegységeket újak követik, s a Föld története állandóan megismétlődő jelenségsorozatról tanúskodik. E hatalmas folyamatnak egy-egy pillanatát ma is észleljük az enyhe vagy borzalmas földrengésekben.

E folyamatok sem kívánnak kevesebb energiát, mint a felszín pusztítását létrehozó erők. De az ezekhez szükséges energiát nem a Nap energiájából származtatják, hanem a Föld belsejéből. Ezért ezeket belső energiáknak nevezzük, s ezeknek hatása nyilvánul meg a belső erőkben, amelyek mind a földrengések, mind a hatalmas törésvonalak létrejöttének, mind pedig a hegységképződésnek az okai.

A belső energia azonban mindaddig ködös fogalomnak tekinthető, amíg nem jelöljük meg fizikai formáját.

Legegyszerűbb, ha a hatásból indulunk ki: a lánchegységek létrehozatala ezeknek az energiáknak a következménye. A lánchegységeket alkotó kőzet-

* 1961. március 27-én a Magyar Tudományos Akadémián tartott székfoglaló előadás.

rétegekben a megfigyelők hatalmas gyűrődéseket észleltek. Az egész hegység-vonulat maga is mintegy ránc jelenik meg a felszínes megfigyelő előtt. Ezért az első elképzelések ezt a Föld kihűlésével hozták kapcsolatba s az elemi fizikai megfigyelésnek megfelelően a kihűlő Föld térfogatáról annak csökkenését, zsugorodását vették természetesnek, s e zsugorodás következtében a már szilárd felszín összeráncolódásaként lehetett a hegységvonulatokat értelmezni. Világos, hogy a természettudományok e korszakában, amikor még a hőnek energia jellege sem volt tisztázott, energiaforrásként, a belső erők számára a hőt tekintették. E felfogásnak szinte csaknem napjainkig egyeduralma volt a hegységképződés magyarázatában. Legfeljebb a hőforrás alakjában változott a felfogás. Kezdetben ugyanis a teljes hőenergiát a születésnél örökölt hőkészletnek tekintették. Később rájöttek, hogy ez nagyon kevés és a Földnek rég ki kellett volna hűlnie. De a múlt század utolsó éveiben felfedezték a radioaktív anyagokat, majd kimutatták ezek hőtermelő hatását, végül a magmás kőzetekről bebizonyították, hogy ha igen kis mennyiségben is, de tartalmaznak radioaktív anyagot. A Föld belsejének radioaktív hőtermelés útján való hőtánpótlása tekintélyesnek bizonyult, sőt egyesek szemében kétségessé tette a kihűlés kérdését is.

A hőkészlet mértékét azonban meg lehet becsülni. A Föld belsejéből kiáramló hőenergia mértékét a földi hőáram adja. Ennek eloszlása kontinentális területeken:

	μ kal/cm ² sec		μ kal/cm ² sec
Délafrika	1,09	Spanyolország	0,96
Nagybritannia	1,45	Svájc	1,90
Magyarország	2,40	Lengyelország	1,23
Kanada	0,96	USA	1,47
Kanadai olajterület ...	1,50	Németország	1,44
Irán	0,87	Japán	1,35

Átlag 1,39 μ kal/cm² sec
Magyarország nélkül 1,29 μ kal/cm² sec

Ez átlagosan 1,2—1,4 μ kal/cm² hőáramot jelent. Az utóbbi évek folyamán kialakult a hőáram mérésének módszere az óceáni területekre is. BULLARD, MAXWELL, REVELLE, továbbá VON HERZEN végzett ilyen méréseket. A mérések statisztikai analízise arra vezetett, hogy az óceánok területén a hőáram értéke $1,15 \cdot 10^{-6}$ cal/cm²sec, bár vannak helyek, ahol ennek közel a tízszerese, illetve tizedrésze a hőáram. A megemelkedett hőáramok rendszerint tektonikailag erősen igénybe vett területek, tehát olyanok, ahol rugalmas energia alakult át helyi hőenergiává, s ez hozza létre a magas hőáram-rendellenességet.

Az $1,2 \cdot 10^{-6}$ cal/cm²sec hőáram a Föld egész felszínére és évnyi időtartamra átszámítva $8 \cdot 10^{27}$ erg évi energiát képvisel.

A radioaktív anyagok hőtermelése azonban ismeretes és ismeretes a tipikus kőzetek radioaktív anyagtartalma is. Feltehetjük a kérdést, milyen átlagos radioaktív tartalom mellett biztosítható a fenti hőfluxus és milyen jellegű kőzettel egyezik ez meg? A meglehetősen egyszerű becslés szerint az észlelt hőfluxust legjobban olyan anyagi szerkezetű Föld tudja biztosítani, amelynek radioaktív anyagtartalma a dunit és pallazitok nagyságrendjébe esik.

A belső energiák egy része a hegységképződéssel kapcsolatos mozgások létrehozására fordítódik. A hegységképződésről azonban tudjuk, hogy az megisméltendő jelenség, tehát benne a belső energia periodikusan mechanikai munkává alakul át. Ha energiaforrása a hő, akkor a Földet hőerőgéppnek tekinthetjük. Ismeretes, hogy az átlagos hőerőgépek hatásfoka rendszerint kevesebb 10%-nál.

De a Föld nem tekinthető jól szerkesztett hőerőgéppnek, s így a hatásfoka az átlagos hőerőgépek hatásfokának csak jelentéktelen része lehet. Mindenesetre az egyszerű zsugorodásos mechanizmusnál jobb hatásfokkal kell működnie olyan mechanizmusnak, amely ciklikusan alakítja át a hőenergiát mechanikai energiává. Ilyen mechanizmust képvisel a konvekciós áramlások hipotézise. A konvekciós áramlásokat hőmérsékletkülönbségek hatására létrejött anyagáramlásoknak tekintik, amelyeknek a kéregre való hidrodinamikus hatása okozza a kéregmozgásokat és a vízszintes erőhatásokat. E magmaáramok mérete azonban a köpeny méretén belül kell hogy legyen s ez megszabja az áramlásban résztvevő tömegek és hő méretét. A résztvevő tömegek nem becsülhetők ezért többre tömegének mintegy 10-ed részénél, de semmi esetre sem a Föld tömegének tized részénél. Ha pedig figyelembe vesszük, hogy a hatásfok még akkor is legalább két nagyságrenddel kisebb, mint az átlagos hőerőgépeké, azt kapjuk, hogy a Föld hőkészletének mechanikai munkává átalakuló része kevesebb kell hogy legyen annak tizedred részénél, azaz a Föld hőkészletéből származó mechanikai munka maximuma évi 10^{24} erg-nél kisebb kell legyen.

De a belső energiák által végzett munka alsó határát becsülhetjük. A hegységképződésnél a végzett munka egyik része a felhalmozott üledék-tömegek felemelésére fordítódik. Ha az alpi hegységképződést nézzük, akkor itt átlagosan 40 000 km hosszú, 500 km széles, 60—1000 km vastag tömeg kellett átlagosan 5 km-t megemelkedjék. Ez kereken $2 \cdot 10^{33}$ — $3 \cdot 10^{34}$ erg munkát jelent. A végzett munka minimális értéke tehát mintegy $2 \cdot 10^{33}$ erg. Egy hegységképződési ciklus átlagosan 50 millió év körül mozog. Azaz a hegységképződéshez szükséges átlagos energiaérték évi minimális értéke $4 \cdot 10^{25}$ erg. Ebből az egyszerű megfontolásból is következik, hogy a magmaáramlásnál átalakítható hő maximális értéke több mint egy nagyságrenddel kisebb, mint a hegységképződésnél minimálisan végzett mechanikai munka.

Ezzel pedig bebizonyítottuk, hogy az a hőenergia készlet, amellyel a Föld rendelkezik, nem elegendő a tektonikai jelenségek magyarázatára.

A belső energiák forrását csakis a modern fizika eredményeiből oldhatjuk meg. A megoldást az atomszerkezetben és a térszerkezetben kell keresnünk. Ezek pedig szoros kapcsolatban vannak a Föld szerkezetével. A Föld szerkezetének a kérdésénél két hipotézis áll egymással szemben: a klasszikus vas-magos hipotézis, amely szerint a Földnek a magja anyagi összetételben különbözik a Föld köpenyének az anyagától, mégpedig régebben 90% vas és 10% nikkal ötvözetéből képzelték el a Föld magjának az összetételét. Újabban a nikkal helyett olivint tételeznek fel. KNOPOFF és UFFEN [1] ugyanis a Thomas—Fermi módszer általánosításával kimutatták, hogy 90% vas és 10%-os olivin összetételű anyag sűrűsége $1,4 \cdot 10^{12}$ din/cm² nyomás mellett ténylegesen megfelel a Föld magjában észlelt sűrűségeknek. Azonban szovjet [2] kutatók nagynyomású méréseiből az ilyen keveréknek az inkompresszibilitási együtthatója K_T mintegy $4,5 \cdot 10^{12}$ din/cm², míg a szeizmikus megfigyelésekből levezetett kompresszibilitás a mag és köpeny határán $6,2 \cdot 10^{12}$ din/cm², azaz mintegy 30%-kal magasabb. Ez ellene van egy vasmagos Földmodellnek.

A másik hipotézis RAMSEY-től [3] származik. A Ramsey-féle modell szerint a Föld egy többé-kevésbé homogén — valószínűleg olivin jellegű — szilikátos összesség, amelyben a köpeny-mag határ egy kritikus nyomásnál jön létre, amikor a nyomás hatására a molekuláris-ionos fázisból fémes jellegű fázisba megy át az anyag. Ez ténylegesen ugrásszerű sűrűség-növekedéssel jár együtt, s létrejön a GUTENBERG — WIEGHERT-féle diszkontinuitási felület. A fázisátmenethez szükséges energia 10 eV körül mozog. RAMSEY meggondolásait és számításait hidrogénre és héliumra végezte. Újabban T. WADA [4] MgO-ra mutatta meg a nyomás okozta degeneráció lehetőségét s azt, hogy ennél az anyagnál a kritikus nyomás 0,7 és $1,5 \cdot 10^{12}$ din/cm² között van, az energiaszintkülönbség 9—12 eV s a fémes fázis becsült sűrűségugrása 54%. Ezek az adatok pedig igen közel esnek a Föld magjára vonatkozó adatokhoz.

WADA még egy hipotézissel élt a Föld modelljének kialakításánál, mégpedig azzal, hogy a köpeny D-része az ionos és a fémes állapot közötti degenerációban van. Minden degeneráció hatalmas energiabefektetés mellett jön létre, s így a fémes és félig fémes degenerációs fázisok hatalmas energiakészletek jelenlétét jelentik. Ezeknek az energiáknak a felszabadulása azonban csakis a térszerkezetben beálló változással párhuzamosan jöhet létre.

DIRAC [5] arra a következtetésre jutott, hogy a gravitációs együttható értéke egy időparaméternek a függvénye és azzal első közelítésben fordítottan arányosan csökken. GILBERT [6] kimutatta, hogy a Dirac-féle egyenlet levezethető az általános relativitás elméletéből, tehát a tér szerkezetével van szoros összefüggésben. A Dirac-egyenlet következtében azonban a kritikus nyomási felületek folyamatosan a Föld középpontja felé tolódnak el, s a magasabb degenerált állapotban levő földtömeg alacsonyabb degenerációs fázisba, illetve normál fázisba kerül, ami az átlagos sűrűség csökkenésével s így a Föld tér-

fogatnövekedésével jár együtt. Az expanzió mértéke geológiai-geofizikai megfigyelésekből, valamint elméleti számításokból [7, 8] 0,4—0,8 mm/évnak adódott a sugár irányában.

A degeneráció csökkenésével a felhalmozott energiakészlet egy része felszabadul. Ki óhajtjuk mutatni, hogy az így felszabadult energia reálisan tudja szolgáltatni a tektonikai jelenségekhez szükséges belső energiaforrást. Ha becsülni akarjuk ennek az energiának az értékét, akkor egyszerűen meg kell néznünk azt a munkát, amelyet a degeneráció megszűnése folytán a Föld magjának a határán átalakult anyag a felette levő köpenytömegnek a nehézségi erővel szembeni megemelésével végez. Ez a Bullen-féle adatok alapján:

$$E = 0,7 \cdot 10^{31} \Delta R \text{ erg/év,}$$

ahol ΔR az évi sugárnövekedés. Miután ennek értéke valahol $4-8 \cdot 10^{-2}$ cm/év között van, az évi energiafelszabadulás $2,8 \cdot 10^{29}$ és $5,6 \cdot 10^{29}$ erg közé esik, azaz kereken két nagyságrenddel több, mint az évi hőenergia. Ennek az energiának azonban csak egy része alakul deformációs energiává. A deformációs energiasűrűség:

$$w = \frac{1}{2} \lambda \theta^2 + \mu \Sigma' e_{ij}^2 = \frac{1}{2} K \theta^2 + \mu \left(\Sigma' e_{ij}^2 - \frac{1}{3} \theta^2 \right).$$

Ha a második tagot közelítésként egyenlőnek vesszük az elsővel, akkor:

$$w = K \theta^2,$$

ahol k most már az inkompresszibilitási együttható és θ a fajlagos térfogatváltozás. θ értéke kiszámítható a $\theta = 2(1 - \gamma) dR/R$ képlet segítségével s így évi növekedésének értéke $1,15 \cdot 10^{-10}$ s ugyanennyi az első évi relatív térfogatváltozás θ_0 is. Miután θ kifejezhető az inkompresszibilitási együtthatóval és a feszültséggel,

$$\theta = \frac{2p}{3k}$$

maximális értékét is megkaphatjuk, ha p maximumát vesszük. A köpeny felső részében a szilárdság értékét 10^{10} din/cm²-nek lehet feltételezni. Ezért

$$\theta_{\max} = 5,75 \cdot 10^{-3}$$

és $\frac{\theta_{\max}}{\theta_0} = 5 \cdot 10^7$ év alatt következik be.

A V térfogat deformációs energiaértéke $W = k \theta^2 V$. A maximális deformáció közelében az évi deformációs energianövekedés:

$$\frac{dW}{dt} = 2k \theta V \frac{d\theta}{dt}.$$

Miután $d\theta/dt = 1,15 \cdot 10^{-10}$, $k = 1,16 \cdot 10^{12}$ din cm^{-2} és $\theta_{\max} = 5,75 \cdot 10^{-3}$ és $V = 3,1 \cdot 10^{25}$ a legfelsőbb 60 km esetében, tehát a sekélyrengések zónájában, míg $k = 3,9 \cdot 10^{12}$ és $V = 0,892$ az egész köpenyben, azért a felhalmozott maximális évi rugalmas energia $4,75 \cdot 10^{25}$ erg és $4,6 \cdot 10^{27}$ erg közé kell essék, tehát mint mechanikai jellegű energia minimálisan is annyi, amennyi a hegyképződéshez szükséges energiaérték.

Az is világos, hogy az évi $3,5 \cdot 10^{29}$ energiából kiadódnak a kontinensvándorláshoz szükséges energiák is.

De van még egy tartalékegyergia, amely a hegyképződésnél szükséges munkákat el tudja végezni, és ez éppen a Föld kialakulásával kapcsolatos Gutenberg-csatorna körüli sűrűségeloszlásból származik. A Dirac-egyenlet alapján ui. kimutattuk [9], hogy a Föld belseje felé a felszínre vonatkoztatott sűrűség a Gutenberg-csatorna fölött nagyobb. Ha tehát egy mély berepedés létrejön és a nyomásviszonyok csökkennek, akkor hidrosztatikusan felfelé ható erő ébred, amely szintén komoly tényezőként jöhet számba az új lánc-hegységek tömegének felemelésénél.

A fentiekben egyúttal azt is kimutattuk, hogy a Föld belső energiáinak a forrása a Föld belsejében felhalmozott molekuláris energiákból és a tér szerkezetéből adódik. A Föld belseje s a körülötte levő tér az energiák szempontjából dialektikus egységet alkot.

IRODALOM

1. KNOPOFF, L. and UFFEN, R. J.: The density of compounds at high pressure and the state of the Earth's interior? *J. Geoph. Res.* 59. (1954) 471–484.
2. ALTSULER, L. V., KRUPNIKOV, K. K., LADENEV, B. N., ZSUCHIKIN, V. J. és BRAZSNIK, M. J.: A dinamikus kompresszibilitás és a vas állapotegyenlete nagy nyomás alatt. *Sovjet Fizika. JETP.* 34. 7. 606–614. (1958).
3. RAMSEY, W. H.: On the nature of the Earth's core. *Monthly Notices R. A. S. Geoph. Suppl.* 5. (1949) 409–426.
4. WADA, T.: On origins of the region C and the core of the Earth. *Disaster Prevention Res. Inst. Bull.* 38. (1960) 1–64.
5. DIRAC, P. A. M.: *Proc. Roy. Soc. A.*, (1938) 165. 199.
6. GILBERT, C.: Dirac's cosmology and the general theory of relativity. *Monthly Notices R. A. S.* 116. (1956) 684–690.
7. EGYED, L.: A new dynamic conception of the internal constitution of the Earth. *Geol. Rundschau*, 46. (1957) 101–121.
8. EGYED, L. and STEGENA, L.: Physical background of a dynamical Earth model. *Zeitschr. f. Geoph.* 24. (1958) 108–115.
9. EGYED, L.: On the origin and constitution of the upper part of the Earth's mantle. *Geol. Rundschau* 50. (1960) 251–258.

ÖSSZEFOGLALÁS

Szerző kimutatta, hogy a Föld belső hőképzete, beleértve a radioaktív hőt is, nem elegendő arra, hogy a kéregmozgásokat és a hegyképződést létrehozza. Ha azonban azokat az interatomáris erőket vesszük figyelembe, amelyeken a dinamikus földmodell s így az expanzió nyugszik, akkor az expanzióval együttjáró energiafelszabadulás fedezi a szükséges energiákat.

MEMBRÁNHÉJAK TELJESEN SZABAD PEREMMEL

CSONKA PÁL

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

AZ MTA ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI MUNKAKÖZÖSSÉGE, BUDAPEST

[Beérkezett 1961. június 16-án]

Az alábbi fejtegetések oly membránhéjakra vonatkoznak, melyek peremének van olyan szakasza, mely semmiféle gyámolító szerkezettel (fallal, bordával) sincs megtámasztva. Az ilyen minden támasztás nélküli peremszakaszokat a PELIKÁN J. részéről [1] *szabad* peremszakaszoknak nevezett peremrészekről való megkülönböztetésül *teljesen szabad* peremszakaszoknak nevezzük.

Vizsgálatainkban a héjra ható terhelésként csak függélyes erőket, mégpedig függélyes megoszló erőket veszünk számításba. Célunk a teljesen szabad peremszakaszt jellemző kerületi feltételek megállapítása.

Vizsgálataink nem terjednek ki a teljesen szabad héjperem esetleges kihajlásának tanulmányozására. Ezért az alant előadandók a kihajlásveszély beható vizsgálata nélkül csak kisebb méretű héjak: előtetők, pillangótetők stb. esetében alkalmazhatók.

A teljesen szabad héjperem kerületi feltételei igen változatos formában fejezhetők ki. A különböző lehetőségek közül itt csak a membránhéjak Pucher-féle feszültségére vonatkozóan felállítható egyszerű kerületi feltételeket tárgyaljuk.

E feltételekhez az 1. ábrán vastag vonallal határolt héjrész egyensúlyi vizsgálata révén juthatunk el. Az ábrán a görbe vonal a teljesen szabad héjperem egy szakaszát ábrázolja.

Ha az 1. ábrán feltüntetett héjrészre vonatkozóan az egyensúly vetületi feltételeit felírjuk, s e héjrészen keletkező feszítőerőket a Pucher-féle $F = F(x, y)$ feszültségfüggvénnyel fejezzük ki, egyszerű számítások után az

$$F_x(x, y) - F_x(x_0, y_0) = 0,$$

$$F_y(x, y) - F_y(x_0, y_0) = 0 \quad (1)$$

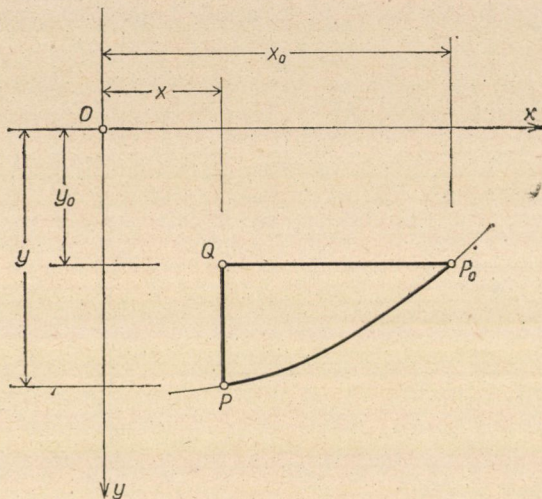
egyensúlyi egyenletekhez jutunk. Ha viszont az egyensúly nyomatéki feltételét írjuk fel, azt találjuk, hogy az egyensúly feltétele

$$(y - y_0)F_y(x, y) - (x_0 - x)F_x(x_0, y_0) - F(x, y) + F(x_0, y_0) = 0. \quad (2)$$

A fenti egyenletek érdekes megállapításokra nyújtanak módot, ha a $P_0(x_0, y_0)$ pontot fixpontnak, a $P(x, y)$ pontot pedig a teljesen szabad héjperemen futó pontnak tekintjük. Ekkor ugyanis az $x_0, y_0; F(x_0, y_0), F_x(x_0, y_0), F_y(x_0, y_0)$ értékek állandók, s így az (1) egyenletek helyett ezeket írhatjuk:

$$F_x(x, y) = A, \quad (3)$$

$$F_y(x, y) = B.$$



1. ábra. Az egyensúlyi vizsgálat céljaira kijelölt héjrész

Itt

$$A = F_x(x_0, y_0) = \text{konst.},$$

$$B = F_y(x_0, y_0) = \text{konst.} \quad (4)$$

Hasonlóképp járhatunk el a (2) egyensúlyi feltétel esetében is. Ily módon a (3) és (4) alattiak felhasználásával az

$$F(x, y) = Ax + By + C \quad (5)$$

összefüggéshez jutunk, ahol

$$C = -Ax_0 - By_0 + F(x_0, y_0) = \text{konst.} \quad (6)$$

A (3) és (6) kerületi feltételek az $F = F(x, y)$ feszültségfüggvényhez rendelhető *feszültségfelületre* nézve érdekes megállapításokat tartalmaznak. A (6) egyenlet ui. azt fejezi ki, hogy a teljesen szabad peremszakaszon a feszültségfelületet *síkgörbe* határolja. A (3) egyenletek pedig azt a tényt rögzítik,

hogy a feszültségfelület gradiense az említett síkgörbe mentén zérus, vagyis a feszültségfelület az említett síkgörbe minden pontjában *azonos érintősíkkal* bír.

Meg kell említenünk, hogy a (6) alatti feltétel a (3) alattiakban is már bennfoglaltatik. Ha u_i valamely felületre rajzolt görbe vonal mentén a felület x és y irányú lejtésszöge állandó, akkor az illető görbe vonal csak síkgörbe lehet. Ezek szerint a teljesen szabad szélre jellemző kerületi feltételek:

$$F_x(x, y) = A = \text{konst}, \quad (7)$$

$$F_y(x, y) = B = \text{konst}.$$

Végezetül megjegyezzük, hogy egyszerű számítással igazolhatóan a (7) feltételek a héjperem teljesen szabad voltának nemcsak *szükséges*, de egyben *elégéses* feltételei is. Valahányszor tehát a (7) feltételek teljesednek, a héj peremén semmiféle megtámasztás nem szükséges.

IRODALOM

1. PELIKÁN, J.: Tartószerkezetek. Budapest, 1959. Tankönyvkiadó.
2. CSONKA, P.: A membránhéjak peremabroncsáról. Az *MTA Műsz. Tud. Oszt. Közleményei* 30. (1962), 89—91.
3. CSONKA, P.: Membran Shells with Perfectly Free Edges. *Acta Techn. Hung.* 40 (1962.) 151—167.

AZ ULTRAVÁKUUMTECHNIKA ÚJ ESZKÖZE: A TITÁN-ION-GETTERSZIVATTYÚ

TÖRÖS RÓBERT

MTA MŰSZAKI FIZIKAI KUTATÓ INTÉZET ELEKTRONFIZIKA OSZTÁLY

[Beérkezett 1961. június 21-én]

I. Bevezetés

Számos ipari és laboratóriumi alkalmazásban felmerül az ún. ultravákuum (10^{-8} — 10^{-10} Torr) egyszerű, gyors, megbízható, olcsó előállításának szükségessége. Ezen a területen alapvető jelentőségű volt D. ALPERT [1] kezdeményezése. D. ALPERT a nagyvákuum méréseknél alkalmazott ionizációs manométert átalakította oly módon, hogy alkalmassá vált ultravákuum mérésre. Az átalakított manométernek érdekes tulajdonsága, hogy működése folyamán szivattyúként működik: gondos vákuumfűtés és a fémalkatrészek gáztalanítása után, lezárt rendszerben a manométer $2-3 \cdot 10^{-10}$ Torr vákuumot állít elő, kb. 0,02 l/sec szívássebességgel. Ezt az eredményt osztályunkon reprodukáltuk [2]. A szívás úgy jön létre, hogy a manométer által előállított ionok a manométercső üvegfalán adszorbeálódnak. Ez a szívási módszer nem fejleszthető ki gyakorlati igények kielégítésére. Ezért a kutatók másik csoportja a vákuumtechnikában már igen régen felismert és alkalmazott, getterhatáson alapuló szivattyúkkal foglalkozott [3]. Az alkalmazott fém a legtöbb kísérletben a titán [4a]—[4g], bár alkalmaznak cirkont, tantált, molibdént, magnéziumot stb. is. Minden titán-ion-szivattyúban lényegében azonos fizikai hatást használunk fel: folyamatos párologtatás útján tiszta fémfelületet állítunk elő, a párologtatott felület megköti a gázokat atomos, illetve molekuláris állapotban.

Néhány éve hasznosítják azt a felismerést, hogy a gerjesztett, illetve ionizált állapotú molekulák megkötődési valószínűsége nagyobb, mint alapállapotú, illetve semleges részeké. Ilyen típusú szivattyút először H. DAVIS és S. DIVATIA írtak le [5—8]. E cikkek megjelenése óta nagyszámú dolgozat jelent meg, amelyek különböző konstrukciójú típusokat közölnek.

Az áttekinthetőség kedvéért nem a dolgozatok kivonatos feldolgozását adjuk meg, hanem a tipizálás lehetséges módjai szerint osztályozunk. A legegyszerűbb és leginkább szembeötlő adat a szivattyú *mérete*, ennek megfelelően *ipari*, *laboratóriumi*, illetve *miniatűr* méretről beszélhetünk. Valamennyi iongetter-szivattyúban megtalálhatók a következő alkatrészek:

1. titánpárologtató apparátus,
2. ionizáló berendezés,
3. kollektorfelület.

A párologtató apparátust tekintve a hőközlés következő módjait találjuk meg:

- a) sugárzás útján közölt hő (általunk megvalósított típus),
- b) Joule-hő [18, 15, 19],
- c) elektronbombázás [14, 16, 25] (esetenként Joule-hővel kombinálva) [17].

Az ionizáló berendezés szerinti csoportosítás előtt megjegyezzük, hogy az ionizáció mindig ugyanazon a módon történik, a termikus elektronok gyorsítása és ütköztetése folytán. Csak a legújabb eredményes próbálkozások szerint alkalmaznak PENNING kisülést, továbbá nem termikus úton előállított elektronokat [16, 17].

Az ionizáló készülék szerkezete szerint megkülönböztethetünk önálló és kombinált apparátust. Kombinált alatt értjük, hogy az ionizálás céljából előállított elektronok egyidejűleg a titánfelületet is bombázzák. Maga az apparátus általában az elektron emitterforráson kívül elhelyezett és a rádiócsövekben megismert szerkezetű rács.

Az elpárologtatott titán a *kollektorfelületre* csapódik le. A szívás tulajdonképpen itt történik. Ismeretes, hogy a kollektorfelület hőmérséklete nagyon befolyásolja a szívást, pl. 200 C°-on megszűnik [15]. A kollektorfelület hűtéséről tehát általában külön gondoskodni kell. A hűtés szerinti csoportosítás:

- a) különleges esetként nincsen hűtés [14],
- b) forszírozott levegőhűtés [15],
- c) áramló vízűtés [18],
- d) szénsavhóval történő hűtés (részünkről megvalósított típus),
- e) itt említjük meg a lezárt vákuumrendszerben, de nem a kollektor felületén alkalmazott cseppfolyós levegős vagy nitrogénes kifagyasztó csapdát [19].

Említsük még meg az *alkalmazások igényei* szerinti csoportosítást:

a) nagy szívássebesség (extrém magas végvákuum nem fontos és a berendezés bonyolultsága, illetve mérete sem döntően lényeges). Ilyen berendezéseket az atomtechnikában alkalmaznak [20];

b) nagy végvákuum (a szívássebesség nem túl fontos. Ilyen szivattyút a fizikai fundamentálkutatások, mint pl. a felületek vizsgálata, igényelnek);

c) a szivattyúrendszer egyszerűsége. (Pl. miniatűr méret. Ezt a típust az iparban nem a gyártás folyamatában alkalmazzák, hanem a gyártmányba beépítve, folyamatos üzemből [21].)

II. A titán-ion-getterszivattyúkkal történő mérési módszerek ismertetése

A szivattyúk legfontosabb adatai:

- a) a szivattyú végvákuuma,

- b) a szívássebesség,
c) a getterkapacitás.

A felsoroltakhoz hozzáértjük a szivattyú működéséhez szükséges elektromos paraméterek megadását.

A *végvákuum* méréséhez nincsen sok ismertetni valónk. A szívásfolyamat befejeződésekor leolvasható nyomásértéket nevezzük végvákuumnak. Ennek mérésekor mutatkozó problémákat a szívássebesség mérésénél említjük meg.

A *szívássebesség* mérése. Kétféle mérési módszer ismeretes: az első az ún. állandó térfogat módszere [22]. A másik a stacioner fluxus módszere [13—15].

Az első rövid ismertetéséhez tekintsünk egy rögzített térfogatú rendszert és tételezzük fel, hogy influxió nincsen, továbbá az egyszerűség kedvéért legyen egykomponensű rendszerünk.* A gázra felírhatjuk az általános gáztörvényt:

$$pV = \frac{m}{M} RT = nkT, \quad (1)$$

ahol p a gáz nyomása, V a térfogata, m a tömege, M a molekulásúlya, T a hőmérséklete Kelvin-fokban, n a molekulák száma, R az univerzális gázállandó, k a Boltzmann-állandó. A szívássebességnek mérhető adatokkal történő kifejezése céljából általában az az eljárás, hogy az egyenletet differenciáljuk az idő szerint:

$$\frac{\partial p}{\partial t} V + p \frac{\partial V}{\partial t} = 0, \quad (2)$$

majd az $s = \frac{\partial V}{\partial t}$ definíciós egyenlet alapján

$$s = - \frac{V}{p} \frac{\partial p}{\partial t}. \quad (3)$$

A leforrasztott rendszerben a nyomás az időnek valamilyen függvénye, ezt a függvényt méréssel meghatározzuk:

$$p = p(t).$$

* Amennyiben nem egykomponensű rendszerünk van, úgy a parciális nyomások összegét tekintjük nyomásnak. Elegendő nagy diluációknál érvényes a Dalton-törvény. Ekkor:

$$pV = \sum_{i=1}^L \frac{m_i}{M_i} RT = \sum_{(i)} n_i kT,$$

i a komponensek indexe, L a komponensek száma. A számítást így is elvégezhetnénk n helyébe mindig $\sum_{(i)} n_i$ -t írva.

Ennek alapján meghatározzuk, hogy $\frac{\partial p}{\partial t}$ milyen függvénye a nyomásnak

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \varphi(p).$$

Ezáltal az

$$S = -V \frac{\varphi(p)}{p}$$

karakterisztikához jutunk, amelyet jellemzőnek fogadunk el. Az (1)-nek (2)-be történő származtatása finom fogalmi tisztázatlanságot rejt magában. Ugyanis a szivattyúzás mindig a gázrészecskék eltávolításával, tehát a gázkomponens részecskeszámának csökkenésével jár együtt, míg a gáz *térfogata nem változik* (2)-vel ellentétben.

A számítás a következőképpen végezhető el: az (1)-et differenciáljuk az idő szerint *állandó térfogat mellett*:

$$V \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial n}{\partial t} kT. \quad (2')$$

Ugyancsak $\frac{\partial n}{\partial t}$ sebességgel történő gázelvonásnál a térfogatot megfelelően úgy is változtathatjuk, hogy a gáz *nyomása* ne változzék.

$$p \frac{\partial V}{\partial t} = \frac{\partial n}{\partial t} kT \quad (2'')$$

(2') és (2'') összekapcsolásával

$$p \frac{\partial V}{\partial t} = V \frac{\partial p}{\partial t}. \quad (3')$$

Az ilyen módon megváltozott gáztérfogat mintegy a szivattyúba jutott. A definíciós egyenlet $S = -\frac{\partial V}{\partial t}$ ilyenformán nem mond ellent az „állandó térfogat” módszerének.* (3') szerint:

$$S = -\frac{V}{p} \frac{\partial p}{\partial t},$$

* S előjele megváltozik, mert (2)-ben $\frac{\partial V}{\partial t}$ a szivattyúra vonatkozik, tehát pozitív, ha $\frac{\partial p}{\partial t} < 0$, (3')-ben $\frac{\partial V}{\partial t}$ a gázra vonatkozik, tehát negatív, ha $\frac{\partial p}{\partial t} < 0$.

ugyanazon eredményhez jutunk, mint (3)-ban, de a folyamat leírásának és tényleges lefolyásának kapcsolatáról való szemléletünk mélyebbé vált.

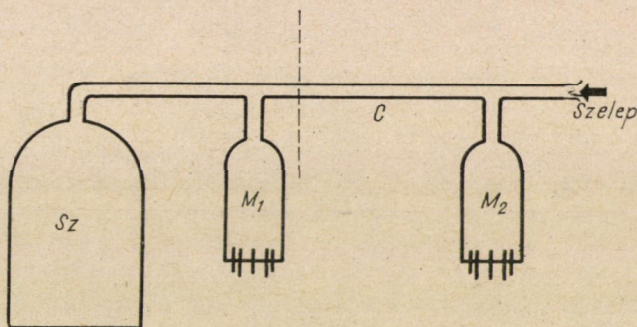
Térjünk át a másodikkak megemlített szívássebesség mérési módszerre.

Tekintsük a következő rendszer-sémát (1. ábra): szivattyú (*Sz*) — manométer (*M*₁) — kapilláris (*C*) — manométer (*M*₂) — adagoló szelep (*Sze*) (1. ábra).

Az általános gáztörvényt differenciáljuk az idő szerint. Az előbbi megfontolásokat fenntartjuk az *S* szívássebességet illetően, de most azt is figyelembe vesszük, hogy gázbeáramlás történik a rendszerbe.

$$\frac{\partial p}{\partial t} V + \frac{\partial V}{\partial t} p = qkT, \quad \frac{\partial n}{\partial t} = q$$

$$V \frac{\partial p}{\partial t} + Sp = Q, \quad Q = qkT = \frac{q}{n} pV. \quad (4)$$



1. ábra

V-vel az ábrán szaggatott vonallal elkülönített rész térfogatát jelöljük. Amennyiben a rendszer nyomása időben nem változik, úgy $\frac{\partial p}{\partial t} = 0$ és ekkor legyen $p = p_1$, azaz

$$sp_1 = Q. \quad (5)$$

Ha a szelepen *Q* mennyiségű gáz ömlik be, akkor a gázáramlás törvénye szerint:

$$Q = C(p_2 - p_1), \quad (6)$$

ahol p_1, p_2 az M_1, M_2 -ben mért nyomás. A cső vezetőképessége *C* a geometriától és az áramló gáz minőségétől függő mennyiség. A szívássebesség (5) és (6) szerint:

$$S = C \frac{p_2 - p_1}{p_1}.$$

Az elmondottakhoz még néhány megjegyzést szeretnénk fűzni. A (3) képlet gyakorlatilag úgy használható fel, hogy a differenciálhányadost különbségi hányadossal közelítjük. Minthogy a szívássebesség az időtől explicite és impliciten is függ, (3) alapján a nevező megfelelő megválasztása esetén elég különböző értékeket lehet számítani. Ennek elkerülésére a (3)-at átalakítjuk:

$$\begin{aligned} S &= - \frac{V}{p} \frac{\partial p}{\partial t} = - V \frac{\partial \log p}{\partial t} \cong - V \frac{\Delta \log p}{\Delta t} = \\ &= - \frac{V}{t_2 - t_1} (\log p(t_2) - \log p(t_1)) \\ &= \frac{V}{t_2 - t_1} \log \frac{p(t_2)}{p(t_1)}. \end{aligned}$$

Bizonyos influxió mindig feltételezendő, ha nem mikrorések következtében, akkor a hélium diffúziója folytán [23]. Ilyen módon a szívássebességnek a (3) szerinti számítása a (4)-nek megfelelő taggal terhelt.

A fenomenologikus jellemzőmód nem tünteti fel szembeötlően, hogy különböző összetételű gázokra a szívássebesség más és más. Az olyan mérések-nél, amelyeknél a gázösszetételt megfelelő analízissel, pl. tömegspektrométerrel vagy omegatronnal nem állapítjuk meg, ott szívássebesség során a különböző összetételekre vonatkozó átlagos szívássebességet lehet csak érteni. A dolgozatban előforduló mért adatok mind ilyen méréseket jelentenek. Az omegatronnal történő gázanalízist figyelembe vevő mérések folyamatban vannak, erről egy későbbi dolgozatban fogunk beszámolni.

Annak megállapítása szempontjából, hogy a magára hagyott rendszerben történő nyomásnövekedés diffúziótól vagy mikrorésektől ered-e, az irodalomra vagyunk utalva. A nyomás leromlása mérhető, továbbá a diffúziótól eredő nyomásváltozás becsülhető [23].

Méréseinket csak olyan rendszerekben hajtottuk végre, ahol a számítás az utóbbit valószínűsítette.

A méréseket megnehezíti, hogy bizonyos vákuumtartományokban az ionizációs manométer szívássebessége összemérhető a titánszivattyú szívásával és így ezt külön korrekcióval kell tekintetbe venni.

A dolgozat következő fejezetében beszámolunk az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetében WINTER Ernő akadémikus irányításával végzett kísérletekről és mérésekről. Az ismertetéshez előrebozsátjuk, hogy a szivattyúk szerkesztésekor az a szempont vezetett, hogy lehetőleg a legnagyobb szívássebességű és végvákuumot előállító szivattyútípust kiválasszuk.

Ezért méréseinket is az ultravákuumtartományban végeztük és nem a nagyvákuumtartományban, ahol a szivattyúk ismert módon sokkal nagyobb

szívássebességgel rendelkeznek $\left(100 - 1000 \frac{l}{sec}\right)$. A részünkről vizsgált nyomás-tartományban elvégzett mérések a szakirodalomban nem találhatók.

III. Kísérleti eljárás

A részünkről megvizsgált szivattyúk kizárólag zárt rendszerekben voltak elhelyezve. Valamennyi rendszer egy Alpert-rendszerű ionizációs manométert tartalmazott, amelyet osztályunkon készítettünk és hitelesítettünk [2]. A tisztítás és kezelés eljárásában a következőket emeljük ki: az üvegballonokat és a felszerelt állványt 40%, Cr_2O_3 -t tartalmazó króm-kén-savval öblítettük a szerves maradványok eltávolítására.

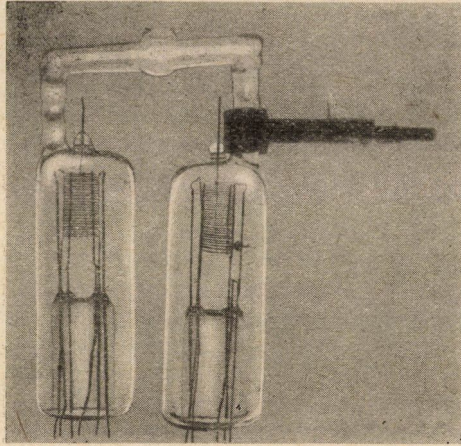
A titán(szalag) mosása 10% H_2F_2 + 10% HNO_3 keverékében történt. A mechanikai és diffúziós szivattyút tartalmazó vákuumrendszeren kályháztuk a rendszert 460—480 C°-on 4 órán keresztül, majd a fémalkatrészeket az ultravákuumtechnika gondosságával gáztalanítottuk [1].

A titán gáztalanítása figyelmet érdemel, ugyanis a felizzítást igen gondosan kell végezni, egyrészt az olvadás veszélye, másrészt a párolgás miatt. A felizzítás különböző fokozataiban módunk volt megfigyelni a nyomásmérőn, hogy a titán felizzásakor rontja a vákuumot [24]. Ahhoz, hogy a nyomásmérőn leolvasott — jó — vákuum meggyőzőzön bennünket a titán tisztaságáról, az szükséges, hogy a titán hőmérséklete elég magas legyen a gáztalanításhoz, de elég alacsony ahhoz, hogy a vákuummérő ne az *elpárolgó titán miatt* mutasson jó vákuumot. A titán gáztalanítása 3 órán keresztül tartó folyamat. Amennyiben meggyőződünk, hogy a rendszerünk nem húzós, úgy leszűrjük a rendszert a szivattyúról és a lezárt rendszerben végezzük el a mérést. A részünkről használt mechanikai és diffúziós szivattyút tartalmazó rendszer elrendezése és különleges kifagyasztó berendezése [25] miatt 10^{-9} Torr vákuumot mértünk általában leszűrés előtt.

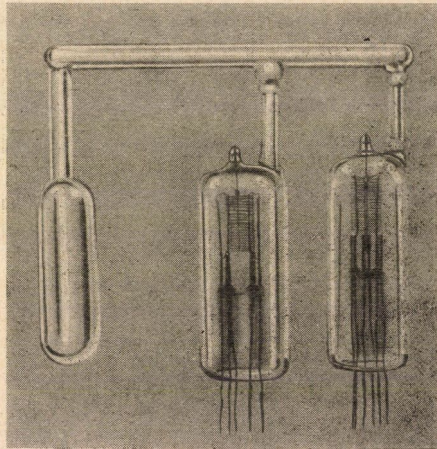
1. A kísérleti csövek ismertetése

A) Alpert-rendszerű ionizációs manométer titánszivattyú

Szerkezete közönséges ionizációs manométer, amelynek ionkollektorát titánszalaggal vontuk be [1]. A szivattyút három példányban készítettük el. Az első példánnyal végzett kísérlet elővákuumról ($2 \cdot 10^{-3}$ Torr) három perc alatt $7 \cdot 10^{-9}$ Torr-ra javította a vákuumot (2. ábra). A második kísérleti csövet cseppfolyós levegős kifagyasztóval láttuk el (3. ábra). A harmadik példányban a szivattyú falát hűtővel vettük körül, amely egyaránt alkalmas volt szén-savval vagy áramló vízzel történő hűtésre. Az elért végvákuum $4 \cdot 10^{-10}$ Torr. Ez a típus végvákuum tekintetében megfelelő, azonban kicsiny szívássebessége miatt főleg laboratóriumi célra alkalmas. A 4. ábra a szívássebességet mutatja mint a nyomás függvényét.



2. ábra



3. ábra. Ionizációs rendszerű titánszivattyú ionizációs manométerrel és kifagyasztóval

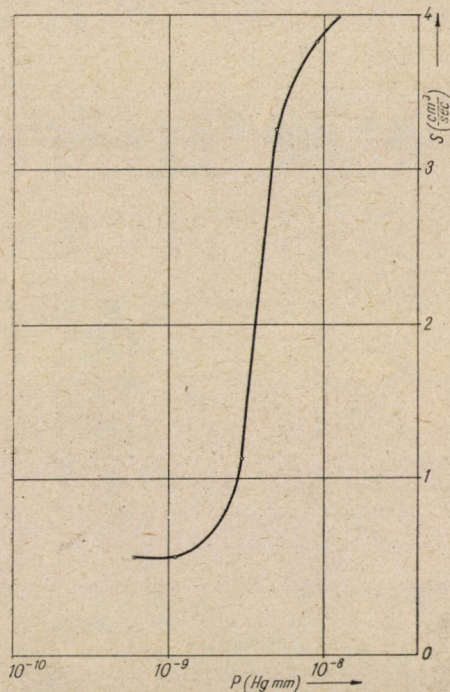
B) Tetróda szerkezetű szivattyú

A berendezés lényegében egy tetróda, amelynek alkatrészei a következők:

1. emitter az ionizáló és bombázó elektronok előállítására,
2. vezérlőrács a bombázó elektronok intenzitásának szabályozására,
3. titánnal kataforetikusan bevont rács,
4. a párologtatott felület képződésére szolgáló tantáliból készült anód.

Ezzel kapcsolatos eredmények és megfigyelések a következők:

Végvákuum $6 \cdot 10^{-9}$ Torr. A kataforetikusan felvitt titán nehezen gáz-talanítható. A vezérlőrács feladatát illetően az emitter hőfokának szabályozásával pótolható. A rendszert az 1. ábra sémája szerint állítottuk össze. Tekin-



4. ábra. Alpert-rendszerű titán-ion-szivattyú szívássebessége a nyomás függvényében

tettel arra, hogy az ionizációs manométerhez tartozó erősítő berendezés csak egy volt, ezért átkapcsoló berendezést alkalmaztunk. A szívássebesség $5 \text{ cm}^3/\text{sec}$ 10^{-8} Torr-nál. Hozzáteszük, hogy az állandó térfogat módszerével történő mérés ugyanezt az eredményt szolgáltatotta.

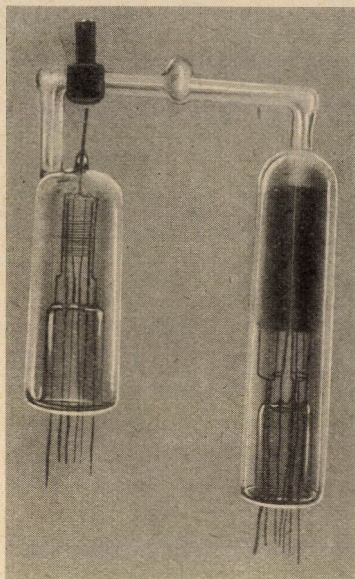
C) Trióda szerkezetű szivattyú

A berendezés lényegében a B) alatt leírtakkal azonos, azzal a módosítással, hogy a vezérlőrácst nem helyeztük bele a B) alatt mondottak miatt, továbbá a kollektor felülete és távolsága az emittertől nagyobb, mint a tetródánál. Eredményünk, hogy a nagyméretű tantálkollektor nem gáztalanítható megfelelően (5. ábra).

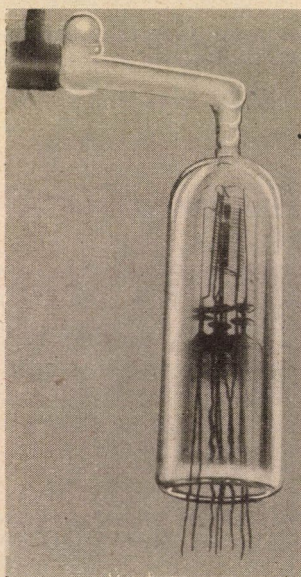
D) Indirekt fűtésű Alpert-rendszerű szivattyú

Az A) alatt említett szivattyúnak az a hátránya, hogy a működésében nem választható szét a párologtatás és az ionképződés folyamata. Kívánatos és egyszerű elgondolás volt az ionkollektor helyett külön fűthető elektródát elhelyezni, amelyet titánból készült henger vesz körül. Ezzel lehetővé tesszük

az ionizáló áramtól függetlenül működtethető titánpárolgató és egy Alpert-rendszerű manométer szívásmechanizmusának szétválasztását.

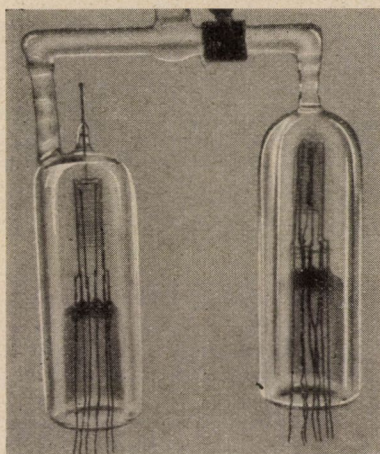


5. ábra. Trióda-rendszerű szivattyú ionizációs manométerrel

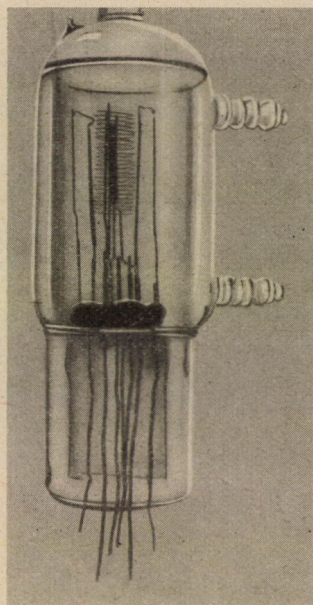


6. ábra. Indirekt fűtésű Alpert-rendszerű szivattyú. A bevezetőkön jól kivehetők a lecsapódást megakadályozó fémkorongok

Ezzel a típussal $3,6 \cdot 10^{-9}$ Torr végvákuumot értünk el. Ennek az a hátránya, hogy a henger belseje jobban felizzik, mint a külső része, továbbá a cső



7. ábra. Indirekt fűtésű szivattyú ionizációs manométerrel



8. ábra. Indirekt fűtésű Alpert-rendszerű szivattyú vízhűtőköpennyel

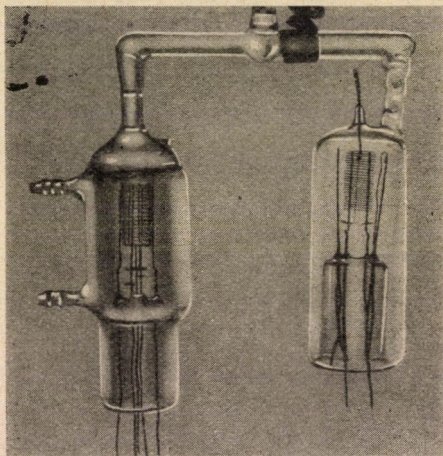
beforrasztása folyamán elkerülhetetlenek apró dilatációk, s így a fűtőszál a hengerhez könnyen hozzáérhet. A megolvadás pedig zárlatot okoz. A kísérletet három példányon hajtottuk végre (6. és 7. ábra). A szivattyúk egyikét vízhűtőköpeny övezi (8. ábra).

E) *Titánnal bevont rácsú szivattyú*

A D) pontban említett nehézségek miatt a szivattyúk szerkesztésében azon elvhez folyamodtunk, hogy a titánfémeket stabilan szereljük fel az alkatrészekre. Ez legegyszerűbben úgy történhetik, hogy a titánt a szivattyúban rácsra tekeresljük, kollektorfelületként a szivattyú üvegfala szolgál. Ez a kísérlet végvákuum tekintetében 10^{-8} Torr eredményt adott. Tanulásképpen a következőt mondhatjuk: azzal, hogy az elrendezésben a titán a rácson van, a rács felizzása folytán a kollektorfelület nagyobb hőmérsékletre melegszik fel. Így az elrendezés kiegészítendő hűtőapparátussal, amely a kollektort hűti.

F) *Vízzel hűtött titán rácsos ion-getterszivattyú*

Az E)-ben említettek szerint a szivattyúrendszert vízhűtőköpennyel egészítettük ki. A vízhűtés szobahőmérsékletű vízzel történt, 2 l/min. áramlássebességgel. A szivattyú belső falára óndioxidos bevonatot tettünk, hogy vezetést biztosítson, továbbá a bevezetésekre fémkorongokat hegesztettünk, hogy megakadályozzuk a lepárolgó titán által okozott átvezetést (9. ábra).



9. ábra

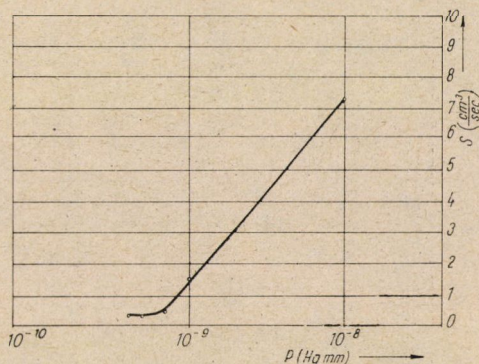
Ezt a típust két példányban készítettük el. A vízhűtés hatása megmutatkozott, a szivattyú végvákuuma 2.3×10^{-10} Torr. Szívássebességére vonatkozólag lásd a 10. ábrát.

E szivattyúval a következő érdekes tapasztalataink voltak:

a) A titán átvezetési ellenállás hegesztett fémkorongokkal történő megakadályozását nem tekinthetjük végleges megoldásnak, mert a szivattyú elektronbombázással történő gáztalanítása folyamán a korong felizzik. Célravezető az üveggörongokkal történő megoldás.

b) Az ionizációs manométer tartósabb üzemben gázokat ad le az alkatrészek felmelegedése miatt. A lezárt rendszerben a manométer alkatrészeit gáztalanítottuk, közben a titánszivattyút működtettük. Közvetlenül a gáztalanítás után az effektus nem észlelhető.

c) A titán párologtatása — mint említettük — elektronbombázással történik. A szívássebesség az irodalomból ismert módon arányos a titán párol-



10. ábra

gási sebességével [15]. A szívássebesség növelése tehát a titán hőmérséklet-növelésével érhető el. Amint az emissziós áramot növeltük, a kollektor áram is növekedett, kb. exponenciális összefüggés szerint. Ennek magyarázatát az eddigi méréseink alapján nem tudtuk megadni. Értelmezése nem található meg az irodalomban és nem szembeötlően egyszerű. E jelenség magyarázatát egy későbbi dolgozatunkban fogjuk megadni [26].

E szivattyútípus előnyei mellett a következő hátrányok sorolhatók fel:

1. a működése vízűtést igényel, továbbá mérete miatt alkalmazhatósága korlátozott,

2. elég nagy feszültség (2—2,2 kV) és teljesítmény (200—220 watt) szükséges a működtetéséhez.

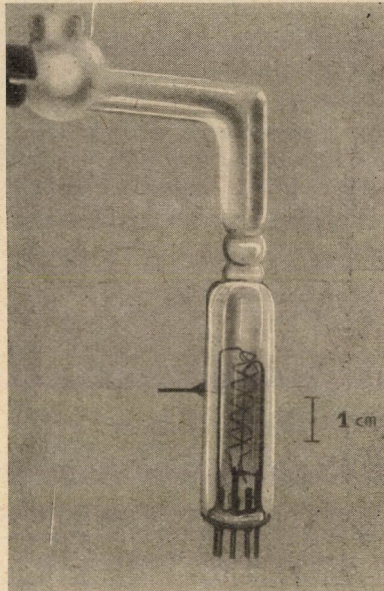
Ezek figyelembevételével miniatűr szivattyúk építésével kezdtünk foglalkozni.

G) Miniatűr szivattyúk forszírozott levegőhűtéssel

A részünkről vizsgált miniatűr szivattyúk ugyanolyan szerkezetűek, mint az E) pont alatt megemlítették, azzal az eltéréssel, hogy a rács, amelyen a titán van, direkt — Joule-hővel — is felmelegíthető. Ilyen szivattyúkat mikrohullámú csövek ionzájának csökkentésére lehet felhasználni folyamatos üzemben [21].

Felsoroljuk a szivattyútípusokat:

1. üvegfalú szivattyú szűk szívótorokkal,
2. üvegfalú szivattyú széles szívótorokkal (11. ábra),
3. fémfalú szivattyú szűk szívótorokkal (12. ábra),
4. fémfalú szivattyú széles szívótorokkal (13. ábra),
5. üvegfalú cirkon-ion-szivattyú.



11. ábra. Üvegfalú szivattyú széles szívótorokkal. A rács bifiláris tekercselésű

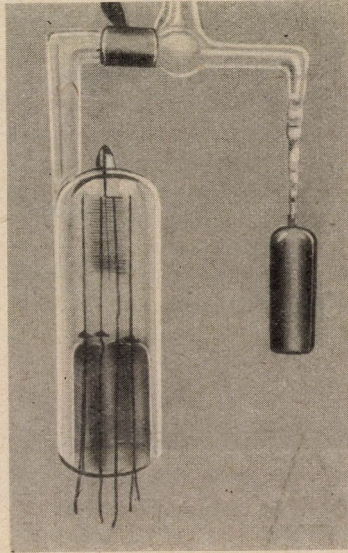
Az 1., 3., 5. típusok nem váltak be, az előbbieik konstrukciós hibák miatt, az utóbbi pedig azért, mert a cirkon megfelelő párolgásához tartozó hőmérséklet a szivattyúfalat is felmelegíti. (Titán esetében ez a hőmérséklet alacsonyabb.) A 2. és 4.-re vonatkozó méréseket a 14. ábra grafikonján, a szivattyúkat a 11., 12. és 13. ábrákon mutatjuk be.

A 4. típusnál észrevételeink a következők:

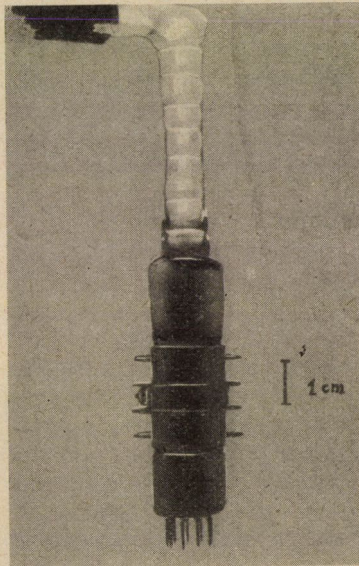
a) a fémköpeny (ferniko) beforrasztás előtt (vákuumban) gáztalanítandó,

b) az F) pontban említetthez hasonlóan itt is mutatkoznak anomálishan nagy kollektor áramok,

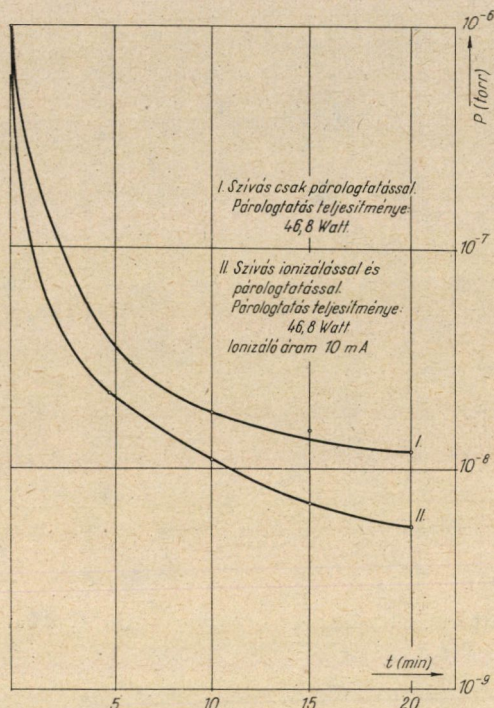
c) a hűtőköpeny, amelyet a ferniko falra kívülről bilincsel erősítünk fel, nem mutat jobb hűtőhatást a bordázat nélkülihez képest. Ezért további vizsgálatainkban a szivattyúfalat teljes egészében OFHC rézből készítjük, amelynek külső fala a 13. ábrához hasonlóan bordázott kiképzésű.



12. ábra. Fémfalú miniatűr szivattyú szűk szívótorokkal, az ábra bal oldalán az ionizációs manométer



13. ábra. Fémfalú miniatűr szivattyú bordázott hűtőköpennyel



14. ábra. Fémfalú miniatűr titán-ion-szivattyú nyomásváltozása az idő függvényében

Befejezésül megköszönöm WINTER Ernő akadémikusnak, hogy munkámat állandó figyelemmel kísérte, értékes tanácsaival és irányításával jobb eredmények elérésére buzdított. VÁ CZ István oszt. vez. helyettes elvtársnak köszönetemet nyilvánítom, hogy figyelemmel kísérte munkámat és segítséget nyújtott tudományos és műszaki vonatkozású problémáim megoldásában. Megköszönöm továbbá munkatársaimnak — különösen GEDE András, GUBICS János és BARANYI Jánosné kartársaknak messzemenően gondos és alapos munkájukat és készséges segítségüket.

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen közleményünkben összefoglalást adunk a szakirodalomban fellelhető titán-ion-getter-szivattyúkról, majd ismertetjük az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézet Elektronfizikai Osztályán megépített típusokat és az ezekkel kapcsolatos méréseket.

IRODALOM

1. ALPERT, D., *J. Appl. Phys.* **7** (1953) pp. 860—876.
2. VÁ CZ ISTVÁN—Z. NÁGY LAJOS: *MTA Műszaki Tud. Oszt. Közl.* **27** (1960) p. 293.
3. SODDY, F.: *Proc. Roy. Soc. London A* **78** (1907) p. 429.
4. *Advances in Vacuum Science and Technology, Proceedings of the First International Congress on Vacuum Techniques* (1958. Namur, Belgium)
- 4a. KLOPPER, A.—ERMRICH, W., pp. 427—429.
- 4b. KUMAGAI, H.—HAYASHI, C., et. al. pp. 433—439.
- 4c. REICH, G.—NÖLLER, H. G., pp. 443—446.
- 4d. SCHRAM, A., pp. 446—450.
- 4e. MARKALI, J., pp. 450—453.

- 4f. WINOGRADOFF, M. I., pp. 453—457.
- 4g. HUBER, H.—WARNECKE, M., pp. 457—462.
5. DAVIS, R. H.—DIVATIA, A. S.: *Rev. Sci. Instr.* **25** (1953) p. 1193.
6. HERB—DAVIS, R. H.—DIVATIA, A. S.—SAXON: *Phys. Rev.* **89** (1953) p. 897.
7. HERB—DAVIS R. H.—A. S. DIVATIA—SAXON *Phys. Rev.* **93** (1953) p. 926.
8. DAVIS, R. H.—DIVATIA, A. S.: *Vac. Symp. Trans.* (1954) p. 40.
9. GALE, A. J.: *Vac. Symp. Trans.* (1956) p. 12.
10. HUBER, H.—WARNECKE, M.: *Le Vide* No. 74, (1958) pp. 84—90.
11. REDHEAD, P. A.: *Vac. Symp. Trans.* (1958) p. 148.
12. ALEXEFF, I.—PETERSON, E. C.: *Vac. Symp. Trans.* (1955) p. 87.
13. HUBER, M.—WARNECKE, M.: *Le Vide* (1959) No. 82, pp. 214—225.
14. ALPERT, D.: *Vacuum* **10**, (1960) No. 1—2.
15. HUBER, H.—WARNECKE, M.: *Le Vide* (1960) No. 85, pp. 41—51.
16. HALL, L. D.: *Rev. Sci. Instr.* **29**, (1958) p. 367.
17. HALL, L. D.: *Vac. Symp. Trans.* (1958) p. 158.
18. SCHWARTZ, J. C.: *Vac. Symp. Trans.* (1955) p. 83.
19. ALPERT, D.: *Proc. I. Int. Congr. on Vacuum Techniques.* (1958) Namur p. 31.
20. GOULD, G. L.: *Vac. Symp. Trans.* (1956) p. 39.
21. SMITH, W. W.: *Vacuum* **10**, No. 1—2, (1960) pp. 106—110.
22. RUFER, CH. E.: *Vac. Symp. Trans.* (1956) p. 74.
23. ALPERT, L.—BURITZ, J.: *Appl. Phys.* **25**, (1954) pp. 202.
24. STOUT, V. L.—GIBBONS, M. D.: *J. Appl. Phys.* **26**, (1955) No. 12.
25. Venema—Bandbringa, *Philips Technische Rundschau*, (1959) No 2.
26. TÓRÓS RÓBERT: *Acta Technica* (sajtó alatt).

A KAPILLÁRIS EMELKEDÉS HATÁRÉRTÉKE VÁLTOZÓ SZELVÉNYŰ HAJSZÁLCSÖVEKBEN

(UTALÁSSAL A TÖBBRÉTEGŰ TALAJOKRA ÉS EGYÉB KAPILLÁRIS TULAJDON-
SÁGŰ ANYAGOKRA)

BROZÁK FERENC

ÚT-, VASŰTTERVEZŐ VÁLLALAT, BUDAPEST

[Beérkezett 1961. június 28-án]

Az elméleti legmagasabb vízszintemelkedés fizikai törvényének alkalmazása főleg a vegyes rétegződésű talajokra hasznos, mivel az útburkolatok fagyveszélyességi vizsgálatánál és a talajjavító réteg alkalmazásánál, vagy pl. töltéseknek talajvizes területen való alapozásánál stb. állandóan jelentkező fontos tervezői feladat annak megállapítása, hogy többrétegű talajok teljes emelkedése mily mértékű lesz a nyílt víztükörtől.

A fizikai törvény ismerete nélkül a feladatot gazdaságosan és kellő biztonsággal megoldani nem lehet. Egységes gyakorlat sem alakulhatott ki e tárgy körben: a tervezők a tapasztalatok alapján döntöttek, vagy a kísérleti eredményekből szerkesztett — de csak bizonyos határok között érvényes — függvényeket alkalmazták.

Így pl. használatos volt a

$$H = a \cdot t^b$$

összefüggés is az 1000 órás emelkedés megállapítására. (h az emelkedés, a és b az anyagtól függő és az egységnél kisebb állandók és t az emelkedési idő.) E képlet elvileg hibás, mert eszerint végtelen idő alatt az emelkedés is végtelen.

Jelen rövid tanulmány célkitűzése nem a kapilláris erő lényegének kutatása, sem az emelkedés időbeni lefolyásának, vagy az ezeket módosító tényezők vizsgálata, hanem kizárólag annak a *különbségnek* a tisztázása, amely az állandó és változó keresztmetszetű hajszálcsövekben végbemenő erőjátékok között fennáll. Egyszerűség kedvéért csak a zárt kapilláris tartományban keletkező erőkről lesz szó.

Bevezetésül vázolni kell a kapilláris jelenség egyes ismert tulajdonságait.

A kapilláris emelkedés legfőbb tényezői: a folyadék anyaga, a benne abszorbeált gázok viselkedése a hőfoktól és nyomástól függően, a kapilláris cső mérete, anyaga, szennyezettsége stb.

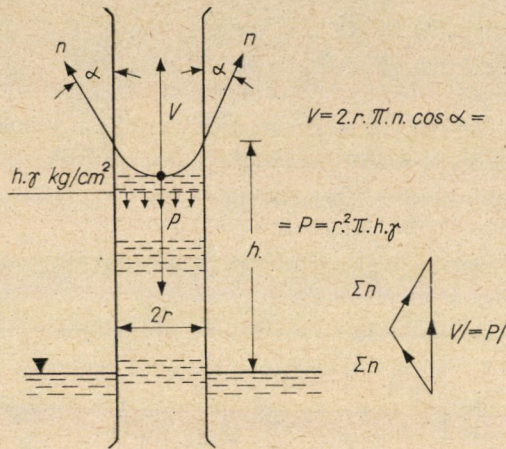
A kapilláris emelkedés végső okát nem ismerjük, csak annyi bizonyos, hogy az emelkedést a folyadékok levegővel érintkező felületén keletkező kétirányú húzófeszültség idézi elő. A folyadék felszíne rugalmas hártárhoz hason-

lón viselkedik, vastagsága igen csekély, pl. a víznél 10^{-7} cm. A húzófeszültség a hártya keresztmetszeti területére merőlegesen hat.

A hajszálesőben felemelkedett folyadék felszíne meniszkusz alakú lesz, amely a cső falához α szög alatt hajlik. (A szög értéke függ a csőfal és folyadék anyagától és a cső szennyezettségétől.)

A meniszkusz felületén ható n kétirányú húzófeszültségek felfelé irányuló függőleges eredője:

$$V = 2 r \cdot \pi \cdot n \cdot \cos \alpha.$$



1. ábra

Ezen felfelé mozgó erővel ellentétesen hat a vízoszlop súlya, mely a meniszkuszra mint rugalmas hártýára egyenletesen elosztva függeszkezik fel. Nagysága:

$$P = r \cdot \pi \cdot \gamma \cdot h.$$

A kapilláris emelkedés addig tart, amíg a V emelő erő egyensúlyba kerül a P gravitációs erővel. Az egyensúlyi állapot h magasságban következik be:

$$V = 2 r \cdot \pi \cdot n \cdot \cos \alpha = P = r^2 \cdot \pi \cdot \gamma \cdot h.$$

(Az egyenlőségből kiszámítható h emelkedés nagysága.)

$$h = 2 n \cdot \cos \alpha / r.$$

Hangsúlyozni kell, hogy a fentiek idealizált állapotra vonatkoznak.

a nyugalmi helyzetben. A P erő mit sem változik a két különböző alsó szakaszszal bíró csőnél.

Ha a következő lépésben a dugattyút és a reá felfelé ható V erőt helyettesítjük a rugalmas folyadékhártyával és az azon keletkező kétirányú húzófeszültségek V felfelé irányuló függőleges eredőjével, megkaptuk a választ a szakaszosan változó szelvényű kapilláris csőben ébredő erők egyensúlyának esetére is.

Mivel a nyugalmi helyzetbe jutott h magasságú vízoszlop okozta $P = F \cdot h \cdot \gamma$ erő mit sem változik, ha a $2r$ átmérőjű szakasz alatt a csőkeresztmetszet szabályosan vagy szabálytalanul változik, a $P = V$ egyensúlyi helyzet sem módosul, tehát a h magasság megváltozásának nincs semmi oka.

A rétegzett talajokban bekövetkező legnagyobb kapilláris emelkedés

Ismeretes, hogy a szemcsés talajok kapilláris járatait az egymással pontszerű felületeken érintkező szemcsék hézagai alakítják ki. A kapilláris cső átmérőket itt a szomszédos érintkezési pontok közötti távolságok helyettesítik, melyeknek méretei talajnemenként változó határok közé eső statisztikus halmazt alkotnak.

A hézagméretek közül a kapilláris emelkedést nyilvánvalóan a kellő összefüggő láncolatot képező legnagyobb csoportja szabja meg. Ezen hézagcsoport méreteit az alábbi tényezők határozzák meg:

1. A talaj azon legkisebb frakcióinak szemcseméretei, amelyek mennyisége már elegendő összefüggő váz képzésére. Egyenletes szemcseeloszlású talajban több frakció alakítja ki a kapilláris vázat, egyenlőtlen eloszlásban, mint pl. a futóhomok, esetleg csak egy-két csoport.

Az összefüggő váz kialakulásáról erősen torzított példán alkothatunk képet:

Az 1 mm átmérőjű szabályos gömbök leglazább halmazában, tehát 90°-os tájolású sorokban elhelyezett gömböknél az érintkezési pontok távolsága, amely egyszermind a legnagyobb mértékadó hézagcsoport, jellemző mérete: 1 mm. A 60° szerint elhelyezkedett, legtömörebb szerkezetű gömbhalmaznál 0,5 mm.

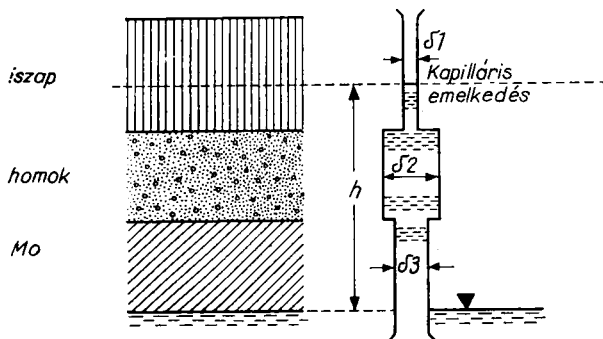
Semmit sem változtat a helyzeten kapilláris szempontból, ha pl. minden 10 000 db 1 m \varnothing gömb közé 1 db 10 mm és 10 db 0,1 mm átmérőjű gömböt ágyazunk be, valamint az sem, ha a 10 mm-es gömbök összefüggő halmazán belül helyezkednek el az ugyancsak összefüggő vázat alkotó 1 mm-es gömbök. A valóságban a szemcse elhelyezkedések kombinációinak száma meghatározhatatlan, azonban a kapilláris emelkedési magasságot meghatározó hézagméretek statisztikus átlagok szerint alakulnak ki, a nagy számok törvénye és a köz-

ponti határeloszlás törvényei szerint. Ezt igazolják a kapilláris emelkedési kísérleteknél tapasztalható szórások is.

2. A mértékadó hézagsoport kialakulásának második tényezője: ugyanazon anyagnál a tömörség foka. A tömörítés hatására nemcsak a hézagok átlaga kisebbedik, hanem az érintkezési pontok száma is megnő.

3. Harmadik hézagátlag kialakítási tényező: az egyes szemcsék fajlagos alaktényezője: $\nu = F/V$, vagyis a szemcsetérfogat egységére eső szemcsefelület. (Ez a gömbnél a legkisebb.)

Minél nagyobb a ν tényező, annál kisebb a hézagméretátlag. (Az összehasonlított anyagok szemcsetérfogata és hézagtényezője azonos.)



4. ábra

Összefoglalva az előbbieket: a kapilláris emelkedés mértékét meghatározó szemcsehézagok mérettartománya a szemcseátmérők, a tömörség és a fajlagos alaktényező függvénye:

$$d_m = f_1(d) \cdot f_2(e) \cdot f_3(\nu).$$

Minden homogén talajnemnek megvan a maga jellemző d_m hézagméret-csoportja, amely — a kapillaritást befolyásoló egyéb tényezőket η gyűjtő faktoral figyelembe véve — meghatározza az összes h kapilláris emelkedést:

$$h = f(\eta \cdot d_m).$$

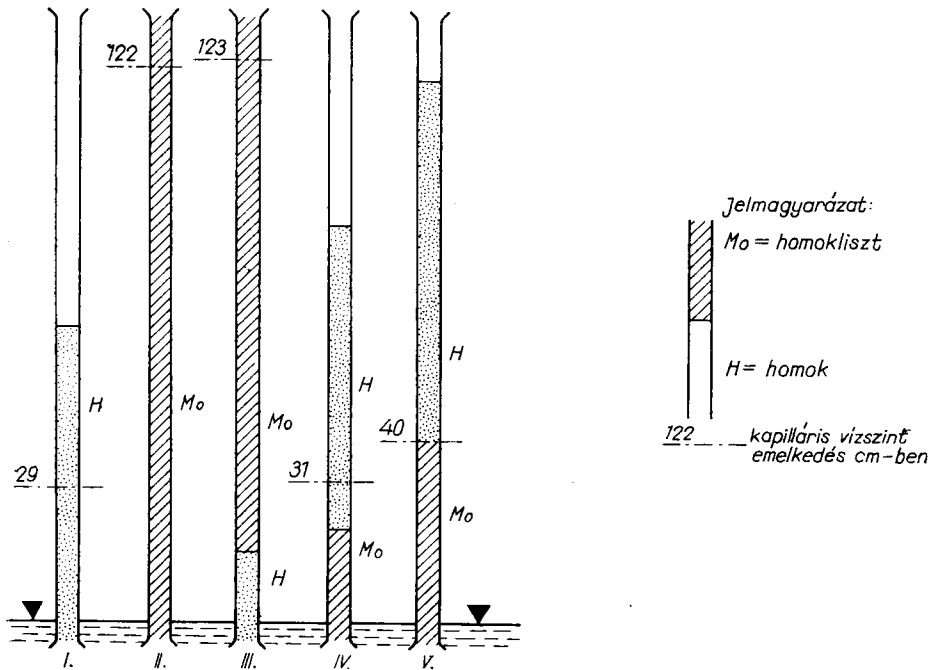
Minden talajnemre található olyan „idealizált”, állandó keresztmetszetű δ_m átmérőjű hajszálcső, amely ugyanezen h emelkedést eredményezi:

$$\delta_m = \varphi(\gamma_i \cdot d_m).$$

A helyettesítő hajszálcső δ_m mérete talajnemenként változik, így a rétegelt talajok elvi, egyszerűsített modellje elképzelhető mint változó keresztmetszetű szakaszokból összetett kapilláris cső.

Mivel a fennálló analógia révén a változó szelvényű kapilláris csövekről az előző fejezetben elmondottak elvileg itt is érvényesek, így a végső következtetés egyszerűen levonható:

Ha homogén talajrétegbe különböző kapilláris tulajdonságú egyéb rétegeket iktatunk közbe, az eredeti maximális kapilláris vízszint változatlan marad. Feltételezve természetesen, hogy valamennyi alsóbb réteg saját h_i



5. ábra

maximális kapilláris emelkedése a felette levő réteget eléri, tehát egyik rétegben sem szakad meg az emelkedés.

Más fogalmazásban:

Változó rétegződésű talajoknál az elméleti legnagyobb kapilláris emelkedés azonos a legfelsőbb rétegben mutatkozó maximális hajszálcsöves emelkedéssel, ha az összes alsó réteg (saját) legnagyobb kapilláris emelkedése a felette levő réteget eléri.

Fentiek szemléltetése céljából laboratóriumi kísérletek történtek iszap-talanított homok és Mo anyagokkal. A kísérletek — az elkerülhetetlen szórásokat nem tekintve — igazolták az elmondottakat.

A csak homokkal töltött I csőben 29 cm volt az emelkedés, a Mo-val töltött II csőben 122 cm. A III cső felső Mo rétegében 123 cm, tehát azonos

a tiszta Mo emelkedésével. A IV csőben 31 cm magasan állt meg a vízszint a felső homokrétegben, tehát ugyanolyan magasan, mint az I csőben. Az V csőben, amelyben 40 cm magasan Mo anyag állott, felette pedig homok, a víznívó a két anyag határán éles vonal mentén megállt, a homokréteg legalsó szemcséi között a legcsekélyebb fokú nedvesedés sem jelentkezett, bár a választott 40 cm határméret alig haladja meg a homok maximális (30—36 cm) felszívóképességét. (Az ábra az 1000 órás emelkedésnek megfelelő értékeket tünteti fel.)

IRODALOM

- BENDEL: Ingenieurgeologie. Springer V. Wien, 1948.
DR. JÁKY JÓZSEF: Talajmechanika. Kir. M. Egyetemi Nyomda. Budapest, 1944.
DR. KÉZDI ÁRPÁD: Talajmechanika. Tankönyvkiadó Vállalat. Bpest. 1960.
SCHULTZE—MUHS: Bodenuntersuchungen für Ingenieurbauten. Springer V. Berlin, 1950.
DR. SZÉCHY KÁROLY: Alapozás. A Mérnöki Továbbképző Intézet Kiadványai, 6. szám, Budapest, 1961.

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány a változó szelvényű hajszálcsővekben mutatkozó elméleti legmagasabb vízszintemelkedés törvényének levezetését tárgyalja.

A levont következtetések a felismerhető analógia révén kiterjeszthetők egymásra helyezett, különböző kapilláris felszívóképességű anyagokra, így vegyes rétegződésű talajokra is.



EGYSZERŰ KERESZTMETSZETŰ RUDAK MARADÓ CSAVARÁSA

GELEJI SÁNDOR
AKADÉMIKUS

[Beérkezett 1961. augusztus 23-án]

A rugalmas-képlékeny feladatok megoldása során az idevágó tudományos irodalom szerint [1, 2] először meg kell határoznunk a rugalmas és képlékeny tartományban a feszültségi állapotot és e két tartomány közötti határt. Az M csavarónyomaték kifejezhető egy integrállal, melyet könnyen felbonthatunk két integrállá (1. ábra):

$$M = \int_{S_e} (z\tau_z - y\tau_y) dz dy + \tau_f \int_{S_p} (z \sin \varphi - y \cos \varphi) dz dy. \quad (1)$$

Az integrálást az S_e rugalmas tartomány területére és az S_p képlékeny tartomány területére kell kiterjeszteni.

A vegyes rugalmas-képlékeny feladatok megoldása ezen az úton nagy matematikai nehézségekbe ütközik. A rugalmas-képlékeny csavarásnak csak két olyan példája van, amelyre vonatkozólag az analitikai megoldás ezen az úton teljesen végrehajtható, nevezetesen csak a kör és az ellipszis keresztmetszetű rúdra vonatkozólag. Más úton kell tehát a megoldást keresnünk. A torziós nyomaték és az alakváltozási munka meghatározása más keresztmetszetű rudak torziójával kapcsolatosan is analitikailag végrehajthatóvá válik bizonyos előfeltételek mellett.

Szükséges, hogy a rúdkeresztmetszetnek legalább egy szimmetriatengelye legyen, továbbá, hogy ismerjük a

$$\left. \begin{aligned} \tau_{xz} = \tau_y = f_1(y, z, M) \\ \tau_{xy} = \tau_z = f_2(y, z, M) \end{aligned} \right\} \quad (2/a)$$

függvényeket. Itt M a keletkező csavarónyomaték.

A keresztmetszet bármely pontjában az eredő csúsztatófeszültség:

$$\tau_y^2 + \tau_z^2 = \tau^2, \quad (2/b)$$

vagyis írható:

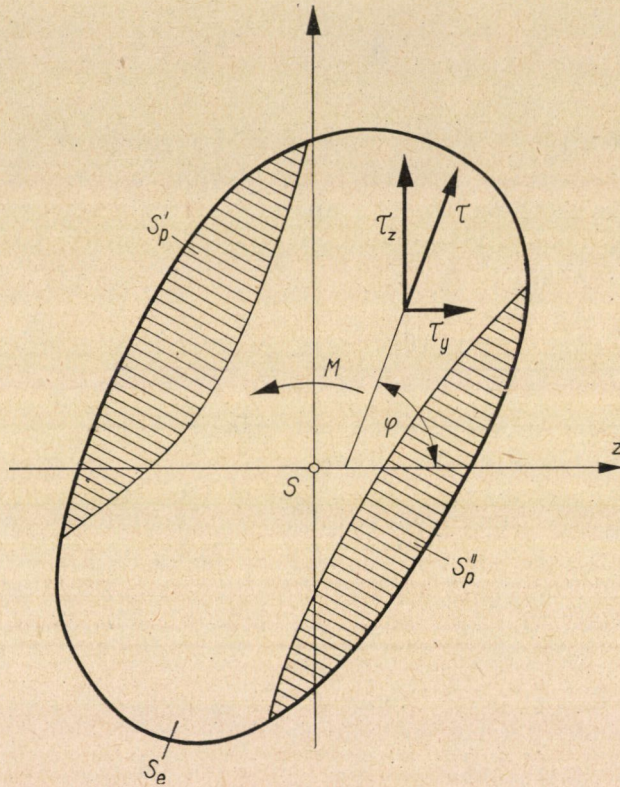
$$\tau = f_3(y, z, M). \quad (3)$$

A csavarással alakított keresztmetszet képlékenyen és rugalmasan deformált tartományainak határgörbéi mentén:

$$\tau = \tau_f,$$

azaz

$$\tau_f = f_3(y, z, M_f), \quad (4a)$$



1. ábra

illetve írható:

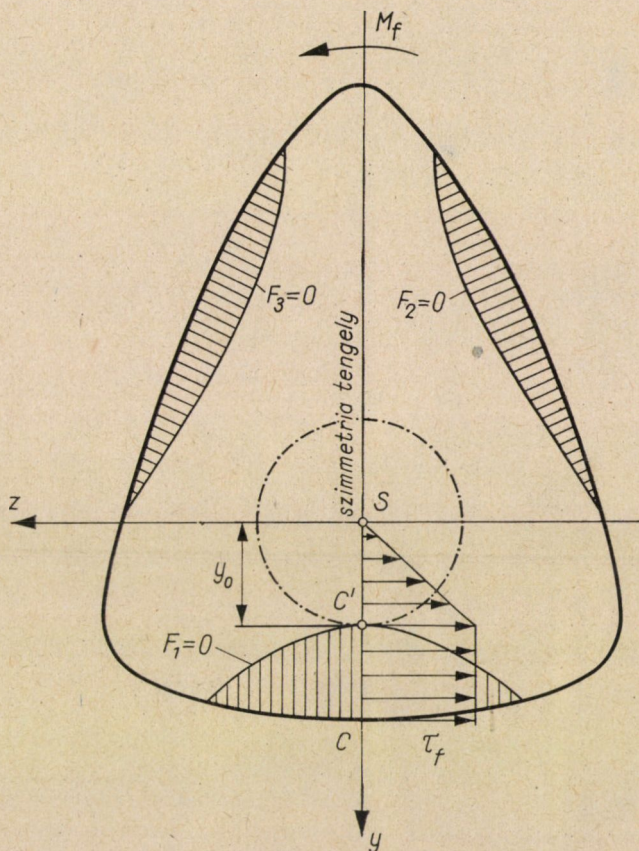
$$F(y, z, \tau_f, M_f) = 0. \quad (5)$$

Ez a fellépő határgörbék egyenlete.

Ez az egyenlet aszerint, hogy hányadfokú, több görbét fejez ki. Ebben az egyenletben M_f jelöli azt a nyomatékot, amely a képlékeny-rugalmas állapotot létrehozza.

A harmadik feltétel, hogy az (5) egyenlettel kifejezett határgörbéknek legalább egyike úgy messe a szimmetriatengelyt, hogy a görbe érintője a C metszéspontban (2. ábra) merőleges legyen a szimmetriatengelyre.

Ha ui. az $F_1 = 0$ görbe érintője a C pontban merőleges az y tengelyre, akkor az ebben a pontban ébredő τ_f legnagyobb csúsztatófeszültség mind a rugalmas, mind képlékenyen deformált tartományhoz is tartozik. A C pont-



2. ábra

ban $z = 0$, és a C pont távolsága az S csavarási tengelytől $y = y_0$. Az (5) egyenlet a C pontra vonatkoztatva:

$$F(y_0, z = 0, \tau_f, M_f) = 0. \quad (5a)$$

Ebben a függvényben τ_f ismert, y_0 -t felvesszük, s így kiszámítható az az M_f csavarónyomaték, amely szükséges ahhoz, hogy a képlékenységi tartománya y_0 mélységbe hatoljon:

$$M_f = \Phi(y_0). \quad (6)$$

A csavarás munkáját a következő megfontolás alapján számíthatjuk ki:

A C pontban, minthogy az a rugalmas tartományhoz is tartozik, fennáll a következő összefüggés:

$$\tau_f = G \cdot \gamma = G \cdot \left(\frac{\varphi}{l} \right) \cdot y_0. \quad (7)$$

Ebben a képletben G a csúsztatófeszültség modulusa, γ a fajlagos csúszás, φ az elcsavarási szög, l a csavart rúd hossza.

Hogy a C pontban τ_f maximális csúsztatófeszültség lépjen fel, ahhoz

$$\varphi = \left(\frac{\tau_f \cdot l}{G} \right) \cdot \frac{1}{y_0} \quad (8)$$

elcsavarásra van szükség.

Az elemi csavarási munka a képlékenységi tartományában:

$$dA = M_f \cdot d\varphi, \quad (9)$$

ahol

$$d\varphi = - \left(\frac{\tau_f \cdot l}{G} \right) \cdot y_0^{-2} \cdot dy_0. \quad (10)$$

A teljes csavarási munka tehát:

$$A = \int_{y_{e1}}^{y_{e2}} M_f \cdot d\varphi = - \left(\frac{\tau_f \cdot l}{G} \right) \int_{y_{e1}}^{y_{e2}} \Phi(y_0) y_0^{-2} \cdot dy_0. \quad (11)$$

A fenti gondolatmenet alapján az alábbiak bemutatják az ellipszis, a négyzet, a téglalap és az egyenlőoldalú háromszög maradó elcsavarásához szükséges nyomaték és alakítási munka kiszámítását.

Elliptikus keresztmetszetű rúd maradó csavarása

Ha a rudat elcsavaráskor csak rugalmasan vesszük igénybe, akkor az ellipszis keresztmetszet egy tetszőleges pontjában a csúsztatófeszültség (3. ábra):

$$\tau_y = \frac{2M}{\pi \cdot c \cdot b^3} \cdot y, \quad (12)$$

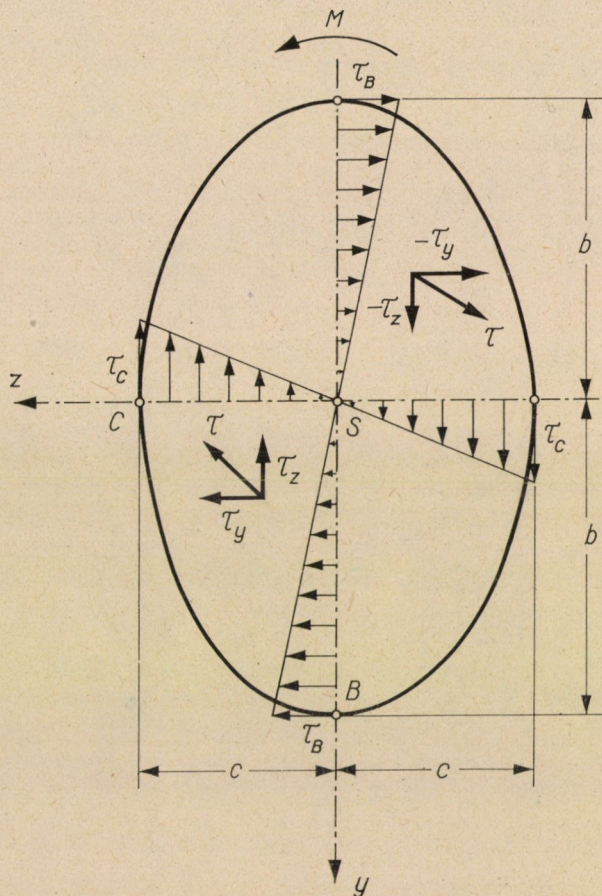
$$\tau_z = - \frac{2M}{\pi \cdot b \cdot c^3} \cdot z. \quad (13)$$

Az eredő csúsztatófeszültség pedig:

$$\tau^2 = \tau_y^2 + \tau_z^2, \quad (14)$$

illetve:

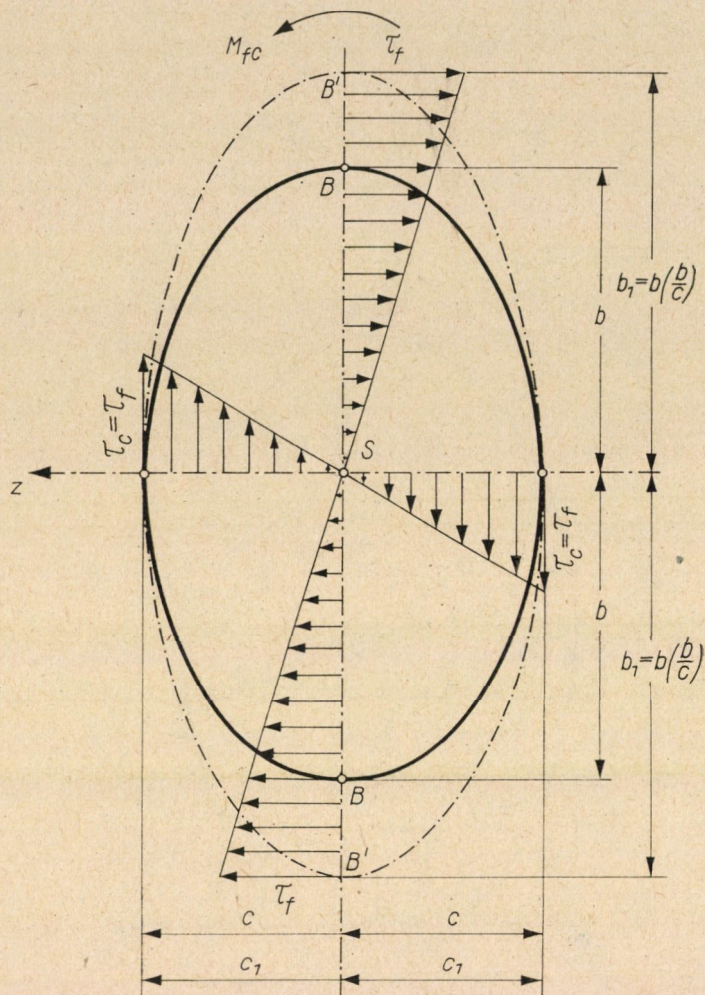
$$\tau = \frac{2M}{\pi \cdot b \cdot c} \cdot \sqrt{\frac{y^2}{b^4} + \frac{z^2}{c^4}}. \quad (15)$$



3. ábra

Ha a nyomaték és vele az elcsavarási szög annyira megnövekszik, hogy a keresztmetszeten keletkeznek olyan helyek, amelyek csak rugalmasan és olyanok, amelyek maradón vannak deformálva, akkor a határgörbe a (15) egyenlethől meghatározható:

$$\tau_f = \left(\frac{2M_f}{\pi \cdot b \cdot c} \right) \sqrt{\frac{y^2}{b^4} + \frac{z^2}{c^4}}, \quad (15/a)$$



4. ábra

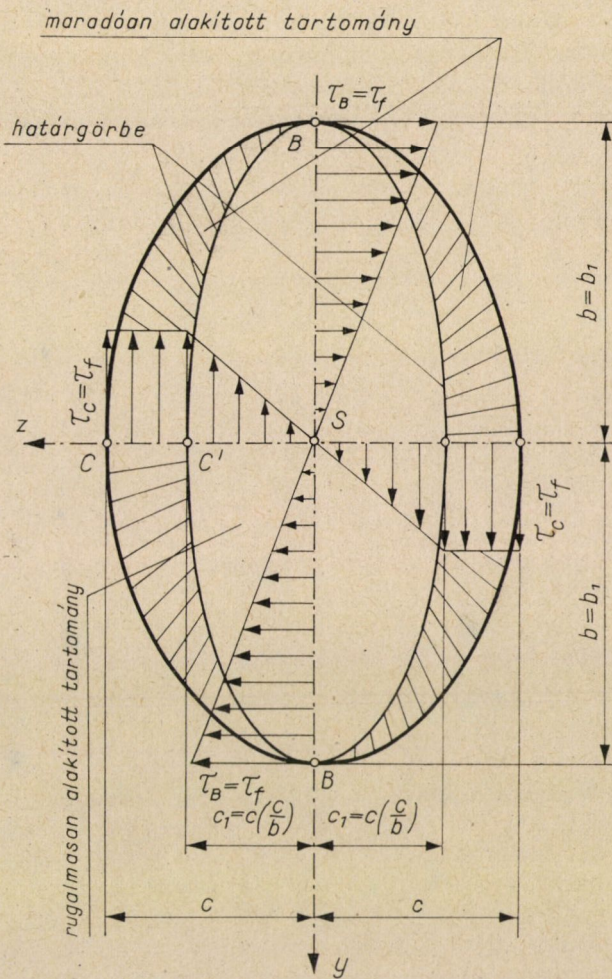
Ebből a határgörbe egyenlete:

$$\frac{y^2}{b^4 \left(\tau_f \frac{\pi \cdot b \cdot c}{2M_f} \right)^2} + \frac{z^2}{c^4 \left(\tau_f \frac{\pi \cdot b \cdot c}{2M_f} \right)^2} = 1. \quad (16)$$

Ez egy olyan ellipszis, amelynek féltengelyei:

$$b_1 = b^2 \left(\tau_f \cdot \frac{\pi \cdot b \cdot c}{2M_f} \right), \quad (17)$$

$$c_1 = c^2 \left(\tau_f \cdot \frac{\pi \cdot b \cdot c}{2M_f} \right). \quad (18)$$



Ha azt akarjuk, hogy a C pontban keletkező csúsztatófeszültség a legnagyobb csúsztatófeszültséggel legyen egyenlő, azaz (4. ábra)

$$\tau_c = \tau_f = \frac{2M_f}{\pi \cdot b \cdot c^2} \quad (19)$$

legyen, akkor a csavarónyomatékot a rúd csavarásakor

$$M_{fc} = \frac{\tau_f \cdot \pi \cdot b \cdot c^2}{2} \quad (20)$$

nagyságig kell fokozni. Ekkor a határgörbe imaginárius (4. ábra). Ilyenkor csak a C pontban ébred τ_j csúsztatófeszültség, az egész keresztmetszet csak rugalmasan deformálódik.

A határgörbe (ellipszis) féltengelyeinek nagysága a (18) és (19) egyenlettel kiszámítható, ha ezekben az egyenletekbe a (20) egyenletet behelyettesítjük:

$$b_1 = b \cdot \left(\frac{b}{c} \right), \quad (21)$$

és

$$c_1 = c. \quad (22)$$

Ha azt akarjuk, hogy a B pontban is keletkezzék a folyási határnak megfelelő csúsztatófeszültség (5. ábra), akkor az ehhez szükséges nyomaték a

$$\tau_b = \tau_j = \frac{2 M_{fB}}{\pi \cdot c \cdot b^2} \quad (23)$$

egyenlet alapján

$$M_{fB} = \frac{\tau_j \cdot \pi \cdot c \cdot b^2}{2}. \quad (24)$$

A határgörbe (ellipszis) félátmérői a (18) és (19) egyenletből a (24) egyenlet behelyettesítése után

$$b_1 = b \quad (25)$$

és

$$c_1 = c \left(\frac{c}{b} \right). \quad (26)$$

Ha $M_f > M_{fB}$, akkor a határgörbe félátmérői tovább kisebbednek (6. ábra),

$$b_1 = b \left(\frac{M_{fB}}{M} \right) \quad (27)$$

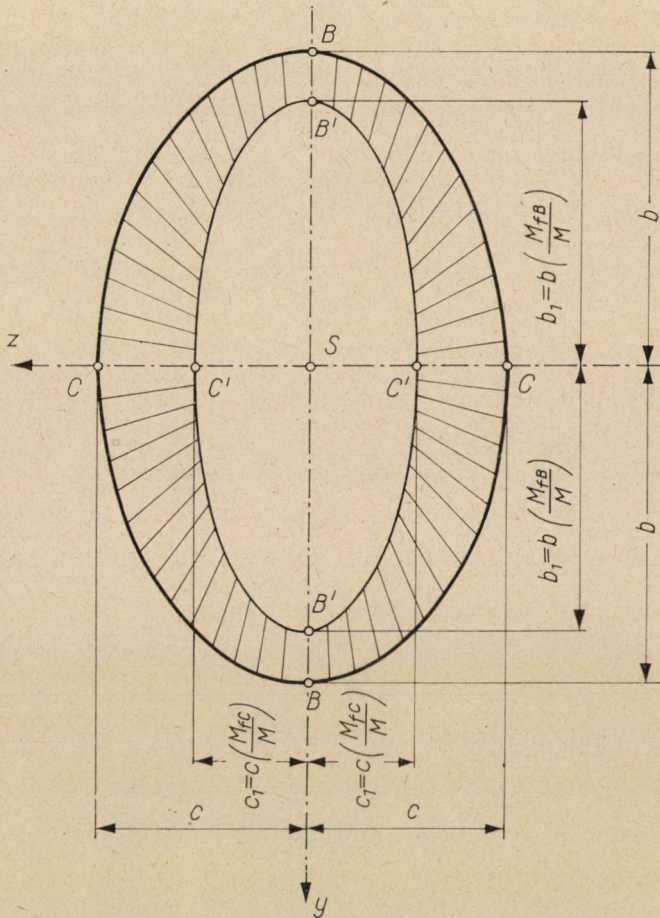
és

$$c_1 = c \left(\frac{M_{fC}}{M} \right) \quad (28)$$

nagyságúak lesznek (6. ábra).

Az elcsavarási szög nagyságát a (8) egyenletből lehet meghatározni. Hogy az ellipszisenél a képlékenyen deformált tartomány határgörbéje az S csavarási tengelyt z_0 távolságra megközelítse, ahhoz

$$\varphi = \left(\frac{\tau_j \cdot l}{G} \right) \cdot \frac{1}{z_0} \quad (8/a)$$



6. ábra

szöggel kell elcsavarni a rudat. Amikor a rudat φ szöggel elcsavarjuk, a nyomaték (13. egyenlet)

$$M_{f\varphi} = \frac{\tau_f \cdot \pi \cdot b \cdot c^3}{2z_0} \quad (29)$$

értékűre növekszik.

A deformációs munka kiszámítása elliptikus keresztmetszetű rúd maradé elcsavarásánál a következőképpen történik.

Ha azt kívánjuk, hogy az S csavarási (x) tengelytől z_0 távolságban legyen a τ_f maximális folyási feszültség, akkor ehhez $M > M_{fC}$ (20. egyenlet) nyomatéokra van szükség. Ekkor érvényes, hogy

$$z = c \left(\frac{M_{fC}}{M} \right), \quad (30)$$

vagyis a szükséges nyomaték:

$$M = \left(\frac{c}{z}\right) M_{fC}. \quad (31)$$

Az elemi alakváltozási munka

$$dA = M \cdot d\varphi, \quad (9)$$

ahol

$$d\varphi = - \left(\frac{\tau_f \cdot l}{G}\right) \cdot z^{-2} \cdot dz \quad (10/a)$$

és

$$dA = - (M_{fC} \cdot c) \cdot \left(\frac{\tau_f \cdot l}{G}\right) \cdot \frac{dz}{z^3}. \quad (32)$$

Így az elcsavarási munka a képlékeny tartományban:

$$A = - \left(\frac{\tau_f^2 \cdot \pi \cdot b \cdot c^3 \cdot l}{G}\right) \int_c^{z_0} \frac{dz}{z^3} = + \frac{\tau_f \cdot \pi \cdot b \cdot c^3 \cdot l}{2G} \cdot [z^{-2}]_c^{z_0}. \quad (33)$$

Az ellipszis területe

$$c \cdot b \cdot \pi \cdot T \quad (34)$$

és az elliptikus keresztmetszetű rúd térfogata:

$$T \cdot l = V. \quad (35)$$

Ezek behelyettesítése után a (33) egyenlet a következő alakot veszi fel:

$$A = \frac{1}{2} \left(\frac{c^2}{z_0^2} - 1\right) \cdot V \cdot \left(\frac{\tau_f}{G}\right) = o \cdot V \cdot \left(\frac{\tau_f}{G}\right), \quad (36)$$

ahol

$$o = \frac{1}{2} \left(\frac{c^2}{z_0^2} - 1\right). \quad (37)$$

Derékszögű négyszög keresztmetszetű rúd maradé csavarása

Ha elcsavaráskor a derékszögű négyszög keresztmetszetű rudat csak rugalmasan vesszük igénybe, akkor a keresztmetszet egy tetszőleges pontjában a csúsztatófeszültség közelítő értéke (7. ábra):

$$\tau_y = \frac{9}{16} \cdot \frac{M}{b^3 c} \cdot \left(1 - \frac{z^2}{c^2}\right) y, \quad (38)$$

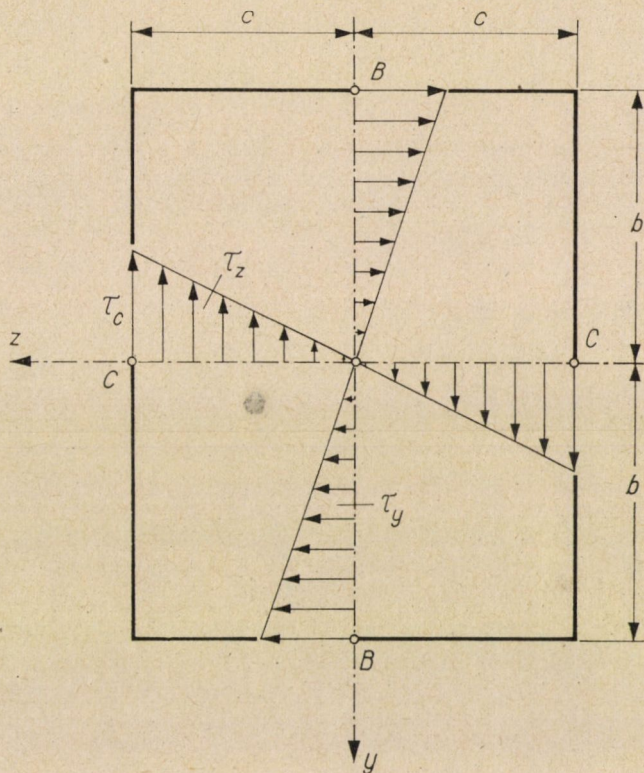
$$\tau_z = - \frac{9}{16} \cdot \frac{M}{c^3 b} \cdot \left(1 - \frac{y^2}{b^2}\right) z. \quad (39)$$

Az eredő csúsztatófeszültség pedig

$$\tau^2 = \tau_y^2 + \tau_z^2, \quad (40)$$

illetve

$$\tau^2 = \left(\frac{9}{16} \cdot \frac{M}{bc^2} \right)^2 \cdot \left[\frac{c^2 y^2}{b^4} \cdot \left(1 - \frac{z^2}{c^2} \right)^2 + \frac{z^2}{c^2} \left(1 - \frac{y^2}{b^2} \right)^2 \right]. \quad (41)$$



7. ábra

Ha ebben az egyenletben az együttthatókat nagy betűkkel jelöljük, nevezetesen, ha az

$$A = \left(\frac{9}{16} \cdot \frac{M}{bc^2} \right)^2; \quad B = \left(\frac{c^2}{b^4} \right); \quad D = \left(\frac{1}{c^2} \right); \quad E = \left(\frac{1}{b^2} \right),$$

jelölést alkalmazzuk, akkor a (41) egyenlet a következő alakú lesz:

$$\tau^2 = A [By^2(1 - Dz^2)^2 + Dz^2 \cdot (1 - Ey^2)^2]. \quad (42)$$

A műveleteket elvégezzük és az egyszerűség kedvéért a következő jelöléseket használjuk:

$$B = a; \quad 2BD = b; \quad BD^2 = c; \quad D = d; \quad 2ED = e; \quad DE^2 = f,$$

így a (42) egyenletet a következő egyszerű alakban írhatjuk fel:

$$\left(\frac{\tau^2}{A}\right) = y^2(a - bz^2 + cz^4) + z^2(d - ey^2 + fy^4). \quad (43)$$

Ha keressük azoknak a pontoknak geometriai helyét, melyekben $\tau = \tau_f$, azaz keressük a rugalmas és képlékeny tartományok határgörbáját, akkor a következő egyenletet írhatjuk fel:

$$\left(\frac{\tau_f^2}{A}\right) = K = y^2(a - bz^2 + cz^4) + z^2(d - ey^2 + fy^4). \quad (44)$$

Ha $y = 0$, akkor (8. ábra),

$$z_0 = \pm \sqrt{\frac{K}{d}} = \pm \frac{16}{9} \cdot \tau_f \cdot \frac{b^3 \cdot c}{M_f}. \quad (45)$$

Ha $z = 0$, akkor (8. ábra)

$$y_0 = \pm \sqrt{\frac{K}{a}} = \pm \frac{16}{9} \cdot \tau_f \cdot \frac{b \cdot c^3}{M_f}. \quad (46)$$

Ha $z = \pm c$ és $y = 0$ (a téglalap szélső szálaiban, a C pontban), akkor a (41) egyenlet a következő alakot veszi fel:

$$\tau_f^2 = \left(\frac{9}{16} \cdot \frac{M_f}{b \cdot c^2}\right)^2 \cdot \left(1 - \frac{y^2}{b^2}\right)^2; \quad (47)$$

ebből

$$y = \pm b \cdot \sqrt{1 \mp \frac{16}{9} \cdot \frac{b \cdot c^2 \cdot \tau_f}{M_f}}; \quad (48)$$

illetve

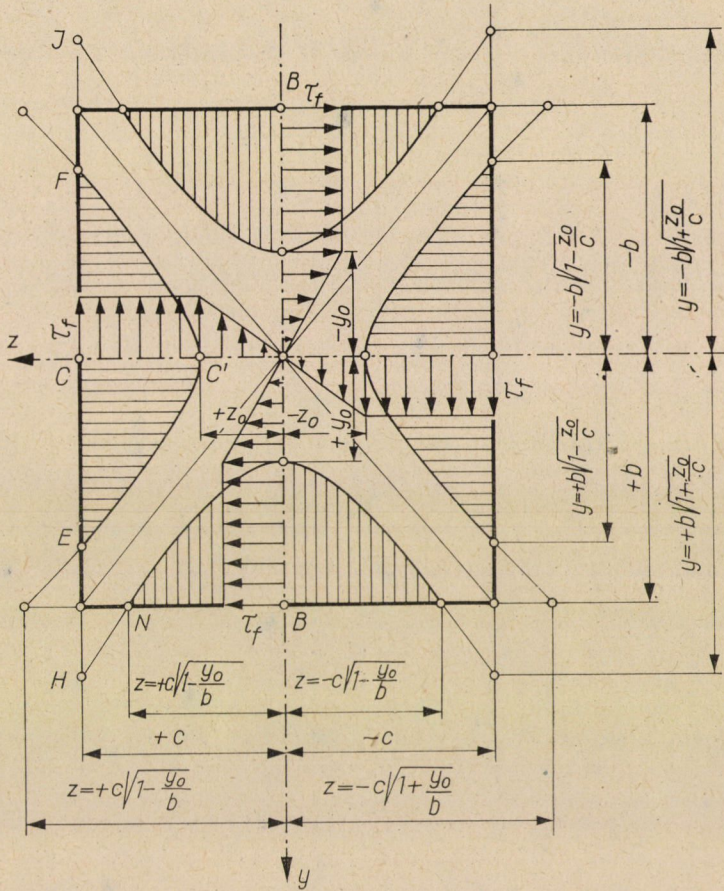
$$y = \pm b \cdot \sqrt{1 \mp \frac{z_0}{c}}. \quad (49)$$

Az $EC'F$ pontokon átmenő hiperbola (határgörbe) egyenlete:

$$\frac{z^2}{z_0^2} - \frac{y^2}{y_0^2} = 1. \quad (50)$$

A (49) egyenlet szerint azonban

$$y^2 = b^2 \left(1 - \frac{16}{9} \cdot \frac{b \cdot c^2 \cdot \tau_f}{M_f} \right) = b^2 \left(1 - \frac{z_0}{c} \right). \quad (51)$$



8. ábra

Az E és az F pontokban érvényes:

$$\frac{c^2}{z_0^2} - \frac{b^2 \left(1 - \frac{z_0}{c} \right)}{y_0'^2} = 1; \quad (52)$$

ebből

$$\frac{c^2}{z_0^2} - 1 = \frac{b^2 \left(1 - \frac{z_0}{c} \right)}{y_0'^2} \quad (53)$$

és

$$y_0'^2 = \frac{b^2 \left(1 - \frac{z_0}{c}\right)}{\left(\frac{c}{z_0} + 1\right) \left(\frac{c}{z_0} - 1\right)} = \frac{z_0^2}{c} \cdot \frac{b^2}{(c + z_0)}. \quad (54)$$

Tehát az $EC'F$ pontokon átmenő hiperbola (határgörbe) egyenlete:

$$\frac{z^2}{z_0^2} - \frac{y^2}{\left(\frac{z_0^2 \cdot b^2}{c(c + z_0)}\right)} = 1. \quad (55)$$

Hasonlóképpen az $NB'P$ pontokon átmenő hiperbolikus határgörbe egyenlete:

$$\frac{z^2}{\left(\frac{y_0^2 \cdot c^2}{b(b + y_0)}\right)} - \frac{y^2}{y_0^2} = 1. \quad (56)$$

A csavarás maradó elemi munkája a (9) alattiak szerint

$$dA = M_f \cdot d\varphi.$$

Az M_f nyomatékot a (45) egyenlemből fejezzük ki,

$$M_f = \pm \frac{16}{9} \cdot \frac{\tau_f \cdot b \cdot c^3}{z_0}, \quad (57)$$

a differenciális elcsavarási szöveget pedig a (10/a) alatti

$$d\varphi = - \left(\frac{\tau_f \cdot l}{G}\right) z^{-2} \cdot dz.$$

egyenletkől számítjuk. Így a dA elemi munka egyenlete a következő alakot kapja:

$$dA = \mp \frac{16}{9} \cdot \left(\frac{\tau_f^2 \cdot b \cdot c^3 \cdot l}{G}\right) \cdot \frac{dz}{z^3}. \quad (58)$$

A maradó csavarási munka

$$A = - \frac{16}{9} \cdot \frac{\tau_f^2}{G} \cdot \frac{T}{4} \cdot l \cdot c^2 \int_c^{z_0} \frac{dz}{z^3} = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{c^2}{z_0^2} - 1\right) \cdot V \cdot \frac{\tau_f^2}{G}; \quad (59)$$

ha

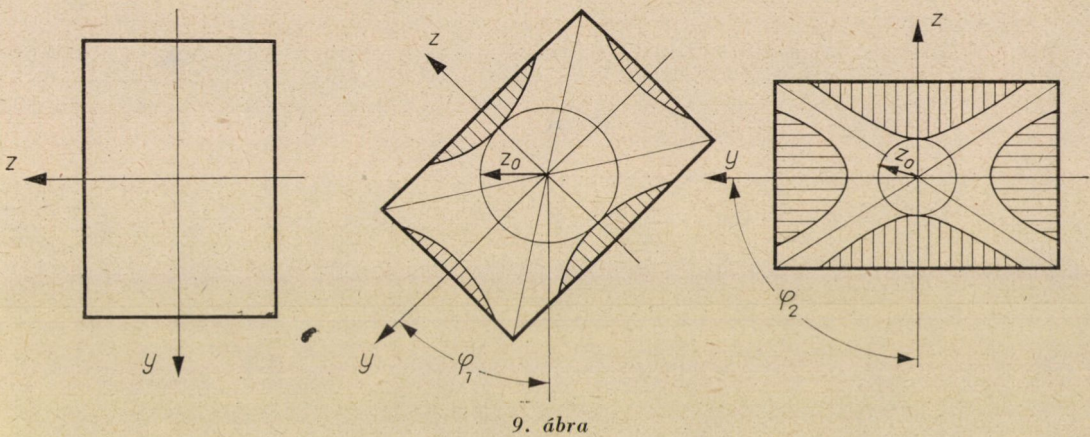
$$o = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{c^2}{z_0^2} - 1 \right),$$

akkor a munka

$$A = \frac{\tau_f^2}{G} \cdot o \cdot V \quad (60)$$

alakban írható.

A z_0 és az φ elcsavarási szög között határozott összefüggés van, (8) egyenlet, tehát az elcsavarás szögéből a $c - z_0$ behatolási mélység mindig meghatározható (9. ábra), (8b) egyenlet.



9. ábra

Egyenlőoldalú háromszög-keresztmetszetű rúd maradó csavarása

Ha a háromszög-keresztmetszetű rudat az elcsavarásnál csak rugalmasan vesszük igénybe, akkor a keresztmetszet tetszőleges pontjában a csúsztatófeszültség (10. ábra)

$$\tau_{xz} = \tau_y = \frac{160 M}{3b^5} (3yz + hy), \quad (61)$$

$$\tau_{xy} = \tau_z = \frac{80 M}{3b^5} (3z^2 - 2hz - 3y^2). \quad (62)$$

$$\tau^2 = \tau_y^2 + \tau_z^2 \quad (63)$$

Legyen

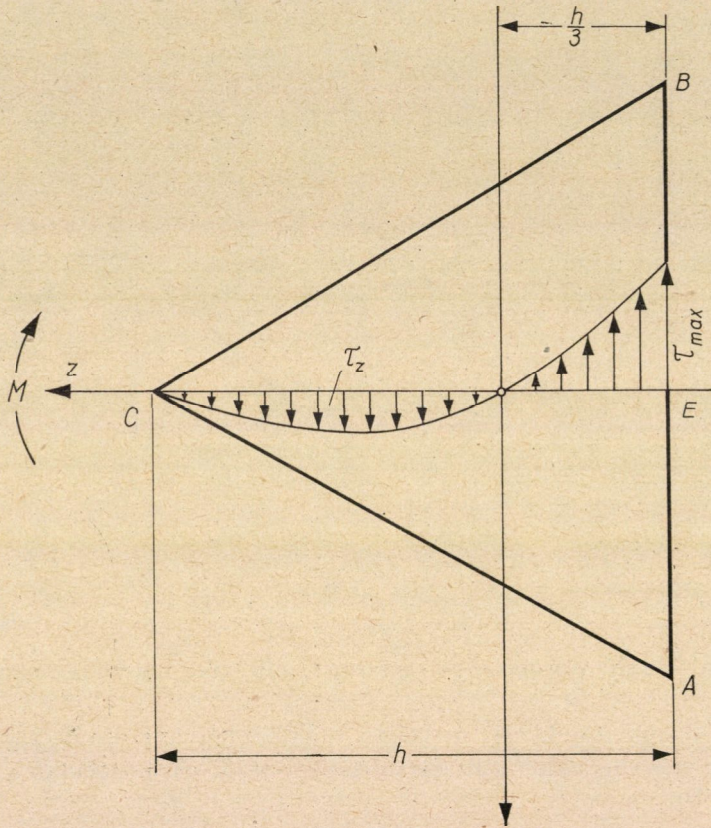
$$\left(\frac{80 M}{3b^5} \right) = A, \quad (64)$$

akkor felírható:

$$\left(\frac{\tau_z}{A} \right) = 3z^2 - 2hz - 3y^2. \quad (65)$$

Azon pontok geometriai helyét, ahol $\tau_z = \tau_f$, a következő egyenlettel lehet kifejezni:

$$\left(\frac{\tau_f}{A}\right) = 3z^2 - 2hz - 3y^2. \quad (66)$$



10. ábra

Ha $y = 0$, akkor

$$\left(\frac{\tau_f}{A}\right) = 3z^2 - 2hz, \quad (67)$$

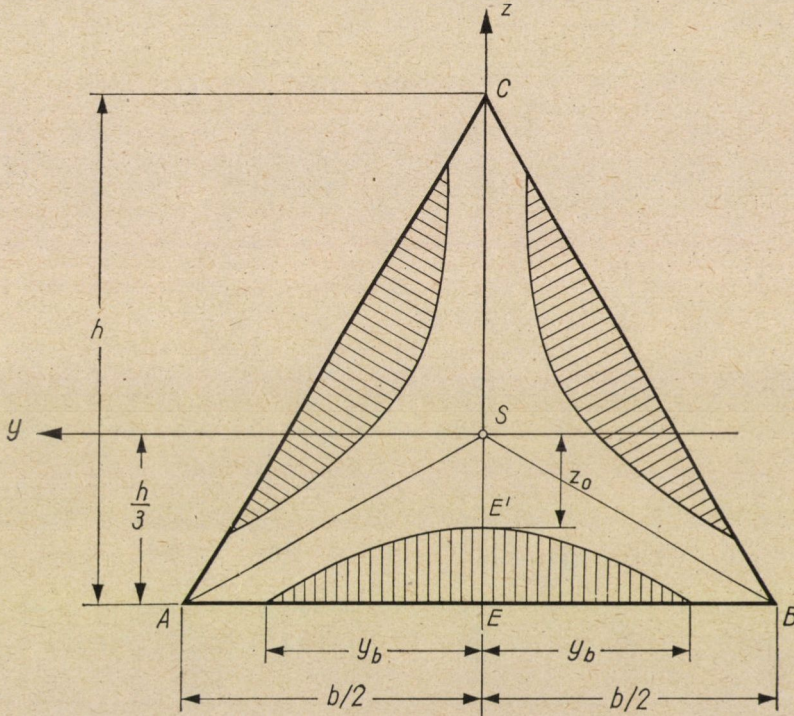
és ebből az egyenletből

$$z_0 = \frac{2h \pm \sqrt{4h^2 + 12\left(\frac{\tau_f}{A}\right)}}{6}, \quad (68)$$

illetve

$$z_0 = \frac{2h \pm \sqrt{4h^2 + \frac{9}{20} \left(\frac{\tau_f}{M_f} \right) b^5}}{6} \quad (69)$$

z_0 a határgörbe távolsága az S forgatási tengelytől.



11. ábra

Ha feltesszük, hogy $z = -\frac{h}{3}$ és az eredő csúsztatófeszültség τ_f , akkor írható:

$$[A(3z^2 - 2hz - 3y^2)]^2 + [B(3yz + hy)]^2 = \tau_f^2. \quad (70)$$

$-\frac{h}{3}$ behelyettesítése után a (70) egyenlet a következő alakot veszi fel:

$$A^2 \left[\left(\frac{h}{3} \right)^2 + \frac{2}{3} h^2 - 3y^2 \right]^2 + B^2 \underbrace{[-yh + hy]}_{=0}^2 = \tau_f^2, \quad (71)$$

azaz

$$A(h^2 - 3y^2) = \tau_f, \quad (72)$$

ebből (11. ábra)

$$y_b = \pm \sqrt{\frac{h^2 - \left(\frac{\tau_f}{A}\right)}{3}} \quad (73)$$

Vagyis az $NE'P$ pontokon keresztülművő határgörbe (hiperbola) az AB oldalt $\pm y_b$ távolságban metszi.

Az ahhoz szükséges nyomtatékot, hogy a rúd keresztmetszetébe a maradóan deformált tartomány $c - z_0$ mélységbe behatoljon, a (69) egyenletből kell meghatározni:

$$M = \frac{3}{80} \left(\frac{\tau_f \cdot b^5}{3z_0^2 - 2z_0 h} \right) \quad (74)$$

Az elemi maradó csavarási munka, (9) képlet:

$$dA = \frac{3}{80} \left(\frac{\tau_f^2}{G} \right) l \cdot b^5 \left[\frac{dz}{z^2 (3z^2 - 2hz)} \right] \quad (75)$$

A teljes maradó csavarási munka:

$$A = \frac{3}{80} \cdot \frac{\tau_f^2}{G} \cdot l \cdot b^5 \cdot \int_{-\frac{h}{3}}^{-z_0} \frac{dz}{3z^4 - 2h \cdot z^3} \quad (76)$$

A műveletek elvégzése után:

$$A = 0,1125 \cdot \left(\frac{\tau_f^2}{G} \right) \cdot V \cdot \left(\frac{b}{h} \right)^4 \cdot \left[\ln \left| 1 + \left(\frac{\frac{2}{3}h}{z_0} \right) \right| + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \left(\frac{\frac{2}{3}h}{z_0} \right)^2 - \left(\frac{\frac{2}{3}h}{z_0} \right) - 1,1 \right] \quad (77)$$

amit felírhatunk így is:

$$A = \frac{\tau_f^2}{G} \cdot o \cdot V, \quad (78)$$

ahol

$$o = 0,1125 \cdot \left(\frac{b}{h} \right)^4 \left[\ln \left| 1 + \left(\frac{\frac{2}{3}h}{z_0} \right) \right| + \frac{1}{2} \left(\frac{\frac{2}{3}h}{z_0} \right)^2 - \left(\frac{\frac{2}{3}h}{z_0} \right) - 1,1 \right] \quad (79)$$

és

$$V = \frac{h \cdot b \cdot l}{2} \quad (80)$$

Az itt bemutatott számítási eljárást még számos különböző keresztmetszetű rúdra ki lehet terjeszteni, és ilyen módon a deformációs munka számítását elsősorban a technikailag érdekes rudakra vonatkozóan el lehet végezni.

IRODALOM

1. V. V. SZOKOLOVSKIJ: A képlékenység elmélete, Budapest, Akadémiai Kiadó, 1953, 104 o.
2. I. SZABÓ: Höhere Technische Mechanik, Berlin—(Göttingen)—Heidelberg, Springer-Verlag, 1956.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az idevágó irodalom szerint a rudak csavarásával kapcsolatos vegyes rugalmas-képlékeny feladatok tárgyalása két feladaton (a kör- és ellipszis keresztmetszetű rúd csavarásán) kívül nagy matematikai nehézségbe ütközik.

A dolgozatban bebizonyítjuk, hogy bizonyos előfeltételek fennállása mellett a rudak csavarásakor keletkező torziós nyomaték és deformációs munka számítása analitikailag teljesen végrehajtható. Ezek az előfeltételek:

1. A rúd keresztmetszetének legyen legalább egy szimmetria tengelye.
2. Rugalmas alakváltozás esetében ismernünk kell a $\tau_{y,z} = f_{1,2}(y, z, M)$ függvényt.
3. A rugalmasan és maradón deformált keresztmetszeti tartományok határgörbéi közül legalább egyiknek a szimmetria tengelye egyúttal a keresztmetszetnek is szimmetria tengelye legyen.

Ezen előfeltételek mellett négyzet-, téglalap-, kör-, ellipszis-, egyenlőszárú háromszög-, ötszög-, hatszög- stb. keresztmetszetű rudak csavarásával kapcsolatosan ki lehet számítani a csavarónyomatékot és a maradó deformációs munkát.

MEGJEGYZÉSEK A STATIKAI KIEGYENLÍTÉSI ELVHEZ

HEINEMANN ZOLTÁN
NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM, MISKOLC
MATEMATIKA TANSZÉK

[Beérkezett 1961. október 11-én]

A dolgozat a Gauss-féle négyzetösszeg-minimum elv és a statikai kiegyenlítési elv kapcsolatát kívánja tisztázni, pontosabban kimutatni, hogy a statikai elv a Gauss-elv egyenes következménye. A statikai módszer jelentősége mindannyiunk előtt ismert, ezért a hozzá kapcsolódó elméleti kérdések tisztázásának szükségességét nem kell külön kiemelni.

Több mint húsz éve annak, hogy HAZAY István a statikai kiegyenlítési eljárást kidolgozta és közzétette ([1], 181. oldal). Dolgozatában kimutatta, hogy a statikai kordinátakiegyenlítés egyensúlyi egyenletei és a Gauss-féle kordinátakiegyenlítés normálegyenletei — ha az utóbbinál a távolságokkal arányos irányvonalakat figyelembe vesszük — egymásnak többszörösei, s kiemelte, — többek közt e dolgozat feletti vitában is, — hogy a két eljárás egymástól független elvekből kiindulva azonos eredményre vezet.

A kiegyenlítő számítás, melynek feladata a véletlen hibákkal terhelt mérések legvalószínűbb értékének megállapítása, nyilvánvalóan nem nélkülözheti a hibák természetének vizsgálatát. Ebből indult ki GAUSS és ez kell hogy kiindulási pontját képezze minden megalapozási kísérletnek. E kérdésben a kutató GAUSS eredményeinek helyessége vagy helytelensége mellett foglalhat állást. Minthogy ez a kérdés már régóta nem képezi vita tárgyát, gondolatainkat elegendő az első esetre tovább vinnünk. Így közvetlen következmény, hogy a mérések javításainak négyzetösszege minimum tartozik lenni.

Nyilvánvaló tehát, hogy GAUSS-tól független kiegyenlítési elv a négyzetösszeg-minimum elv tagadása vagy módosítása nélkül nem lehetséges.

Állításunkat az 1. §-ban a koordináta-kiegyenlítésre — mely a statikai módszer történetileg első megjelenési esete volt — bizonyítjuk be. Minthogy a módszert [3, 4] szerzője a kiegyenlítés minden feladatára kiterjesztette, elvégezzük ezt a II. kiegyenlítési csoport egészére is a 3. §-ban. Ez a rész egyben példája is a statikai módszer lehetséges matematikai megfogalmazásának. A matematikai alapokat a 2. § tárgyalja, természetesen csak a szükséges részletességig. Bővebb ismereteket [5] nyújthat.

1. § A statikai koordináta-kiegyenlítés összefüggése a négyzetösszeg-minimum elvvel

A P_i ismert pontokról irányméréseket végzünk P ismeretlen pontra. A mért irány és a meghatározandó pont keresett x, y koordinátái közötti összefüggést az

$$I_i + z = \arctan \frac{y - y_i}{x - x_i}$$

közvetítő egyenlet adja meg. Tekintsük az iránymérést előre tájékozottnak és fejtjük sorba a kifejezést. Kapjuk, hogy

$$\lambda_i = a_i dy + b_i dx + \omega_i,$$

ahol

$$\omega_i = \arctan \frac{(y) - y_i}{(x) - x_i} - l_i - z,$$

$$a_i = \left(\frac{\partial \arctan \frac{y - y_i}{x - x_i}}{\partial y} \right)_{\substack{x=(x) \\ y=(y)}} = \frac{(x) - x_i}{((x) - x_i)^2 + ((y) - y_i)^2} = + \frac{\cos(\delta_i)}{(t_i)},$$

$$b_i = \left(\frac{\partial \arctan \frac{y - y_i}{x - x_i}}{\partial x} \right)_{\substack{x=(x) \\ y=(y)}} = \frac{(y) - y_i}{((x) - x_i)^2 + ((y) - y_i)^2} = - \frac{\sin(\delta_i)}{(t_i)}.$$

A zárójelbe tett betűk előzetes értékeket jelentenek. (x) , (y) a koordináták előzetes értéke, (δ_i) a $P-P_i$ irány előzetes irányszöge, (t_i) a PP_i előzetes távolsága.

A javítási egyenletek tehát:

$$\lambda_i'' = \frac{0,1 \varrho'' \cos(\delta_i)}{(t_i)} \cdot dy - \frac{0,1 \varrho'' \sin(\delta_i)}{(t_i)} \cdot dx + \omega_i.$$

A $0,1 \varrho''$ szorzó a koordinátaváltozások deciméteres, illetve λ'' másodperces dimenziója következtében szükséges.

HAZAY megállapítja [1], hogy iránymérésnél az egyes irányok súlya a távolsággal lineáris arányban veendő fel. Képezzük ennek megfelelően a $[t\lambda\lambda]$ függvényt:

$$[t\lambda\lambda] = \left| (t) \left(\frac{0,1 \varrho'' \cos(\delta)}{(t)} \cdot dy - \frac{0,1 \varrho'' \sin(\delta)}{(t)} \cdot dx + \omega \right)^2 \right|.$$

Ez a függvény (x) , (y) környezetében egy skalár teret definiál, melynek minimuma van, ahol

$$\text{I.} \quad \frac{\partial [t\lambda\lambda]}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial [t\lambda\lambda]}{\partial y} = 0,$$

vagy ahol

$$\text{II.} \quad \text{grad } [t \lambda \lambda] = 0.$$

A két feltétel teljesen azonos, csak azért választottuk a kettőt külön, hogy a Gauss-elv és a statikai elv azonossága szembeűnőbb legyen. Részletesebben:

$$\begin{aligned} \text{grad}[t\lambda\lambda] &= \frac{\partial [t\lambda\lambda]}{\partial x} i + \frac{\partial [t\lambda\lambda]}{\partial y} j = 2 \left[(t) \lambda \left(\frac{\partial \lambda}{\partial x} i + \frac{\partial \lambda}{\partial y} j \right) \right] = \\ &= [\lambda(0,1 \varrho'' \cos(\delta) j - 0,1 \varrho'' \sin(\delta) i)] \end{aligned}$$

2.0,1 ϱ'' -val osztva

$$[\lambda \cos(\delta) j - \lambda \sin(\delta) i] = [\lambda \cos(\delta)] j + [-\lambda \sin(\delta)] i = 0. \quad (1)$$

Ez az egyenlet a $\lambda_i[\cos(\delta_i) \cdot j - \sin(\delta_i) \cdot i]$ vektorok egyensúlyát jelenti. Mivel $\lambda_i[\cos(\delta_i) \cdot j - \sin(\delta_i) \cdot i] \rightarrow$ merőleges a $P-P_i$ irány $\sin(\delta_i) \cdot j + \cos(\delta_i) \cdot i$ vektorára és abszolút értéke λ_i , az (1) összefüggés mind alakilag, mind elvileg a statikai elgondolást adja. A Gauss-elv és a statikai kiegyenlítési elgondolás közti különbség az I. és II. közötti különbség, tehát csupán formai eltérés.

A statikai elv így a négyzetösszeg-minimum elv egyenes következménye.

2. § A matematikai módszer

I. Az euklidesi tér

1. *definíció*: Az x, y, z, \dots elemek halmazát euklidesi térnek nevezzük, ha
a) bármely két x, y elemnek megfelel egy z elem, melyet az x és y elemek összegének nevezünk, és $(x + y)$ -nal jelölünk.

b) Bármely x elem és bármely λ számnak megfelel egy λx elem, melyet x és λ szorzatának nevezünk.

A műveletekre érvényesek a következő axiómák:

- I. 1° $x + y = y + x$ (kommutativitás)
- 2° $(x + y) + z = x + (y + z)$ (asszociativitás)
- 3° van olyan 0 elem, melyre $x + 0 = x$. Az 0 elemet zérus elemnek nevezzük.

4° minden x elemhez van egy $-x$ elem, melyre $x + (-x) = 0$

II. 1° $1 \cdot x = x$

2° $a(\beta x) = (a\beta)x$, ahol a és β valós szám.

III. 1° $(a + \beta)x = ax + \beta x$,

2° $a(x + y) = ax + ay$.

c) Minden x, y elempárhoz tartozik egy $(x; y)$ valós szám, melyet az x, y elemek skaláris szorzatának nevezünk. Ez a megfeleltetés a következő tulajdonságokkal rendelkezik:

1° $(x; y) = (y; x)$, a skaláris szorzat szimmetrikus.

2° $(\lambda x; y) = \lambda(x; y)$, ahol λ valós szám.

3° $(x_1 + x_2; y) = (x_1; y) + (x_2; y)$

4° Elem önmagával vett skaláris szorzata nem negatív;
 $(x; x) \geq 0$, és csak akkor tűnik el, ha $x = 0$.

Az euklidesi tér elemeit vektoroknak nevezzük, ami természetesen nem feltétlenül a szokásos vektorfogalmat jelenti. Euklidesi teret alkotnak pl. az (a, b) zárt intervallumban a legfeljebb n fokszámú polinomok, ahol n természetes szám. E térben a vektor polinomot jelent. A műveletek a szokásos módon, a skaláris szorzat pedig a

$$(P; Q) = \int_a^b P(t) Q(t) dt$$

integrállal értelmezett. Könnyű belátni, hogy ez a tér valóban kielégíti az euklidesi tér feltételeit.

A skaláris szorzatot a vektorok hosszával és közbezárt szögükkel is definiálhatnánk, azonban ez bonyolultabb axióma rendszerhez vezetne. A későbbiekben ezeket a fogalmakat éppen a skaláris szorzat alapján fogjuk értelmezni.

Mindenekelőtt bevezetjük a lineáris függetlenség, illetve függőség fogalmát. Ennek alapján definiáljuk a tér dimenziószámát.

2. definíció: Az euklidesi tér x, y, z, \dots, v elemeit lineárisan függetlennek nevezzük, ha

$$ax + \beta y + \gamma z + \dots + \Theta v = 0$$

csak $a = \beta = \gamma = \dots = \Theta = 0$ esetén lehetséges. Ha ez nem áll fenn és legalább egy együttható pl. a zérustól különbözik, úgy az egyenlet x -re megoldható

$$x = -\frac{\beta}{a}y - \frac{\gamma}{a}z - \dots - \frac{\Theta}{a}v,$$

vagyis x az $y, z, \dots v$ vektorok lineáris kombinációjával kifejezhető. Ekkor az $x, y, z, \dots v$ vektorokat lineárisan függőnek nevezzük. Pl. egy egyenes bármely két vektora arányos, vagyis lineárisan függő. A sík tetszőleges vektora kifejezhető két adott vektor lineáris kombinációjával. Az egyenes egy-, a sík kétdimenziós. Önként adódik a

3. *definíció*: Az R euklidesi teret n dimenziósnak nevezzük, ha létezik benne n független vektor és több lineárisan független vektor nincs benne.

Ha tetszőleges számú lineárisan független vektort lehet találni, a teret végtelen dimenziójúnak vagy HILBERT-féle térnek nevezzük. Ilyen pl. a folytonos függvények tere. Az

$$f_1(t) \equiv 1; f_2(t) = t; \dots, f_n(t) = t^{N-1}$$

N lineárisan független vektor, és mivel N tetszőleges szám, a tér HILBERT-féle. Látható az is, hogy a legfeljebb n fokszámú polinomok tere $n + 1$ dimenziós.

4. *definíció*: Az n dimenziós euklidesi tér n számú lineárisan független $e_1, e_2, \dots e_n$ vektorát a tér egy bázisának nevezzük.

Bázist képez a háromdimenziós térben bármely három, nem egy síkban fekvő vektor.

Az n dimenziós tér bármely vektorát elő lehet állítani a bázis vektorainak lineáris kombinációjaként. Ez az előállítás egyértelmű.

Tudniillik az e_1, e_2, \dots, e_n és valamely x vektor az n dimenziós térben $n + 1$ darab lineárisan függő vektort ad, vagyis

$$\alpha_0 x + \alpha_1 e_1 + \alpha_2 e_2 + \dots + \alpha_n e_n = 0,$$

ahol nem minden α_i egyenlő zérussal. Az α_0 szám biztosan különbözik zérustól, mivel az ellenkező eset az e_1, e_2, \dots, e_n vektorok lineáris függőségét jelenti. Az x vektor tehát kifejezhető:

$$x = -\frac{\alpha_1}{\alpha_0} e_1 - \frac{\alpha_2}{\alpha_0} e_2 - \dots - \frac{\alpha_n}{\alpha_0} e_n.$$

A kapott felbontás egyértelműségét indirekt úton bizonyítjuk. Legyen két lehetséges felbontás:

$$x = \xi_1 e_1 + \xi_2 e_2 + \dots + \xi_n e_n,$$

$$x = \xi'_1 e_1 + \xi'_2 e_2 + \dots + \xi'_n e_n,$$

a kettő különbsége:

$$0 = (\xi_1 - \xi'_1) e_1 + (\xi_2 - \xi'_2) e_2 + \dots + (\xi_n - \xi'_n) e_n.$$

Az e_i vektorok lineáris függetlensége miatt ez csak $\xi = \xi'$ esetén állhat fenn.

5. *definíció*: Ha e_1, e_2, \dots, e_n az euklidesi tér egy bázisa, és

$$x = \xi_1 e_1 + \xi_2 e_2 + \dots + \xi_n e_n$$

a tér egy vektora, akkor a $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ számokat az x vektor e_1, e_2, \dots, e_n bázisra vonatkoztatott koordinátáinak nevezzük.

Világos, hogy a zérusvektornak — és csak ennek — zérus minden koordinátája.

Az n dimenziós térben bármely $k < n$ lineárisan független vektor lineáris kombinációi segítségével vektorok halmaza állítható elő. Ezek is elemei az n dimenziós térnek. Az n dimenziós tér tehát magában foglalja az alacsonyabb dimenziószámú tereket. Ezeket a tér altereinek nevezzük. Pontosabban:

6. *definíció*: Az R euklidesi tér R' alterének nevezzük R elemeinek olyan halmazát, mely maga is euklidesi teret képez.

A zérus alteret, amely csak a zérus elemet tartalmazza, és az egész teret nem valódi alternek nevezzük.

Háromdimenziós térben alter bármely sík vagy egyenes. Általában az n dimenziós térben az e_1, e_2, \dots, e_k vektorok $k < n$ dimenziójú alteret képeznek. Ezek lineáris kombinációi az alter elemei. Az e_1, e_2, \dots, e_k vektorokat az alter generáló vektorainak nevezzük.

7. *definíció*: Az euklidesi térben az x vektor hosszának az

$$\sqrt{(x; x)}$$

számot nevezzük és $|x|$ -el jelöljük.

8. *definíció*: Az x és y vektorok szögének nevezzük a

$$\varphi = \arccos \frac{(x; y)}{|x| \cdot |y|}$$

számot.

Bizonyítható, hogy a definiált φ szög mindig létezik, vagyis

$$-1 \leq \frac{(x; y)}{|x| \cdot |y|} \leq +1.$$

Ortogonalisnak nevezünk két vektort, ha bezárt szögük $\frac{\pi}{2}$, vagyis

$$(x; y) = 0.$$

A skaláris szorzat lehetőséget ad kitüntetett bázisok értelmezésére, melyek használata különösen kényelmes. Ezek az ortogonális bázisok.

9. *definíció*: Az e_1, e_2, \dots, e_n vektorok n dimenziós térben ortogonális bázist alkotnak, ha ezen vektorok páronként ortogonálisak. Ortogonális normált bázist alkotnak, ha páronként ortogonálisak, és egységnyi hosszúak, vagyis

$$(e_i; e_k) = \begin{cases} 1 & \text{ha } i = k \\ 0 & \text{ha } i \neq k. \end{cases}$$

Kimutatható, hogy minden n dimenziós euklidesi térben létezik n lineárisan független, páronként ortogonális vektor, azaz ortogonális bázis mindig van. Ortogonális normált bázisnál a skaláris szorzat

$$\begin{aligned} (x; y) &= (\xi_1 e_1 + \xi_2 e_2 + \dots + \xi_n e_n; \eta_1 e_1 + \eta_2 e_2 + \dots + \eta_n e_n) = \\ &= \xi_1 \eta_1 + \xi_2 \eta_2 + \dots + \xi_n \eta_n. \end{aligned}$$

Ortogonalis normált bázisban az x vektor koordinátái:

$$\xi_1 = (x; e_1); \xi_2 = (x; e_2), \dots, \xi_n = (x; e_n).$$

Ugyanis legyen

$$x = \xi_1 e_1 + \xi_2 e_2 + \dots + \xi_n e_n,$$

skalárisan szorozva e_i -vel:

$$(x; e_i) = \xi_1 (e_1; e_i) + \xi_2 (e_2; e_i) + \dots + \xi_n (e_n; e_i) = \xi_i.$$

Ezen § legfontosabb része a pont és altér legrövidebb távolságának értelmezése, a továbbiakban ez kerül közvetlenül alkalmazásra.

II. Egy pontból az altérre bocsátott merőleges

10. *definíció*: Azt mondjuk, hogy az R tér h vektora ortogonális az R euklidesi tér R' alterére, ha annak minden vektorára ortogonális.

Elegendő megkövetelnünk, hogy h ortogonális legyen az R' alteret generáló e_1, e_2, \dots, e_k bázis vektorokra, vagyis hogy

$$(h; e_i) = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, k)$$

legyen, mert ekkor bármilyenek is a $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ számok, fennáll, hogy

$$(h; \xi_1 e_1 + \xi_2 e_2 + \dots + \xi_k e_k) = 0,$$

(ehát h merőleges R' tetszőleges x vektorára..

Legyen R' az n -dimenziós R térnek m -dimenziós altere és f az R tér egy tetszőleges vektora. Bocsássunk f végpontjából merőlegest az R' altérre,

vagyis határozzuk meg R' altér f_0 vektorát úgy, hogy $h = f - f_0$ vektor az R' -re ortogonális legyen. Az f_0 vektort az f vektor R' -re vett ortogonális vetületének nevezzük.

Mindenekelőtt megmutatjuk, hogy mint az elemi geometriában, úgy itt is a merőleges a legrövidebb távolság. Legyen ugyanis f_1 az R altér f_0 -tól különböző vektora. Pythagoras tétele alapján

$$|f - f_0|^2 + |f_0 - f_1|^2 = |f - f_0 + f_0 - f_1|^2 = |f - f_1|^2,$$

ebből következőleg

$$|f - f_0| < |f - f_1|.$$

Az f ismeretében az R altérre való f_0 ortogonális vetülete ténylegesen kiszámítható a következő módon: Alkossák e_1, e_2, \dots, e_n vektorok az R altér egy bázisát. Az f_0 vektort

$$f_0 = c_1 e_1 + c_2 e_2 + \dots + c_m e_m$$

alakban keressük. Az ortogonalitás szükséges és elégséges feltétele, hogy

$$(f - f_0; e_i) = 0,$$

azaz

$$(f_0; e_i) = (f; e_i)$$

teljesüljön. Az f_0 fent adott kifejezését behelyettesítve

$$c_1(e_1; e_i) + c_2(e_2; e_i) + \dots + c_m(e_m; e_i) = (f; e_i) \quad (2)$$

m darab lineáris egyenletet kapunk. Lényegesen könnyebb a helyzet, ha e_1, e_2, \dots, e_n ortogonális normált bázist alkotnak, midőn az egyenletrendszer a

$$c_i = (f; e_i) \quad (3)$$

egyenlőségekbe megy át. Mivel minden euklidesi térben van ortogonális normált bázis, egyben azt is bizonyítottuk, hogy az f vektornak egyetlen f_0 ortogonális vetülete van az R' altérre.

Megjegyezzük, hogy (2)-nek mindig van megoldása, mivel az egyenletrendszer determinánsa, az úgynevezett GRAMM-féle determináns, mindig különbözik zérustól. E megállapításnak számunkra különösebb jelentősége nem lévén, a bizonyítást mellőzzük.

Összefoglalva: Ha f_0 az f ortogonális vetülete az R' altérre, akkor f_0 vektor c_i koordinátáit az R tetszőleges bázisára (2), ortogonális normált bázisára (3) alapján számíthatjuk ki.

IRODALOM

1. HAZAY ISTVÁN: Kiegyenlítő számítás a geodéziai gyakorlatban. Bp. 1938.
2. HAZAY ISTVÁN: A statikai koordinátakiegyenlítés kiszámítása. *MTA VI. Oszt. Közl.* 1959.
3. HAZAY ISTVÁN: A kiegyenlítés mechanikai elvei. *Geodézia és Kartográfia.* 1959. évi 1. és 2. szám.
4. HAZAY ISTVÁN: Die mechanischen Prinzipien der Ausgleichung, *Acta Technica* 30 (1960).
5. GELFAND, I. M.: Előadások a lineáris algebráról. Bp. 1955.
6. TÁRCZY—HORNOCH ANTAL: Kiegyenlítő számítás. (Egyetemi jegyzet.)

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk a statikai kiegyenlítési elvet veszi vizsgálat alá, kimutatva, hogy a statikai elv a Gauss-féle négyzetösszeg-minimum elv egyenes következménye. Ezt két úton is megteszi, a differenciálszámítás eszközeivel az 1. §-ban, az euklidesi terek elméletével a 3. §-ban. Az utóbbi egyben példája is a statikai módszer lehetséges matematikai megfogalmazásának. A szükséges matematikai eszközöket a cikk a szükséges részletességig tárgyalja.

HOZZÁSZÓLÁS

HEINEMANN ZOLTÁN „MEGJEGYZÉSEK A STATIKAI KIEGYENLÍTÉSI ELVHEZ”
C. TANULMÁNYÁHOZ

HAZAY ISTVÁN

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

ÉPÍTŐIPARI ÉS KÖZLEKEDÉSI MŰSZAKI EGYESÜLET II. GEODÉZIA TANSZÉKE

[Beérkezett 1961. december 15-én]

HEINEMANN Zoltán figyelemre méltó tanulmányt írt a statikai kiegyenlítés elvéről. Erre a tanulmányra — mint olyan, aki ezt az elvet kiegyenlítési feladatokhoz alkalmazta — az alábbi észrevételt teszem.

A tanulmányban foglaltakkal kapcsolatban már szóbelileg közöltem a szerzővel, hogy a legkisebb négyzetek módszerének és a statikai módszernek kapcsolatát, nevezetesen azt, hogy a kétféle eljárás ugyanazokhoz az eredményekhez vezet, már a statikai koordináta-kiegyenlítésem első nyomdai jelentkezésekor félreérthetetlenül leszögeztem és matematikailag szabatosan kimutattam. Az [1] jelzésű tanulmány 180—181. oldalán a következőket írtam: „A 15. §-ban (a GAUSS-féle kiegyenlítés normálegyenletei) láttuk, hogy a közvetett mérések kiegyenlítésénél $[pa\lambda] = 0$, $[pb\lambda] = 0$ stb. Helyettesítsük ezekben az egyenlőségekbe a koordináta-kiegyenlítésnek az 52. §-ban (iránykoefficiensek) levezetett iránykoefficienseit és a $p = t$ súlyt:

$$\left[t \frac{0,1 \rho \cos \delta}{t} \lambda \right] = 0 \quad \text{és} \quad \left[-t \frac{0,1 \rho \sin \delta}{t} \lambda \right] = 0,$$

illetve a zérus értékű egyenlőségeket $-0,1 \rho$ számértékkel osztva és a t -vel rövidítve:

$$[-\lambda \cos \delta] = 0 \quad \text{és} \quad [\lambda \sin \delta] = 0.$$

Ugyancsak a 15. § alapján

$$[pa\lambda] = [paa]dy + [pab]dx + [paw] = 0$$

$$[pb\lambda] = [pab]dy + [pbb]dx + [pbw] = 0$$

tehát a statikai koordináta-kiegyenlítés egyensúlyi egyenletei és a $[t\lambda\lambda]$ minimum feltételű koordináta-kiegyenlítés normálegyenletei csak annyiban különböznek egymástól, hogy az utóbbiaknak valamennyi együtthatója és

tiszta tagja egyformán többszöröse az egyensúlyi egyenletek megfelelő tagjainak. Az egyenleteknek ez az összefüggése biztosítja a koordinátaváltozások azonosságát.”

A kétféle eljárás kapcsolatának részletesebb tárgyalására és kimutatására később még egy másik tanulmányt is közöltem [2].

A cikk szerzője azt állítja, hogy a statikai elv a GAUSS-elvnek, vagyis a legkisebb négyzetek elvének *egyenes következménye*. Ennek igazságát nem tudom elismerni. Amikor a koordináta-kiegyenlítés új formáját kialakítottam, félretettem teljesen a valószínűség elveit és tisztán mechanikai tételeket vettem alapul. Mint [1]-ben (179. o.) írom: „A $[p\lambda\lambda]$ minimum-feltétel kielégítése még olyan egyszerű súlyok alkalmazása mellett is, mint amilyen a távolságokkal lineárisan arányos súly, a IX. fejezetben ismertetett koordináta-kiegyenlítés” (megjegyzés: ez a legkisebb négyzetek elvén kiépített eljárás) „számításának munkaidejét meghosszabbítja és nehezkesebbé teszi. Ez vezetett arra, hogy olyan kiegyenlítő eljárásnak alapjait fektessem le, amely ugyanazokat az eredményeket adja, de gyorsabban és kevesebb munkával, mint a $[t\lambda\lambda]$ minimum-feltétel kielégítése”. A 181. oldalon pedig: „A statikai kiegyenlítés tisztán statikai elgondoláson épül fel és teljesen független a valószínűségi számítástól. A GAUSS-féle kiegyenlítés kizárólag a valószínűségi számításra alapszik, és levezetése független minden mechanikai vonatkozástól. A két eljárás eredményeinek egyezősége mind a két elgondolásnak a helyességét igazolja.”

Úgy érzem, ahhoz, hogy a mérési javításoknak az ismeretlenre való hatását *erőknek* képzeljük és a kiegyenlített helyet azzal definiáljuk, hogy ott az erők egyensúlyban vannak, továbbá, hogy a tájékozási ismeretleneket a *forgatónyomatékok* egyensúlyával határozzuk meg, a kényszerfeltételeket pedig a *legkisebb munka* alapján elégítsük ki, kellett némi fantázia. Ahhoz azonban, amit a szerző tett, nevezetesen annak tudatában, hogy a kétféle eljárás egyező eredményekhez vezet, a kettő között matematikai kapcsolat van, levezetni az egyik elv alapjaiból a másikat, már kevesebb kezdeményező hajlam kell (ez ugyanis nem egyéb kissé öncélú matematikai tornánál) és a matematikai levezetésből származó vektorokra, annak tudatában, hogy statikai elvhez akarunk eljutni, rámondani, hogy azok erők, már természetesnek látszik. Úgy gondolom, ha bármely vonatkozásban is két- vagy akár többféle alapelv ugyanazokhoz az eredményekhez is vezet, az egyes alapelvek nem feltétlenül „következményei” egymásnak.

Egyébként megemlítem, hogy a kiegyenlítés valamennyi csoportjára sikerült *egységes mechanikai elv* alapján kiépíteni a kiegyenlítő eljárást anélkül, hogy egyszer is segítségül kellett volna hívnom a legkisebb négyzetek elvét. De minden csoportnál szinte felkiáltok, mint pl. [3] 15. oldalán a (24) képlet után: „Ez ismét megegyezik a megfelelő normálegyenlettel”, vagy pl. a 90. oldalon a (95) képlet után: „Miután a kiegyenlítésnek

ebben a csoportjában a mechanikai elvek ugyanazokhoz a képletekhez vezetnek, mint a valószínűségszámítás elvei, ... számpélda közlését feleslegesnek tartom." Íme tehát végig megvan a kapcsolat a két elv között, a kiegyenlítés minden csoportjára, szigorú matematikai igazolással.

Még további észrevételem is van. A szerző szerint a GAUSStól független kiegyenlítési elv a négyzetösszeg-minimum elv *tagadását* jelenti. GAUSS a kiegyenlítési eljárását természettudományos kutatásokhoz használta fel előszörban, de azután átvették másra is, és miután jól bevált, az egész mérnöki gyakorlat használja. De tudja-e a szerző, hogy a GAUSS-elvben is van önkényesség, mert axiómának felvette, hogy az egy ismeretlenre végzett közvetlen mérések kiegyenlítésénél a legvalószínűbb érték a számtani közép? Magam is mondom [1] 16. oldalán: „Ez a feltevés ugyan önkényes, de az mégis elfogadhatónak látszik, mert nem tudnánk egyenlő megbízhatóságú mérések esetében más eredményt elképzelni, amelyet olyan megbízhatónak vagy megbízhatóbbnak fogadhatnánk el, mint a számtani középértéket.” És tudja azt is a szerző, hogy az a körülmény, hogy a legvalószínűbben előforduló hibák sorozata akkor következik be, amikor a hibák négyzetösszege minimum, csak az első kiegyenlítési csoportra (az egy ismeretlenre végzett közvetlen mérésekre) van bizonyítva, és bár ezt az elvet a többi csoportra is átvették és eredményesen alkalmazták, a többi csoportra a bizonyítás — dacára annak, hogy már sokan foglalkoztak ezzel a problémával — még most sem teljesen kielégítő? Igazán nem szorul a GAUSS-elv segítségre, de talán mégsem teljesen érdektelen reá sem a statikai elv (amelyből — ismétlem — kirekesztettem mindent, ami a valószínűségszámítással kapcsolatos) vizsgálatának az a megállapítása, hogy a két eljárás egyező eredményekhez vezet és ez mind a két elmélet helyességét igazolja ([3] 91. oldalán). Ugyancsak magam vallottam (ugyanazon a helyen), hogy az egyensúly és a legkisebb munka feltétele önkényesnek látszanék, ha a kétféle eljárás eredményeinek egyezősége helyességüket nem igazolná. A teljesség kedvéért megemlítem még, hogy már mások is foglalkoztak a kiegyenlítéssel mechanikai vonatkozásban (az [1] 179. oldalán fel is soroltam néhányukat, az újabb időből is lehetne többeket említeni), és bizonyára egyiküknek sem volt szándéka a GAUSS-elvet tagadni vagy támadni. GAUSST tiszteli az egész világ, nagyságát mindenki elismeri, tanait követjük, de azért a tudomány nem állhat meg, a kutatások tovább folynak.

Mint említettem, rajtam kívül mások is foglalkoztak mechanikai alapú kiegyenlítéssel. Mint egyik legérdekesebbet, megemlítem FRIEDRICH tanulmányát [4], aki az [1] jelű munkám megjelenése után öt évvel foglalkozott a kérdéssel. Cikke elején írja (magyar fordításban adjuk): „A következőkben be fogjuk bizonyítani, hogy a legkisebb négyzetek módszere valószínűségelméleti megfontolások nélkül, teljes általános érvényűséggel — vagyis függetlenül a valószínűségszámítás bármely hibatörvényétől, és különösen függetlenül az egyenlően valószínű pozitív és negatív hibák követelményétől — egye-

dül a mechanika alapjaiból, nevezetesen vagy az erők paralelogramma-szabályából, vagy a virtuális sebességek törvényéből, vagy a legkisebb munka törvényéből levezethető. Más szavakkal: a kiegyenlítőszámítás tetszőlegesen felmerülő feladatainak megoldásához nem szükséges a legkisebb négyzetek módszere. Ugyanazokhoz az eredményekhez jutunk, amelyeket ez a számítási eljárás szolgáltat, ha a mechanika előbb említett egyszerű szabályait alkalmazzuk.” A számtani közép mint kiegyenlített értékre vonatkozóan a következőket olvashatjuk: „Ennek következtében” (ti. a mechanikai elv következtében) „az egyszerű számtani közép az az érték, amely valamely mennyiséget két teljesen azonos értékű mérés alapján szükségszerűen megillet. Ezzel kapcsolatban nincs szó egy valószínű vagy egy megbízható, illetve egy többé vagy kevésbé célszerű értékről, itt sokkal több van — ha egyébként a mechanikában érvényes természeti törvények helyesek —, bizonyosság van arról, hogy ez az érték az egyetlen létező szigorú megoldást jelenti.” Továbbá: „GAUSS első bizonyítása (1809) abból a bizonyítatlan feltevésből indul ki, hogy az n -szer megmért mennyiség legvalószínűbb értéke az n mérési eredmény számtani közepe. Ennek a feltételezésnek a helyessége az előzőekben” (ti. a mechanikai elvek alapján) „azonban bizonyítást is nyert”.

„Nem szabad azonban eltekinteni attól, hogy ez a magában rendkívül elegáns és éleselmjű bizonyítás” (ti. GAUSS bizonyítása) „még két további feltevést tartalmaz: nevezetesen hogy a hibavalószínűségi függvény analitikus függvény, továbbá, hogy a méréseknél minden szabályos hatást kiküszöböltek. Ezzel szemben a mi bizonyításunk semmiféle hasonló feltevést nem tesz, csak azt kívánja meg, hogy feltevései a mechanikának általános, az egész világban érvényes természeti törvényeivel legyenek összhangban.”

GAUSS „második és lényegesen általánosabb bizonyítása (1821) is, minden éleselmjűsége ellenére, még mindig két nem jelentéktelen kételyre ad alkalmat. Megkívánja, hogy a mérési eredmények a szabályos hatásoktól mentesek legyenek, továbbá, hogy a pozitív és a negatív hibák valószínűsége egyenlő legyen, vagyis olyan követelményt állít fel, amely a gyakorlatban csak részben teljesül...” „Ezen a későbbi fűrdőzások és kutatások” (ti. a valószínűség alapján) „sem tudtak változtatni. Végül egy bizonyos célszerű gyakorlat alakult ki, melynek következtében a legkisebb négyzetek módszerét csak mint egy hasznos, de alapjaiban mégiscsak önkényesen bevezetett elvnek tekintik” ...

Végezetül: felmerülhet a kérdés, ha a kétféle eljárás ugyanazokhoz az eredményekhez vezet, mi értelme van a statikai elvvel is foglalkozni. Erre azt válaszolhatom, amit [3]-ban már megírtam: egyrészt a kiegyenlítés két, a gyakorlatban igen gyakran alkalmazott csoportjánál a mechanikai elven felépült forma jelentős munkamegtakarítást eredményez, tehát az eljárás gazdaságos, másrészt pedig megítélésem szerint a kiegyenlítés képleteinek mechanikai elvek alapján végzett levezetése szemléletesebb, általában egyszerűbb és feltevésektől mentes. Az eljárásnak tehát didaktikai előnyei is vannak.

IRODALOM

1. HAZAY I.: Kiegyenlítő számítás a geodéziai gyakorlatban (Budapest, 1938).
2. HAZAY I.: A koordináta-kiegyenlítés matematikai és mechanikai fogalmazása (*Az Állami Földmérés Közleményei*, I. évf. 14. o. Budapest, 1949.)
3. HAZAY I.: A kiegyenlítés mechanikai elvei (*Geodézia és Kartográfia*, **11** (1959).
Megjelent német nyelven is. *Acta Technica* **30** (1960).
4. F. D. KONRAD: Zwei aus den Grundgesetzen der Mechanik abgeleitete Beweise für die Richtigkeit der Methode der kleinsten Quadrate. (*Zeitschrift für Vermessungswesen*, **72** (1943), 97—112.

A FOLYAMATOSAN CSÖKKENŐ FOGYÁSOKKAL TÖRTÉNŐ ACÉLDRÓTHÚZÁS BEFOLYÁSA A MINŐSÉGRE

MANKHER GYÖRGY és MANKHER LAJOS
SALGÓTARJÁNI ACÉLÁRUCYÁR, SALGÓTARJÁN

[Beérkezett 1961. november 9-én]

Alkalmazott jelölések és mértékegységek

Jel	Egység	Megnevezés
A	—	összes alakváltozás (a kiinduló és a kész huzalkeresztmetszet viszonyának természetes logaritmusának $\ln(F_0 : F_n)$)
$100 A$	%	összalakváltozás százszorosa
a	—	az egy húzás előtti és utáni szelvények természetes logaritmusának
a_x	—	a X-ik húzás előtti és utáni szelvények természetes logaritmusának
a_n	—	az utolsó húzás előtti és utáni szelvények természetes logaritmusának
b	—	a számtani vagy mértani sor egyik tagja
d_0	mm	kiinduló huzalátmérő (első húzás előtt)
d_x	mm	átmérő az x-ik húzás után
d_n	mm	átmérő az utolsó húzás után
d_1	mm	átmérő az első húzás után
F_0	mm ²	kiinduló huzal keresztmetszete
F_x	mm ²	huzal keresztmetszete az x-ik húzás után
F_n	mm ²	huzal keresztmetszete az utolsó húzás után
g	—	számtani vagy mértani sor másik tagja
k	—	korrekciós tényező
n	—	húzások száma
q	—	húzásonkénti fogyás (fajlagos húzásonkénti keresztmetszetcsökkenés)
q_x	—	fogyás az x-ik húzásban
q_n	—	fogyás az utolsó húzásban
q_1	—	fogyás az első húzásban
$100 q$	%	fogyás százszorosa
R	—	összfogyás (fajlagos össz-keresztmetszetcsökkenés) $(F_0 - F_n) : F_0$
$100 R$	%	összfogyás százszorosa
t_1	C°	az alakítási munkának megfelelő hőmérsékletnövekedés
t_2	C°	a súrlódási munkának megfelelő hőmérsékletnövekedés
v	m/sec	húzási sebesség
V'	m/perc	húzási sebesség
α	fok	húzóképző félzöge
μ	—	súrlódási tényező
σ_{Bk}	kg/mm ²	húzás előtti és utáni szakítószilárdság számtani középértéke

1. A húzási hőmérséklet, annak hatása a húzásra és az anyag minőségére

A húzás következtében bekövetkező méretváltozás befolyását az acélhuzal szilárdsági és mechanikai tulajdonságaira, a felületi és a belső rétegek közötti feszültségeloszlásra több kutató vizsgálta. A rétegek alakváltozását, valamint a hozzájuk tartozó helyi szilárdsági értékek kialakulását is túlnyomórészt tisztázták. Ezek azt mutatják, hogy az acél-drót húzásakor a keresztmetszet különböző részeiben a súrlódás és a húzóüreg alakja folytán bizonyos

szerkezeti és feszültségi eltérések keletkeznek. A húzási sebesség növelésekor a huzal felületén keletkező hőmérséklet jelentős mértékben növekszik, ami kedvezőtlenül befolyásolja a drót minőségi tulajdonságát.

LINDSTRAND [1] szerint a dróthúzás legfontosabb változó tényezői: a huzalanyag minősége, a húzószerszám kúpszöge, a fogyás mértéke, a súrlódás és a húzási sebesség. Ezekről a tényezőktől függ a húzóerő, az alakításnál mutatkozó és a húzóköre ható felületi nyomás, a hőmérséklet és a huzal mechanikai tulajdonságai. Ebből következik, hogy a húzási folyamatra olyan tényezők fejtenek ki hatást, melyek jellegük és eredményük szempontjából lényegesen különböznek egymástól. Ezért SCHWIER [2] szerint megfontolást kíván az, hogy miként egyeztessük a dróthúzás gazdaságosságát befolyásoló legkisebb húzóerőt, a kevés húzási fokozat és a legnagyobb sebesség kívánalmait úgy, hogy ugyanakkor a kész drót minőségi tulajdonságai a legkedvezőbbek legyenek.

WISTREICH [3] megállapítja, hogy a kötél- és rugódrótok minősége növekvő húzási sebességgel észrevehetően romlik; gyakran olyan mértékben, hogy a huzal a minőségi átvétel feltételeinek nem felel meg. Ennek oka az, hogy húzáskor az alakítási és a súrlódási munka hővé alakul és a húzóképen való áthaladás pillanatában a drót felületén nagy hőmérséklet uralkodik, ami a felületi réteg struktúráját kedvezőtlenül befolyásolja. Ez különösen a hajtogatási és a csavarási szám csökkenésében nyilvánul. Ilyenkor a megoldandó problémát az jelenti, hogy miként mérsékeljük a keletkező meleget, evégett hogyan hozzuk létre a kedvező súrlódási viszonyokat és hogyan vezessük el a képződő hőmennyiséget minél nagyobb hányadát.

Az anyag minőségére hátrányosan hat az is, ha az alakváltozás során a felületi rétegek hőmérséklete nagyobb, mint a belső részeké, mert ez a lehűléskor káros belső feszültségeket eredményez.

A húzókép kilépő keresztmetszetében a drót felületén keletkező hőmérséklet két részből tevődik össze. Egyik a tiszta alakítási munkának, másik a súrlódási munkának meleggé alakulásából adódik. Az első tag SIEBEL és KOBITSCH [17] szerint:

$$t_1 = 6,25 \cdot \sigma_{Bk} \log \left(\frac{1}{1 - q} \right). \quad (1)$$

A súrlódási munkából származó felületi hőmérsékletnövekedés megállapítására KORST [4] dolgozott ki elméleti képletet:

$$t_2 = 16,55 \mu \cdot \sigma_{Bk} \sqrt{\frac{d_1 (1 - \sqrt{1 - q})}{\operatorname{tg} \alpha}} \cdot V. \quad (2)$$

A húzóüreg hengeres részében keletkező súrlódásból is képződik hő, ami ezen szakaszban a felületi hőmérsékletet vagy emeli, vagy a kiegyenlítődési időt

megnyújtja. Számolnunk kell azzal is, hogy többszörös húzás folyamán — a keresztmetszetcsökkenés növekedésével — a huzal szilárdsága és rendszerint a húzási sebesség is nő. Emellett a fokozatok közötti hülés kisebb mértékű, ezért a húzás előtti hőmérséklet is nagyobb lesz, ami a húzáskor keletkező felületi hőmérsékletet még jobban emeli.

Mérésekkel megállapították a húzókö izotermikus görbéit [1], melyből kitűnik, hogy a hűtővíz áramlási sebességének növelése csak jelentéktelen mértékben befolyásolja a hőmérséklet alakulását. A képződött melegmennyiség 80—90%-a a huzalba megy át. Habár az alakítási és súrlódási munka okozta hőmérséklet a húzóüreg hossza mentén meglehetősen meredek görbe szerint emelkedik, a kenőanyag szempontjából kedvezőtlen 300 C° fölötti hőmérsékletnek a huzal felülete a hőkiegyenlítődés folytán csak nagyon rövid ideig van kitéve. A rövid idő ellenére a nagy hőmérséklet befolyása nem hanyagolható el.

F. SCHWIER [5] az optimális húzószög vizsgálatakor is megállapítja, hogy a súrlódási munka a felületi hőmérsékletet olyan mértékben emelheti, ami a kész drót minőségére hátrányosan hat. A hőmérséklet emelkedésére a húzószög nagysága is hatással van. Ha nagy a súrlódás, olyan nagyságú hőemelkedés is lehetséges, amelyet A. POMP [6] ismertet Z-szelvény húzásával kapcsolatban, amikor a hőmérséklet — habár a szelvény kis részén — 800 C° fölé emelkedett, a hülés pedig a többi szelvényrész nagy hővezetőképessége folytán rendkívül gyors volt, ami helyenként martensites szövetet eredményezett.

Annak kimutatására, hogy kis húzási hőmérséklet milyen hatással lehet az anyagminőségre, SCHULTZ—PÜNGEL [7] a húzókö erőteljes hűtésével (száraz jéggel, szénsavas hóval) a drót húzás előtti hőmérsékletét csökkentették és ezzel nagyobb hajtogatási és csavarási számokat kaptak, mint a hűtés nélkül gyártott huzaloknál.

A húzásnál keletkező hőmérsékletet befolyásoló tényezők közül az (1) és (2) képlet szerint a húzásonkénti fogyások nagyságára és részben a húzási sebességre tudunk viszonylag legkönnyebben befolyást gyakorolni. Az irodalomban is találkozunk olyan megállapításokkal, amelyek szerint az acélhuzal mechanikai tulajdonságai, többek között a kifáradási értékei az egyes húzási fokozatokban alkalmazott fogyások nagyságától is függnek. A hajlítások számával jellemzett huzalszívósság a húzásonkénti fogyás nagyságával arányosan bizonyos függvény szerint csökken. A csavarási számnál hasonló jelenség figyelhető meg, de ez kevésbé törvényszerű. A fokozatonkénti fogyások csökkenésével a huzal hajtogatási száma növekszik, a szilárdsága csökken. Húzásonkénti kis fogyások különösen a nagy széntartalmú huzalok minőségi tulajdonságaira gyakorolnak kedvező befolyást.

A húzásonkénti nagy fogyások káros hatása viszont csökken, ha azokat bizonyos rendszer szerint kisebb fogyásokkal kombináljuk úgy, hogy a nagy fogyásokat csak a húzási folyamat kezdetén alkalmazzuk.

A részünkről végzett kísérletekből kitűnt, hogy nagy szilárdságú rugó-

drótok előírt csavaró rugalmassági értékei, az egyébként megfelelő mechanikai értékek ellenére csak akkor voltak elérhetőek, ha húzásonként kis fogyásokat alkalmaztunk. ZSITKOV—POSLEHOV [8] bányakötelek fázastáji vizsgálataiból megállapították, hogy a legnagyobb kifáradási értéket azok a kötelek mutatták, amelyek elemi drótszárait húzásonként kis és emellett vegyes nagyságú fogyásokkal gyártották.

Ismert tény, hogy a csavarási vizsgálat mutatja ki legjobban az acélhuzal minőségének egyenlőtlenségét. A csavarási vizsgálatban kifogástalan minőséget az egyenletes elcsavarodási szög és a megfelelően nagy csavarási szám mellett a síkban való elnyíródás jellemzi. Ezt követeljük meg a nagy széntartalmú és nagy szilárdságú rugódrótoktól is. Sajnos, ezeknek a minőségeknek csavarási vizsgálatánál gyakori a helyenkénti egyenlőtlen elcsavarodás, a próbapálcá elgörbülése, kidudorodása, hosszirányú megrepedése és a kagylós, szilánkos törési felület. Nagy szilárdságú acéldrót gyártásánál gyakran tapasztaljuk, hogy jóllehet patentozott állapotban az acélhuzal nagyon egyenletes és ennek folytán síkban nyíródó csavarást mutat, hosszirányú repedések pedig nem tapasztalhatók rajta, a húzás után ugyanez a huzal mégis az előbbieken felsorolt egyenlőtlenségeket mutatja.

Azt, hogy ma már nagy fontosságot tulajdonítanak a nagy szilárdságú patentozott és húzott acélhuzalok húzása alatt keletkező hőmérséklet-minőségromló hatásának, F. SCHWIER [2] azon munkájából is látható, amelyben hat nagy német drótmű ez irányú vizsgálatairól számol be. Az acéldróthúzásnál a nagy hőmérséklet — ami szokásos húzási körülmények és húzási sebességek mellett elégtelen hűtésnél is mutatkozik — a drótok mechanikai tulajdonságait lényegesen befolyásolja. A tulajdonságok változása jellegében olyan, amilyent a mesterséges öregítésnél tapasztalunk, tehát a huzal szilárdsági értékei a húzási hőmérsékletek növekedésével nagyobbodnak, a mechanikai értékek (csavarási és hajtogatási szám) viszont csökkennek.

II. A húzásonkénti fogyások nagyságának hatása a drót felületi melegedésére

Az eddig elmondottakból kitűnik, hogy ugyanazon anyagminőség mellett a húzásnál keletkező maximális hőmérséklet a viszonylagos fogyás nagyságától, a dróttátmérettől és a húzási sebességtől függ. A számítással meghatározható hőmérsékletek nem mindig tekinthetők megbízhatóknak, mert a számításban felhasznált egyes tényezők sokszor nem állapíthatók meg kellő pontossággal. Különleges berendezésekkel mért húzó- és drótfelületi hőmérsékletek 200—300 C° [1, 2], sőt ennél nagyobb értékeket is mutattak. Általában megfigyelhető, hogy megfelelő hűtés és a húzalfelület megfelelő előkészítésének hiánya esetén a húzáskor keletkező hőmérsékletek emelkednek. Az első húzásoknál általában még a szokásos húzási hőmérsékletekkel számol-

hatunk, a húzások számának növekedésével ezek már minőségrontó értékig emelkedhetnek akkor, ha a húzásonkénti fogyások nagyságát az utolsó húzásoknál nem csökkentjük. A hőmérséklet emelkedésére ilyenkor hatással van az is, hogy a többszörös húzógépeken a drót a közbelső dobokról nem kellőképpen lehülve kerül a következő húzóköbe, a húzási sebesség pedig fokozatról fokozatra növekszik és emellett az anyag szilárdsága is nagyobbodik. Olyankor, amikor a hőmérsékletmegállapítás azonos típusú gépekre és azonos húzási körülményekre vonatkozik, a számított értékek viszonylagos nagysága összehasonlítás céljára elég megbízhatónak tekinthető.

A következőkben példákkal szemléltetjük, hogy miként változnak a számítással kapott maximális hőmérsékletek a húzásonkénti fogyások és a húzási sebességek függvényében.

A számításokhoz a következő adatokat vettük fel: súrlódási tényező $\mu = 0,03$, $\alpha = 5^\circ$, a húzóüreg hengeres részének viszonya az átmérőhöz $c/d_2 = 0,5$. Az egyes húzásoknál tekintetbe veendő σ_{Bk} közepes szakítószilárdságokat kísérleti adatokból határoztuk meg. Húzási sebességek az 1. és

1. táblázat

Az alakítási és a súrlódási munka meleggé alakulásából felületi hőmérsékletnövekedés, közel azonos nagyságú és húzásonként csökkenő fogyások esetén

1. Példa. 0,76% C. 8,9 mm \varnothing patentozottból 3,8 mm \varnothing -re húzva, egyenletes fogyással

Húzás-szám	Átmérő d mm	σ_B kg/mm ²	V' m/p	t_1 C°	t_2 C°	$t_1 + t_2$ C°	q %
0	8,9	121,2	—	—	—	—	—
1	8,14	133,5	29	60	125	185	16,5
2	7,53	138,2	29	60	115	175	14,5
3	6,82	148,7	29	73	130	203	17,8
4	6,15	152,3	29	83	135	218	11,8
5	5,61	159,4	29	77	125	202	16,6
6	5,06	165,5	29	86	130	216	18,0
7	4,62	170,0	93	83	240	323	16,5
8	4,16	183,0	93	97	250	347	18,5
9	3,80	189,2	93	93	255	348	16,5

2. Példa. 0,76% C 8,9 mm \varnothing patentozottból 3,8 mm \varnothing -re húzva, csökkenő fogyással

Húzás-szám	Átmérő d mm	σ_B kg/mm ²	V' m/p	t_1 C°	t_2 C°	$t_1 + t_2$ C°	q %
0	8,9	120,5	—	—	—	—	—
1	7,77	136,6	29	95	155	250	24
2	6,80	146,4	29	100	150	250	23,4
3	5,94	159,0	29	103	147	250	23,5
4	5,31	161,2	29	95	140	235	20,0
5	4,80	170,0	29	88	130	218	18,0
6	4,40	171,0	93	76	220	296	15,2
7	4,08	181,0	93	71	210	281	13,5
8	3,81	184,2	93	67	195	262	12,5

3. Példa. 0,81% C 3,0 mm \varnothing patentozottból 0,78 mm \varnothing -re húzva, egyenletes fogyással

Húzás- szám	Átmérő d mm	σ_B kg/mm ²	V m/mp	t_1 C°	t_2 C°	$t_1 + t_2$ C°	q %
0	3,0	129,0	—	—	—	—	—
1	2,68	144,9	2	83	185	268	20,0
2	2,39	151,1	2	90	190	280	20,3
3	2,14	159,4	2	91	195	286	19,5
4	1,91	165,1	2,5	96	205	301	20
5	1,71	171,1	2,5	100	210	310	19,8
6	1,53	180,0	2,5	105	205	310	19,8
7	1,37	189,9	2,5	110	205	315	19,8
8	1,23	200,0	2,5	110	200	310	19,2
9	1,09	211,0	2,5	130	204	334	21,3
10	0,966	222,2	2,5	138	202	340	20,9
11	0,86	238,0	2,5	155	200	355	20,5
12	0,76	257,0	2,5	160	210	370	22

4. Példa. 0,84% C 4,4 mm \varnothing patentozottból 1,0 mm \varnothing -re húzva, csökkenő fogyással

Húzás- szám	Átmérő d mm	σ_B kg/mm ²	V m/mp	t_1 C°	t_2 C°	$t_1 + t_2$ C°	q %
0	4,4	133	—	—	—	—	—
1	3,8	142,5	2	110	260	370	25,5
2	3,3	153	2	110	260	370	24,5
3	2,9*	164	2	110	250	360	22,5
4	2,6	173	2	100	230	330	19
5	2,35	182	2	98	210	308	18
6	2,15	191	2	90	205	295	16
7	2,0	197	2	75	180	255	13
8	1,85	203	2,5	82	215	297	14
9	1,72	211	2,5	84	200	284	13,5
10	1,60	220	2,5	82	190	272	13,5
11	1,50	228	2,5	80	200	280	12,0
12	1,40	237	2,5	82	195	277	12,5
13	1,32	243	2,5	78	190	268	11
14	1,25	249	2,5	80	185	265	10,6
15	1,18	256	2,5	80	185	265	11
16	1,11	263	2,5	84	190	274	11,5
17	1,05	270	2,5	82	180	262	10,5
18	1,00	277	2,5	78	178	256	9,9

2. példánál 4,8 mm \varnothing fölött 29 m/perc, ez alatt 93 m/perc, a 3. és 4. példánál 2 mm \varnothing fölött 2 m/mp ez alatt 2,5 m/mp. A hőmérsékletemelkedéseket SIEBEL és KORST képletei alapján kidolgozott VARCHA-féle nomogram [9] felhasználásával állapítottuk meg. Az eredményeket az 1. táblázatban foglaltuk össze. Eszerint az első és az utolsó húzásokra kapott hőmérséklet-növekedések a következő képet mutatják:

- az 1. példában a $t_1 + t_2$ hőmérséklet 185°-ról 348°-ra emelkedik
 2. „ „ „ 250°-ról 262°-ra „
 3. „ „ „ 268°-ról 370°-ra „
 4. „ „ „ 370°-ról 256°-ra csökken.

Az 1. és 3. példában a húzásonkénti fogyások egyenletesek és kb. azonosak. A 2. és 4. példában azonban a húzásonkénti fogyások csökkennek. Ehhez hozzá kell fűzni, hogy a drót egyes húzások előtti hőmérséklete gyakran számottevő, s ez a fenti hőmérsékletek nagyságát emeli. Ezek az adatok irányt mutatnak arra, hogy miként járjunk el, ha a húzáskor keletkező maximális hőmérsékleteket csökkenteni kívánjuk. Erre a 2. és 4. példa nyújt tájékoztatást, amelyknél a fogyások folyamatos csökkentésével a húzásoknál keletkező max. hőmérsékletemelkedések kisebbednek. A 2. példa is jó tájékoztatást ad a max. hőmérsékletemelkedés megfékezésére, mert ebben a sorozatban a max. hőmérsékletemelkedés még bizonyos elfogadható határok között mozog. Ezek az eredmények a fogyások folyamatos csökkentésével érhetők el. Annak illusztrálására, hogy a húzási hőfokot befolyásoló egyes tényezők milyen mértékben változtatják meg a húzási hőmérsékletet, az 1. táblázat 1. és 2. példái-nak kísérleti szakítószilárdsági adataiból — a húzásonkénti fogyás, a húzási sebesség, a húzószög és a súrlódási tényező függvényében — állapítottuk meg a húzási hőmérséklet változását az *első és utolsó húzásnál* :

2. táblázat

Különböző tényezők változásának hatása, az alakítási és súrlódási munka meleggé alakulásából számított felületi hőmérséklet alakulására

	α °	μ	v m/perc	Fogyás %		I. $t_1 + t_2$ hőfok 16%-os azonos nagyságú fogyásnál	II. $t_1 + t_2$ hőfok 24%-ról 12%-ra csökkenő fogyásnál
				I.	II.		
Fogyásváltozás hatása	5	0,03	29—93	16	24—12	185°-ról 348°-ra nő	250°-ról 262°-ra nő
Húzósebesség-változás hatása	5	0,03	60—180	16	24—12	257°-ról 424°-ra nő	342°-ról nem változott
Súrlódási tényező változás hatása	5	0,05	29—93	16	24—12	275°-ról 494°-ra nő	357°-ról 377°-ra nő
Húzószög változás hatása	9	0,03	29—93	16	24—12	165°-ról 272°-ra nő	227°-ról 217°-ra csökken

A húzási hőmérséklet legerősebben emelkedik a súrlódási tényező növekedése esetén. A húzási hőmérsékletet erősen emeli a húzási sebesség növekedése is. A húzószög nagyobbodásával csökken a húzási hőmérséklet.

A súrlódási tényező konstans értéknek tekinthető, mert a pácolás, felület-előkészítés, kenőanyaghorozó és maga a kenés módja előírt.

A húzási sebesség részben a gépi berendezés adottsága és gazdaságosság szempontjából nem csökkenthető. A húzószög tetszés szerint nem változtatható, ennek nagysága az optimális húzószögben előírt.

Az üzemi gyakorlat részére húzási hőmérséklet csökkentése szempontjából — a húzószerszám, húzódob és maga a húzal hűtésén kívül — a húzásonkénti fogyások csökkentése kínálkozik legalkalmasabbnak.

A fenti példákából is kitűnik a csökkenő fogyasztú dróthúzás húzási hőmérsékletet csökkentő hatása. A húzásonkénti folyamatosan csökkenő fogyasztással való dróthúzás művelete régóta ismert. Szakirodalomban is gyakran találkozunk ilyen jellegű kísérletek leírásával, sőt több fokozatú húzógépek is készülnek ezen elv alapján.

A húzásonként folyamatosan csökkenő fogyasztások számításával tudomásunk szerint elsősorban O. TIEDEMANN [10] foglalkozott. Képletei mértani és számtani sor szerint csökkenő fogyasztásokra készültek.

Mi elsősorban az acélhuzalok minőségének javítása szempontjából foglalkozunk a húzásnál keletkező hőmérséklet kérdésével és ezzel kapcsolatban ismertetjük a részünkről kidolgozott s az előbbitől eltérő húzási eljárás meghatározását.

Húzásonként folyamatosan csökkenő fogyasztásokon alapuló eljáráshoz az egyes húzóüreg átmérőinek kiszámítására P. GRÜNER grafikus eljárást dolgozott ki, amely megkönnyíti a húzókö-sorozat megállapítását [11]. F. KOHLHASE Universal-Rechenschieber „DRAHT” Aristo 10081 speciális logarléce is alkalmas húzásonkénti csökkenő fogyasztások megállapítására [12].

Az alakváltozás mértékének jelölésére a viszonylagos keresztmetszetcsökkenés, tehát az $(F_0 - F_n) : F_0$ összefüggés használatos. 90% fölötti keresztmetszetcsökkenéseknél alkalmazása azonban megbízhatatlan, mert az ennek alapján készült keményedési diagramok nem adnak pontos eredményeket [13].

Az irodalomban találunk olyan kifejezéseket is, mint pl. $(F_0 - F_n) : F_n$ amely a 90% fölötti keresztmetszetcsökkenéseknél pontosabb eredményeket ad [14].

Számításaink során az alakváltozás nagyságának kifejezésére a $\ln(F_0 : F_n)$ összefüggést használtuk. Ennek előnye, hogy az ezen összefüggés szerinti szerkesztett diagramok paraméterei egyenesek, ami pl. a húzás alatti szilárdságnövekedések számításánál fennálló törvényszerűségek ábrázolását egyszerűvé teszi [15].

1. A húzásonkénti fogyasztások megállapítása a viszonylagos keresztmetszetcsökkenés $(F_0 - F_n) = F_0$ geometriai összefüggés alapján

a) Húzásonkénti drótmérők számítása mértani sor szerint folyamatosan csökkenő keresztmetszetcsökkenésekkel (TIEDEMANN szerint)

$$\frac{F_n}{F_0} = 1 - R = b^n \cdot g^{\frac{n^2-n}{2}} \quad (3)$$

$$l_g b = \frac{2 l_g (1 - R)}{n} - l_g (1 - q_n) \quad (4)$$

$$l_g g = \frac{2}{n^2 - n} \cdot \left[n l_g (1 - qn) \right] - l_g (1 - R) \tag{5}$$

$$\frac{F_x}{F_0} = N \left[\frac{2 l_g (1 - R)}{n} - l_g (1 - qn) \right]^{n_x} \cdot N \left[\frac{2}{n^2 - n} (n l_g (1 - qn)) - l_g (1 - R) \right]^{\frac{n_x^2 - n_x}{2}} \tag{6}$$

$$n = \frac{2 l_g (1 - R)}{l_g (1 - q_1) + l_g (1 - q_n)} \tag{7}$$

$$F_x = F_0 (b^{n_x} g^{\frac{n_x^2 - n_x}{2}}) \tag{8}$$

b) A húzásonkénti drótátmérők számítása számtani sor szerint folyamatosan csökkenő keresztmetszetsökkenésekkel (TIEDEMANN szerint)

$$\frac{F_n}{F_{0i}} = 1 - R$$

$$\frac{F_x}{F_{x-1}} = b + g (n_x - 1) \tag{9}$$

$$b = \frac{\sqrt[n]{1 - R} - (1 - q_n) K}{1 - K} \tag{10}$$

$$g = \frac{(1 - q_n) - \sqrt[n]{1 - R}}{(n - 1) K} \tag{11}$$

$$n = \frac{l_g (1 - R)}{l_g (1 - q_1) (1 - K) + (1 - q_n) K} \tag{12}$$

$$F_x = F_{x-1} [b + g (n_x - 1)] \tag{13}$$

Mint fentiekből kitűnik, a mértani sorral F_x/F_0 , a számtani sorral F_1/F_0 , F_2/F_1 stb. viszonyt állapítjuk meg. Minden húzási fokozatra megállapítjuk a fenti viszonyokból a drót keresztmetszetét és a nyert értékekből minden húzási fokozat keresztmetszetsökkenését.

2. A húzásonkénti drótátmérők számítása az $\ln(F_0 : F_n)$ összefüggés alapján

Húzásonkénti fogyások számítása fokozatonként számtani sor szerint csökkenő alakváltozással:

$$a_x = a_n + \frac{A - a_n \cdot n}{(n - 1) \cdot \frac{n}{2}} (n - n_x) \tag{14}$$

Folyamatosan csökkenő fogyások számítása TIEDEMANN szerint a keresztmetszetsökkenés $\frac{F_0 - F_n}{F_0}$ geometriai összefüggése alapján a 3—8 és 9—13. sz. képletekkel az üzemi gyakorlat részére nehézkes és a hosszadalmas számítások miatt időrabló.

Az üzemi gyakorlatban logarléccel szokásos egy-egy húzókö vagy huzal-méret-sorozat megállapítása. Ennél folyamatosan csökkenő, de még állandó keresztmetszetsökkenés esetén is csak többszöri kísérletezéssel, próbálkozással lehetséges a húzások számának felvétele mellett az egyes húzási fokozatok méretének megállapítása.

A csökkenő fogyások meghatározását lényegesen könnyebbé teszi és egyszerűsíti az alakváltozásnak a $\ln \frac{F_0}{F_n}$ összefüggés segítségével részünkről kidolgozott (14) képlet alapján történő számítása.

Ebben a képletben minden húzási fokozatnál az alakváltozás nagysága két tagból áll. Az egyik tag azonos az utolsó húzás alakváltozásával, amit a dróthúzó gép utolsó dobjának sebességi viszonyaiból állapítunk meg. Ezen alakváltozásnak a húzások számával való szorzatát ha levonjuk az „A” össz. alakváltozásból, kapjuk az alakváltozás másik tagját, mely az utolsó húzásig folyamatosan csökken a képlet szerint. Ez a folyamatos változás a közönséges számtani sor törvényszerűsége alapján számítható.

3. Számítási példák

Fenti számítási módokat példákkal szemléltetjük:

Az összes példákat az alábbi adatok alapján dolgoztuk ki:

$$\begin{aligned} d_0 &= 9,0 \text{ mm} \\ d_n &= 3,8 \text{ mm} \\ F_0 &= 63,80 \text{ mm}^2 \\ F_n &= 11,35 \text{ mm}^2 \\ n &= 8 \\ R &= 0,822 \text{ (82,2\%)} \\ A &= 1,726 \text{ (172,6\%)} \\ q_n &= 0,12 \text{ (12\%)} \\ a_n &= 0,1277 \text{ (12,77\%)} \end{aligned}$$

1. Számítás az $(F_0 - F_n) : F_0$ geometriai összefüggés alapján kidolgozott képletekkel.

a) Húzásonkénti drótátmérők számítása mértani sor szerint csökkenő fogyásokkal. TIEDEMANN szerint. q_1 felvéve 0,25-re

$$\begin{aligned} n &= \frac{2 \lg(1 - R)}{\lg(1 - q_1) + \lg(1 - q_n)} = \frac{2(-0,7496)}{(-0,1249) + (-0,0555)} = \\ &= \frac{-1,4992}{-0,1804} = 8,33 \text{ lekerekítve 8-ra.} \end{aligned}$$

$$1 - R = 1 - 0,822 = 0,178 \lg 0,178 = 0,2504 - 1 = -0,7496$$

$$1 - q_n = 1 - 0,12 = 0,88 \lg 0,88 = 0,9445 - 1 = -0,0555$$

$$1 - q_1 = 1 - 0,25 = 0,75 \lg 0,75 = 0,8751 - 1 = -0,1249$$

$$\lg b = \frac{2 \lg(1 - R)}{n} - \lg(1 - q_n) = \frac{2(-0,7496)}{8} -$$

$$- 0,0555 = - 0,1319 = 0,8881 - 1 = 0,738$$

$$\lg g = \frac{2}{n^2 - n} [n \lg(1 - q_n)] - \lg(1 - R) = \frac{2}{64 - 8} [8(-0,0555)] -$$

$$- (-0,7496) = 0,01092 = 1,0255$$

$$F_x = F_0 \left(b^{n_x} \cdot g^{\frac{n_x^2 - n_x}{2}} \right)$$

Húzás n	b^{n_x}	$\frac{n_x^2 - n_x}{g^2}$	$\frac{n_x^2 - n_x}{2}$ $b^{n_x} \cdot g^{\frac{n_x^2 - n_x}{2}}$	F_0 mm ²	F_x mm ²	d_x mm	q_x %
0	—	—	—	63,80	—	9,00	—
1	0,738 ¹ = 0,738	1,0255 ⁰ = 1,000	0,738 · 63,80 = 47,00	63,80	47,00	7,74	26,0
2	0,738 ² = 0,5446	1,0255 ¹ = 1,0255	0,556 · 63,80 = 35,50	63,80	35,50	6,72	24,5
3	0,738 ³ = 0,4019	1,0255 ³ = 1,078	0,434 · 63,80 = 27,70	63,80	27,70	5,94	22,0
4	0,738 ⁴ = 0,2970	1,0255 ⁶ = 1,162	0,345 · 63,80 = 22,00	63,80	22,00	5,29	20,6
5	0,738 ⁵ = 0,2190	1,0255 ¹⁰ = 1,285	0,281 · 63,80 = 17,90	63,80	17,90	4,77	18,6
6	0,738 ⁶ = 0,1618	1,0255 ¹⁵ = 1,458	0,235 · 63,80 = 15,00	63,80	15,00	4,36	16,2
7	0,738 ⁷ = 0,1250	1,0255 ²¹ = 1,694	0,212 · 63,80 = 12,90	63,80	12,90	4,05	13,8
8	0,738 ⁸ = 0,0880	1,0255 ²⁸ = 2,020	0,178 · 63,80 = 11,35	63,80	11,35	3,80	12,0

b) Húzásonkénti drótátmérők megállapítása számtani sor szerint csökkenő keresztmetszetsökkenéssel, TIEDEMANN szerint.

Korrekciós tényező Tiedemann szerint felvéve 0,50-re

$$n = \frac{\lg(1 - R)}{\lg(1 - q_1)(1 - K) + (1 - q_n)K} = \frac{-0,7496}{-0,1249 \cdot 0,50 + (-0,0555 \cdot 0,5)} =$$

$$= 8,33 \text{ kerekítve } 8\text{-ra,}$$

$$b = \frac{\sqrt[n]{1 - R} - (1 - q_n)K}{1 - K} = \frac{0,806 - (0,88 \cdot 0,5)}{1 - 0,5} = 0,732,$$

$$g = \frac{(1 - q_n) - \sqrt[n]{1 - R}}{(n - 1)K} = \frac{0,880 - 0,806}{7,05} = 0,0215.$$

$$F_x = F_{x-1} [b + g(n_x - 1)].$$

Húzás n	b	g	n_{x-1}	$g \cdot n_{x-1}$	$b + g \cdot n_{x-1}$	F_{x-1} mm ²	F_x mm ²	d_x mm	q_x %
0	—	—	—	—	—	63,80	—	9,00	—
1	0,732	0,0215	0	0	0,732	63,80	46,60	7,70	26,9
2	0,732	0,0215	1	0,0215	0,753	46,60	35,10	6,68	24,7
3	0,732	0,0215	2	0,0430	0,775	35,10	27,20	5,88	22,5
4	0,732	0,0215	3	0,0645	0,796	27,20	21,70	5,25	20,2
5	0,732	0,0215	4	0,0860	0,818	21,70	17,75	4,75	18,1
6	0,732	0,0215	5	0,1075	0,839	17,75	14,92	4,35	16,0
7	0,732	0,0215	6	0,1290	0,861	14,92	12,85	4,04	13,8
8	0,732	0,0215	7	0,1505	0,882	12,85	11,35	3,80	11,7

2. Számítás a $\ln(F_0 : F_1)$ összefüggés alapján kidolgozott képletekkel.

Húzásonkénti drótátmérők megállapítása számtani sor szerint csökkenő alakváltozással.

$$a_x = a_n + \frac{A - a_n \cdot n}{(n-1) \frac{n}{2}} \cdot (n - n_x),$$

$$a_x = 0,1277 + \frac{1,7262 - 0,1277 \cdot 8}{(8-1) \cdot \frac{8}{2}} (8 - n_x),$$

$$\frac{A - a_n \cdot n}{(n-1) \frac{n}{2}} = \frac{1,7262 - 0,1277 \cdot 8}{(8-1) \frac{8}{2}} = \frac{07046}{28} = 0,0251.$$

Húzás n	$n - n_x$	$(n - n_x) \frac{A - a_n \cdot n}{(n-1) \frac{n}{2}}$	a_n	a_x	q_x %	F_x mm ²	d_x mm
0	—				—	63,80	9,00
1	7	0,0251 = 0,1757 +	0,1277 =	0,3034	26,2	47,10	7,73
2	6	0,0251 = 0,1506 +	0,1277 =	0,2783	24,3	35,70	6,72
3	5	0,0251 = 0,1255 +	0,1277 =	0,2532	22,4	27,70	5,92
4	4	0,0251 = 0,1004 +	0,1277 =	0,2281	20,4	22,05	5,28
5	3	0,0251 = 0,0753 +	0,1277 =	0,2030	18,4	17,98	4,77
6	2	0,0251 = 0,0502 +	0,1277 =	0,1779	16,4	15,03	4,37
7	1	0,0251 = 0,0251 +	0,1277 =	0,1528	14,2	12,90	4,05
8	0	0,0251 = 0	+ 0,1277 =	0,1277	12,0	11,35	3,80

Tekintve, hogy az alakváltozás $\ln(F_0 : F_n)$ értékeinek átszámítása keresztmetszetcsökkenésre $(F_0 - F_n) : F_0$ körülményes $\left(R = 1 - \frac{1}{e^A}; A = 2,3026 \log \frac{1}{1-R}\right)$ a 3. táblázatból közvetlenül leolvashatók az alakváltozás értékeinek megfelelő keresztmetszetcsökkenések. Tizedes értékeket interpolálással állapítjuk meg.

III. A húzásonkénti drótátmérők és fogyások megállapítása csökkenő fogyású húzás esetén grafikus úton

Ha a (14) képlet szerinti számítással kapott húzásonkénti alakváltozásokat (a_x) keresztmetszetcsökkenésre (q_x) átszámítjuk és logaritmusos koordináta-rendszerre felrakjuk úgy, hogy a függőleges tengelyen a húzásonkénti fogyások, a vízszintes tengelyen a drótátmérők legyenek, kitűnik, hogy az egyes húzási fokozatok drótátmérőinek megfelelő fogyások az egyenest megközelítő íven fekszenek.

3. táblázat

Keresztmetszetcsökkenés átszámítása alakváltozásra

Keresztmetszetcsökkenés	Alakváltozás	Keresztmetszetcsökkenés	Alakváltozás	Keresztmetszetcsökkenés	Alakváltozás	Keresztmetszetcsökkenés	Alakváltozás
R%	A%	R%	A%	R%	A%	R%	A%
$\frac{F_0 - F_1}{F_0} 100$	$\ln \frac{F_0}{F_1} 100$	$\frac{F_0 - F_1}{F_0} 100$	$\ln \frac{F_0}{F_1} 100$	$\frac{F_0 - F_1}{F_0} 100$	$\ln \frac{F_0}{F_1} 100$	$\frac{F_0 - F_1}{F_0} 100$	$\ln \frac{F_0}{F_1} 100$
1.	0,994	26.	30,109	51.	71,335	76.	142,711
2.	2,021	27.	31,467	52.	73,396	77.	146,969
3.	3,143	28.	32,851	53.	75,500	78.	151,413
4.	3,978	29.	34,247	54.	77,653	79.	156,066
5.	5,128	30.	35,663	55.	79,850	80.	160,945
6.	6,213	31.	37,102	56.	82,300	81.	166,073
7.	7,251	32.	38,564	57.	84,395	82.	171,480
8.	8,356	33.	40,047	58.	86,748	83.	177,197
9.	9,431	34.	41,548	59.	89,159	84.	183,260
10.	10,534	35.	43,096	60.	91,630	85.	189,714
11.	11,647	36.	44,629	61.	94,163	86.	196,613
12.	12,777	37.	46,204	62.	96,758	87.	204,025
13.	13,924	38.	47,804	63.	99,427	88.	211,209
14.	15,050	39.	49,428	64.	102,091	89.	220,730
15.	16,247	40.	51,079	65.	104,983	90.	230,361
16.	17,431	41.	52,764	66.	107,882	91.	240,795
17.	18,633	42.	54,473	67.	110,868	92.	252,575
18.	19,844	43.	56,278	68.	113,945	93.	265,924
19.	21,070	44.	57,982	69.	117,118	94.	281,340
20.	22,315	45.	59,780	70.	120,399	95.	299,576
21.	23,570	46.	61,616	71.	123,786	96.	321,891
22.	24,843	47.	63,488	72.	127,297	97.	350,660
23.	26,137	48.	65,385	73.	130,293	98.	391,206
24.	27,438	49.	67,331	74.	134,707	99.	460,522
25.	28,766	50.	69,315	75.	138,631	100.	—

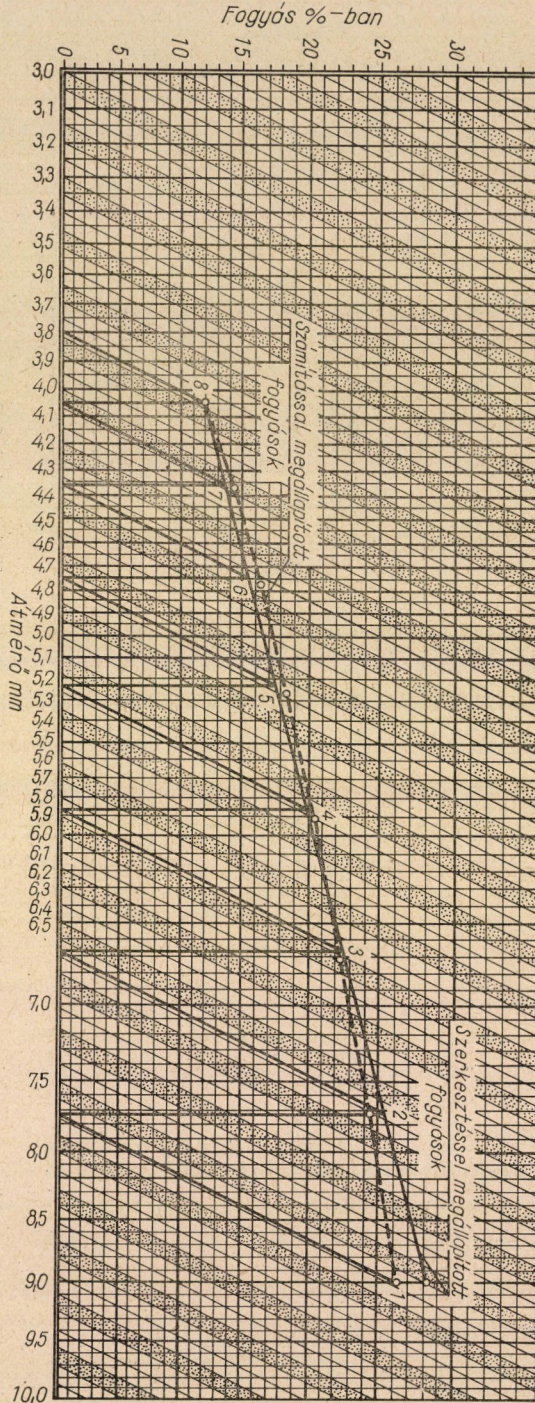
A fogyások csökkenésének egyenletessége nem lényeges, elegendő, ha a fogyások folyamatos csökkenését biztosítjuk. A húzásonkénti fogyások megfelelő hajlású egyenesét az előzőekben ismertetett számítási példa alapján, a következő módon szerkesztjük (1. ábra).

I. Az utolsó húzás fogyásaként (q_8) a húzódob sebességi viszonyai alapján tetszőleges minimális fogyást veszünk fel (12%-ot).

II. Az első húzás alakváltozását (a_1) a (14) képlettel számítjuk ki és alakítjuk át keresztmetszetcsökkenésre (q_1 -re). Megfelelő hajlású egyenes szerkesztéséhez az első húzás korrekciója szükséges. Kielégítő az $\frac{a_1 + q_1}{2}$

érték. Jelen esetben ez $\frac{0,3034 + 0,2620}{2} = 0,282$ (28·2%).

III. Az abszcisszán a kész méret 3,8 mm pontjából a ferde egyenesen megállapítjuk az utolsó húzás 12%-os fogyásának metszéspontját.



1. ábra. Az egyes húzási fokozatok átmérőinek és fogyásainak megállapítása csökkenő fogyású húzás esetén grafikus úton

IV. Abszcisszán a kiinduló méret 9 mm \varnothing -jú pontjából húzott merőlegesen megállapítjuk az első húzás korrigált keresztmetszetcsökkenésének metszőpontját (28,2%).

V. Az első és az utolsó húzás metszéspontját összekötjük és a nyert ferde egyenesen fekszenek a közbenső húzások keresztmetszetcsökkenései.

VI. Az egyes húzások átmérőit és fogyásait a kész átmérőből kiindulva visszafelé, a példán behúzott lépcsőzetes vonallal állapítjuk meg. Az első húzás fogyása tetszőleges lehet, olyannak vehető, ami maradék gyanánt kiadódik. Megtehetjük azt is, hogy az első két húzás fogyásait arányosan osztjuk el.

A példa húzási fokozatainál az átmérők és fogyások összehasonlítása számítás és szerkesztés alapján:

Húzás	d mm	Számítással, q%	Szerkesztéssel,	
			d mm	q%
0	9,0	—	9,0	—
1	7,73	26,2	7,73	26,2
2	6,72	24,3	6,67	25,4
3	5,92	22,4	5,87	22,6
4	5,28	20,4	5,25	20,0
5	4,77	18,4	4,74	17,8
6	4,37	16,4	4,36	15,5
7	4,05	14,2	4,05	13,8
8	3,80	12,0	3,80	12,0

Az egyes húzási fokozatok átmérőinek és ezekből a húzásonkénti fogyásoknak megállapítása P. GRÜNER szerint grafikus úton

Húzás n	d _x mm	q%
0	9,0	—
1	7,58	29,0
2	6,50	26,5
3	5,73	22,0
4	5,20	17,2
5	4,78	15,5
6	4,36	16,5
7	4,05	13,0
8	3,80	11,8

Mint a számított példák eredményeiből látható, a különböző számítási módszerekkel kapott folyamatosan csökkenő húzásonkénti fogyások értékei között igen kis eltérések vannak. Ennek következtében a húzásoknál keletkező max. hőmérsékleten gyakorlatilag érzékelhető különbségek sem fognak mutatkozni. Bármelyik számítási eljárással megállapított csökkenő fogyású húzási mód a max. húzási hőmérséklet csökkenéséhez hozzájárul, amit a számított adatok is igazolnak.

IRODALOM

1. LINDSTRAND, E. *Dragning av Trad. Jernkontorets Annaler.* (1958) pp. 104–128.
2. SCHWIER, F.: Betriebsuntersuchungen über den Einfluß der Ziehtemperatur auf die mechanischen Eigenschaften von Strahldraht. *Stahl und Eisen*, (1959) pp. 1385–1391.
3. WISTREICH, I. G.: Drahtziehen mit hohen Geschwindigkeiten. *Metal Treatm. Drop. Forgg.*, (1953) pp. 530–533. *Stahl und Eisen*, (1954) pp. 896–897.
4. KORST: Die Temperaturverteilung im Ziehgut beim Drahtziehen. *Österr. Ing. Archiv.* (1948.) 132.
5. SCHWIER, F.: Düsenöffnungswinkel und Ziehwerkstoff beim Ziehen von Strahldraht. *F. und G. Carlswerk Rundschau* (1940) pp. 26–30.
6. POMP, A.: *Stahldraht.* Verlag Stahleisen Düsseldorf, 1941.
7. SCHULTZ, E. H., PÜNGEL, W.: Über den Einfluß des Alterns und Anlassens auf die Festigkeitseigenschaften von gezogenen Stahldrähten. VDI, 100, p. 1427.
8. ZSITKOV, D. G., POSZLECHOV, I. T.: Sztalnyje Kanati. Metallurgisdat Moszkva, 1953.
9. VARGHA KÁLMÁN: Acéldróthúzás. KD 30. KGM Tervező Irodáinak tervezési segédlete. 1959.
10. TIEDEMANN, O.: Bestimmung der Querschnitte und Querschnittsverjüngungen beim Ziehen vom Halbzeug. *Metallwirtschaft*, (1944) pp. 241–245.
11. GRÜNER, P.: Eine grafische Methode des Kalibrierens von Ziehdüsen für Drahtzüge. *Draht Welt*, (1959) pp. 658–664.
12. KOHLHASE, F.: Universal-Rechenschieber „Draht“ Aristo 90, 103. *Draht Coburg* (1958) Nr. 2, pp. 54–59 und Nr. 6, pp. 228–229.
13. MANKHER, GY.—MANKHER, L.: *Sztály*, 1960, 6. sz, pp. 569–571.
14. TULENKOV, K. I., ZLOTNYIKOV, M. I., BOBILEVA, Sz. F.: Raszeset mechanicseszkich szvojsztv sztalnoj provoloki. *Sztály* (1956), 9. sz, pp. 821–825.
15. MANKHER, L.: Die Berechnung der Zugfestigkeit von patentierten und kaltgezogenen Stahldrähten. *Acta Technica* (1958) pp. 265–283.
16. MANKHER, L.: A dróthúzás egyes kérdéseiről. *Kohászati Lapok* (1955), 295–307.
17. SIEBEL E. KOBITSCH: Die Erwärmung des Ziehgutes beim Drahtziehen. *Stahl und Eisen*, (1943), Nr. 6, p. 110.

ÖSSZEFOGLALÁS

Nagy széntartalmú patentozott acélhuzalok húzásánál a gyakorlat és számos kísérlet kimutatta a húzásnál keletkező hőmérséklet minőségromtó hatását. Emiatt a húzásoknál a drótban, különösen pedig annak felületén keletkező nagy hőmérsékletet — ami a nagyobb húzási sebességre történő áttérésnél mind gyakoribb jelenség — csökkenteni kell. Ennek egyik célszerű módszere a folyamatosan csökkenő fogyasztással történő húzási eljárás.

Célszerű tehát új többszörös húzógépek beszerzésénél ezen szempont szem előtt tartása, hogy eme eljárásnak megfelelően a húzógép egyes sebességfokozatait már csökkenő fogyasztások alapján állítsák össze.

Meglevő többszörös húzógépeknél pedig — melyeknél az egyes sebességfokozatoknál a fogyasztások egyenletesek — a húzásonkénti sebességek módosításával, fogaskerékcserével stb. állítható össze a folyamatosan csökkenő jellegű fogyasztás-sorozat. Ez több korlát közé szorított feladat, mert esetleg figyelemmel kell lenni a dobonkénti gyűjtés minimális, illetve maximális értékének biztosítására.

Közlöttük az irodalomból ismert húzásonként folyamatosan csökkenő fogyasztások számítását, és javaslatot tettünk általunk kidolgozott számítási eljárásra.

A PERLIT DEFORMÁCIÓJÁRÓL

KÁLDOR MIHÁLY

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KOHÁSZATI MUNKAKÖZÖSSÉGÉNEK 23. SZÁMÚ KÖZLEMÉNYE

[Beérkezett 1961 novemberében]

A deformáció mechanizmusáról egykristályokon végzett vizsgálatok alapján — legalább makroszkópi mérethben — elég világos kép alakult ki. Kvalitatív jellegű elképzelés van a heterogén szövetű ötvözet deformációjáról is.

Semmilyen megfigyelés nincs azonban heterogén szövetelemben végbe-menő alakváltozást illetően.

Érdekes eredmény adódott ötvözetlen, tisztán perlites összetételű, azaz egy szövetelemből, de két fázisból álló acél hidegen alakított szövetének mikroszkópi vizsgálatakor. A vizsgálat mintegy 25%-os mértékben, nyomással hidegen alakított perlites acélnek a nyomóerő irányával párhuzamos síkú metszetén történt.

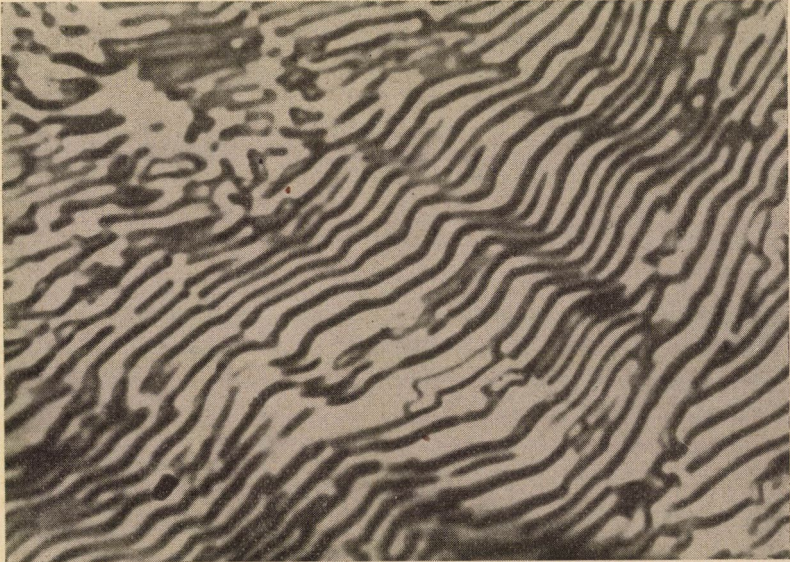
Egyes perlitsomókban a cementitlemezek összetöredeztek (1. ábra), másokban a lamellák hullámvonalszerűen meggörbültek (2. ábra), a cementitlemezek tehát kisebbmértékű alakváltozásra képesek. Lehet, hogy ezekben a cementitlemezek össze is töredeztek, azonban törésvonalat az 1,30-as numerikus apertúrájú objektív sem tud kimutatni. Legmeglepőbb a 3. ábrában bemutatott mikrofotográfia.

A perlitsomóban egymással párhuzamosan vagy helyenként majdnem párhuzamosan a csiszolat síkjában csúsztató síkok nyomvonalai jelentkeznek, amelyek az egész perlitsomón végighaladnak. A perlitsomó egyik része a másikhoz képest helyenként a ferritlamella félszélességének mértékében eltolódott.

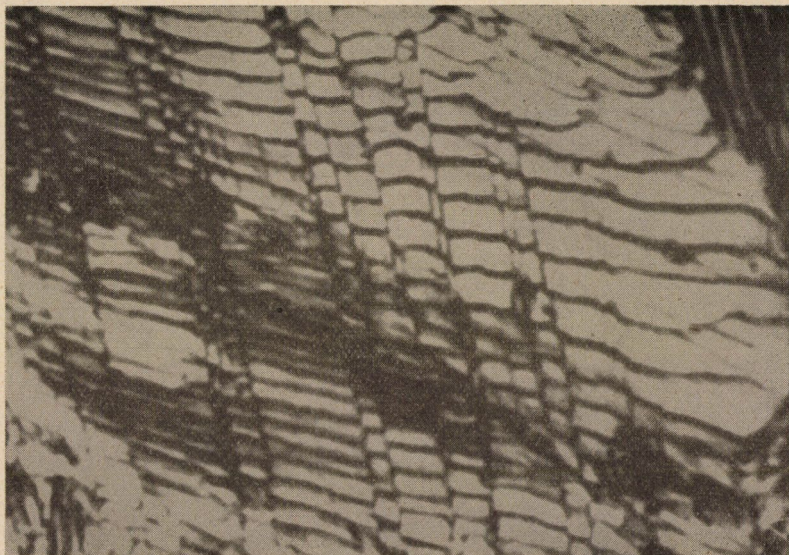
Nyilvánvaló, hogy egy perlitsomó ferrit-lamellái kristálytanilag azonos orientációjúak, úgy látszik, hogy ebben a csomóban a keletkező maximális csúsztatófeszültség iránya a ferrit-lamellák közös, legkedvezőbb translációs síkjának irányába esett, és ezt a translációt a ferrit-lamellák között húzódnó vékony cementitlemezke nem tudta megakadályozni. Ez a perlitsomó tehát lényegében úgy deformálódott, mint egy ferritkristály.



1. ábra. Nagyítás: 5500×; marószers: picral



2. ábra. Nagyítás: 4000×; marószers: picral



3. ábra. Nagyítás: 3200×; marószers: picral

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozat hidegen alakított, ötvöztelen eutektoidos acél perlitjében megfigyelt deformációkat ismerteti. A perlit lamellái legnagyobb részét összetöredeznek, kisebb rész meghajlik. Egy esetben azonban csúszás mutatkozott egy teljes perlitcsomóra kiterjedő mértékben. A három deformációt mikrofotográfiák ábrázolják.

A HÁLÓDÍSZES ÜVEGEK ÉS KÉSZÍTÉSÜK PROBLÉMÁJA

KNAPP OSZKÁR

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

[Beérkezett 1962. január 5-én]

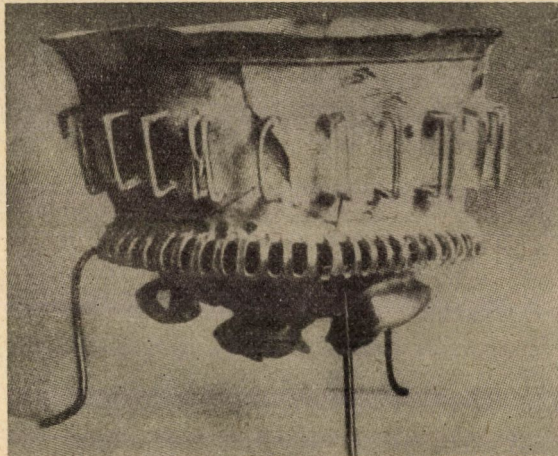
Nemzeti Múzeumunk régiségtára egy sajátos díszítésű és kivitelű üvegcsészét őriz. A csésze alsó részén három csiga és három hal helyettesíti a lábakat, középső részét pedig egy csipkeszerűen áttört gallérdíszítés veszi körül. Legfeltűnőbb azonban a csésze felső része, amelyen köröskörül görögbetűs felirat van a következő szöveggel: LEI ETO POIMENI PIE ZÉSAIS (Áldozz a pásztornak, igyál, élni fogsz). A betűk azonban nem az üveg falán vannak, hanem azok a felületről kiemelkednek, közöttük és a fal között 0,3 cm hézag van. A különleges díszüveget, amelyet 1. ábránk mutat, Szekszárdon találták egy szarkofágban. Habár a szarkofág fedelén erőszakos feltörés nyomai láthatók, ami sírrablásra enged következtetni, az értékes és ritka ókori lelet több bronzedény és használati üveg kíséretében sértetlenül megmaradt, és a hálódíszes üvegek egyik szép példánya. Ezeket az üvegeket, amelyeket vasa diatretának vagy calices diatretinnek is nevezik, az jellemzi, hogy kettősfalúak, a külső fal áttört, és a csipkeszerű díszítést pálcikák, csapok kötik a haranggal össze. Lábaik általában nincsenek, ezüst vagy arany állványtartón nyugodtak, amelyeket eggüdekének vagy engithékának neveztek.

Hasonló kivitelű üvegeket az európai ásatások során feltűnően kevés példány-zámban találtak. Az eddig ismeretes darabok száma 19, amelyek közül néhány ép és kevésbé sérült példányt a 2–4. ábra szemléltet.

Habár a hálódíszes üvegek eddigi lelőhelyei szétszórta Közép-Európában fekszenek, valamennyi példányra jellemző, hogy azok, mint azt az azonos lelőhelyen talált tárgyak, pénzek igazolják, az i. e. harmadik vagy negyedik századból származnak. Ma már nem lehet megállapítani, hogy hol készítették azokat, feltételezik azonban, hogy egy Rajna-vidéki hutából származnak, és azokat magasrangú katonák vagy hivatalnokok, akiket más provinciákba helyeztek át, vitték magukkal más helyekre.

Azt a feltevést azonban, hogy a hálódíszes üvegek egy hutában készültek, nem lehet elfogadni. Lehetetlen ugyanis, hogy egy hutában csak olyan kevés példányt készítettek volna, hogy abból évszázadok alatt csak tizenkilenc darab lett volna ismeretes [1]. Az sem valószínű, hogy egy rajnai hutából, amely az anyaországot és Rómát igen nagy mennyiségben látta el közöséges

és díszüveg árukkal, mindössze három példány jutott volna el Itáliába. Egyrészt ez a körülmény, másrészt az, hogy az összes hálódíszes üvegek háromféle díszítésnek, a kalitkának, gallérnak és a felirati betűknek a változata, feljogcsíthat bennünket arra a következtetésre, hogy a hálódíszes üvegek egyetlen egy zseniális és találemény művésznek a terméke, aki igen kevés, de igen értékes és jól megfizetett darabokat készített. Az a körülmény pedig, hogy hálódíszes üvegeket sem a harmadik vagy negyedik század előtti, sem az az utáni időkből az ásatások során nem találtak, arra mutat, hogy a hálódíszes



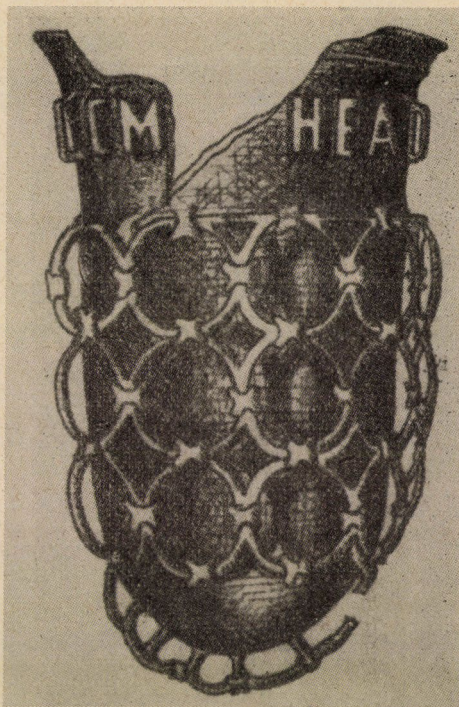
1. ábra. Hálódíszes üveg a Nemzeti Múzeumban

üvegek leleményes alkotója azoknak készítési titkát magával vitte a sírba. Titkát még azoknak a kortársainak sem árulta el, akik számára a csiszolandó nyersüvegeket készítették valamelyik hutában [2].

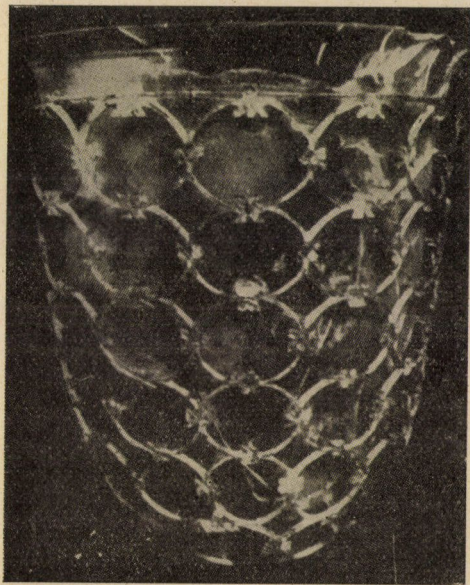
Mióta az első hálódíszes üveg kikerült ezelőtt 136 esztendővel sírja mélyéről, az archeológusok, iparművészek és az üvegesek sokat foglalkoztak azzal a problémával, hogy miként lehetne készítési titkukra rájönni. WINKELMANN, aki az ókori művészettörténet alapjait fektette le, már a tizennyolcadik század közepén úgy vélekedett, hogy a betűk és a kalitkák csiszolás eredményei, miként az a kiemelkedő üvegdíszek oldalfelületein világosan kivehető. Ezt a megállapítást alátámasztja az, hogy a római csiszoló mesterek, a diatretáriusok, a csiszolás művészetét igen magas fokra fejlesztették. A csiszolásra rézkorongot és olajos homokot használtak, a durva csiszolt felületeket pedig fakorongokkal és horzsakővel finomították. FRIEDRICH [3] a múlt század nyolcvanas éveiben úgy vélte, hogy a hálódíszes üvegek készítője 6—7 mm vastagfalú kehelyből vagy csészéből indult ki, amelybe 4—5 mm mélységű lyukakat fűrt, azokat szélesítette, majd a megmaradt kiemelkedéseket a kívánt helyeken 3 mm-es



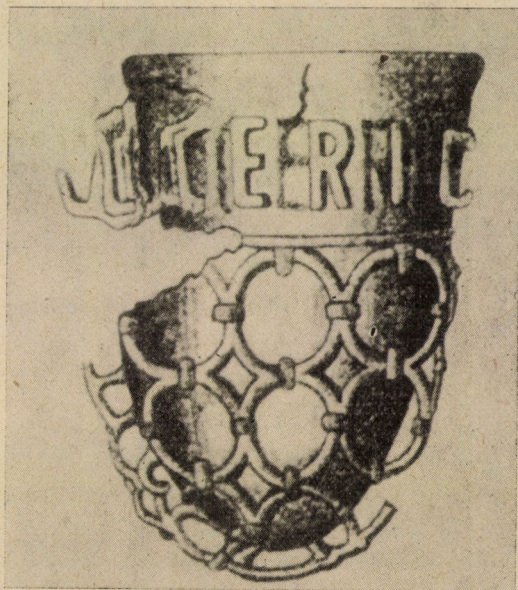
a)



b)



c)



d)

3. ábra. a) Trivulzio-kehely. Felirata: BIBE VIVAS MULTIS ANNIS. b) A strassburgi kehely. Felirata: AVE MAXIMIANE AUGUSTE. c) Niederemmelni hálódíszes üveg. d) Daruvári hálódíszes üveg. Felirattörödéke: FAVENTIBUS



a)



b)

4. ábra. a) Kis kölni hálódíszes üveg. Felirata: PIE ZESAIS KALO. b) kis kölni hálódíszes üveg. Felirata: BIBE MULTIS ANNIS

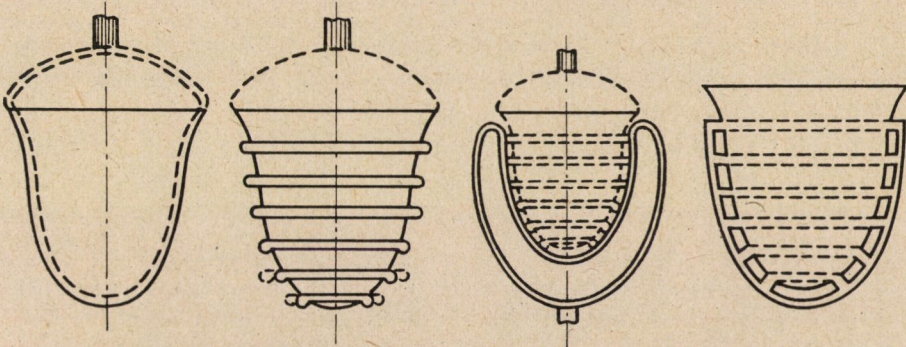


5. ábra. Hálódíszes üveg készítési menete tömör tömbcsiszolási eljárással

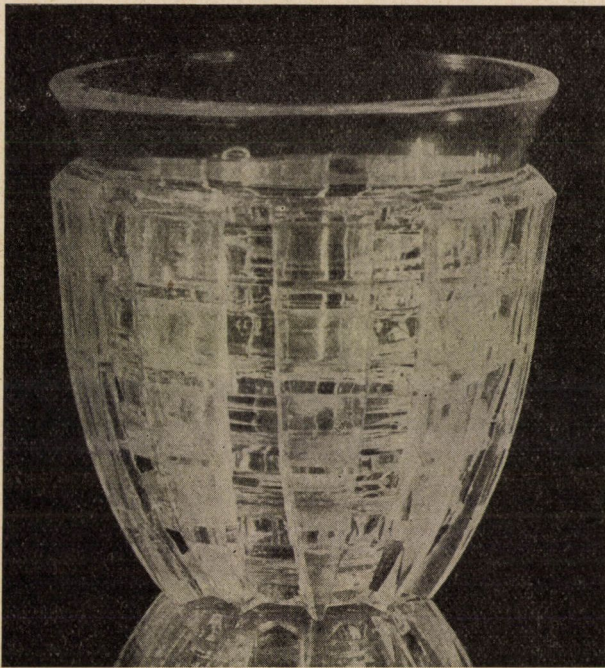
szélességben átciszolta, átlyukasztotta (5. ábra). Ilyen módon Zwieselben egy üveghutában készített is néhány példányt, amelyeket az 1884-iki nürnbergi kiállításon be is mutatott, amelyekből azonban egy sem maradt ránk, sőt még fénykép sem készült azokról.

A hálódíszes üvegek készítési módjára új elméletet állított fel VON EIFF, a stuttgarti műipariskola üvegciszoló és kőfaragó osztályának vezetője. Elgondolása alapján több példányt készített, amelyek egyike az Iparművészeti Múzeumunk jelenlegi üvegművészeti kiállításán megismerhető (6. ábra). EIFF szerint az ókori mester egy hutában az üvegolvadékból harangot fúvatott ki, s arra újra felhevítve üvegpálcából körkörös gyűrűket, harántcsíkokat

hegesztetett. A harántcsíkok közül az alsókat, vagy azt, amelyből a gallér készült, lehajtotta ferdére. Egy másik üvegfúvópipára új üveget vetetett fel, abból olyan gömböt fúvatott, amelynek átmérője nagyobb volt, mint a leg-



6a. ábra. Hálódíszes üveg készítési menete átfogásos eljárással



6b. ábra. Hálódíszes üveg utánzása

felső harántcsíké, azt felmelegítve visszaszívatta és ily módon kettősfalú csésze keletkezett. Ebbe a csészébe benyomatta az újra felizzított csészét, amikor is az a kettősfalú csésze belső falával összehegedt. A csíkok között légüreg keletkezett. Lehűlés után a kettős csésze külső falát leütötte, és sap-

káját leütve, szélét beégetve megkapta a nyersüveget, ami további megmunkálásra került. A külső fal és a harántcsíkok felesleges részének lecsiszolása már csak gondos, fáradságos és sok időt igénylő csiszolási munka volt, de annak eredménye a betűk, a gallér vagy a kalitka lett. A készítés menetét a 6. ábra mutatja be.

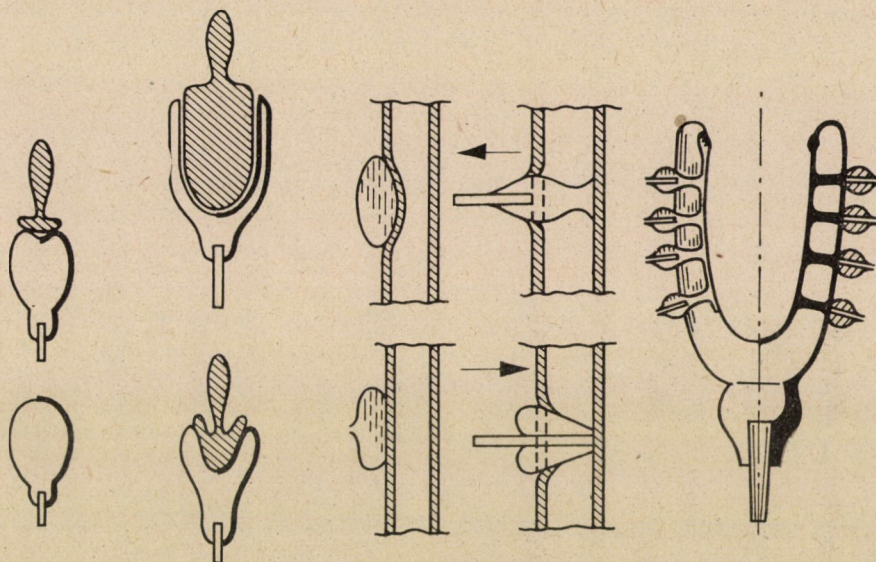
Mindkét elgondolástól eltérő lehetőséget WIEDMANN [4] ismertetett. A hálódíszes üveg elődjének a tüskésüvegeket tartja. Ez az üveg egy vékonyfalú öblösüveg, amelynek még meleg felületére izzó üvegcséppet helyeztek, azt kihúzták. Így az üveg felületéből tüskékre emlékeztető díszek keletkeztek. Ez az üvegdíszítési mód már a harmadik század előtt is ismeretes volt. WIEDMANN elgondolása szerint egy hálódíszes üveg a következőképp készült: Az üvegfúvó először öblös golyót fújt ki, és annak a pipával szemben levő részét megfelelő faszerszámokkal fokozatosan benyomta. Ezután a két falat összetartó üvegcsapocskákat oly módon készítette, hogy a kívánt helyekre a külső burokra izzó cseppeket helyezett, mint a tüskésüveg készítésénél, azok környezetüket meglágyították és besüllyedtek az üveg falába. Majd az üvegfúvó egy vékony üvegpálcát nyomott az izzó cseppbe, amíg az a belső falat megérintette és azzal összehegedt. Az üvegpálcát ezután visszahúzta és kiálló részét letörte. Amikor a leírt módon minden csap elkészült, jól hűtve került a csiszoló kezeihez, aki a cseppek kiálló részét lecsiszolta és a külső burok felesleges részeit eltávolította. A művelet egyes fázisait a 7. ábra szemlélteti. WIEDMANN a leírt módon készített is több hálódíszes üveget, a háló finomsága, a csapok száma azonban nem érte el az ókori üvegeket.

Egy a múlt évben talált hálódíszes üveg külső köpenye három színű. Ennek az üvegnek a készítési módja mindhárom elgondolás szerint egyaránt komplikációkat okoz. DOPPELFELD [5] a vastagfalú üveg készítését a következőképp magyarázza: Félgömb alakú zöld üveget készítettek, abba megfelelő mennyiségben izzó fehér üveget nyomtak és azt kifújták. Ezután a golyó közepét sárga, felette levő részét vörös színű üveggel fogták körül, és újra felhevítve fújták ki a végső darabot. A csapos és átfogós módszernél a visszaszívandó színtelen üveget kellett hasonló módon zöld, sárga és vörös üvegsíkkal színezni.

A hálódíszes üvegek készítési módjára eddig tehát három feltevést dolgoztak ki, a tömbből csiszolást, a csapos és az átfogós eljárást. Mindhárom eljárással sikerült hálódíszes üvegeket készíteni féligkész vagy kész állapotban. Ezek szerint nehéz eldönteni, hogy a késő római kor csiszolója, a diatretárius, az üvegfúvó, a vitrarius munkáját miként finomította, nemesítette a ritka, értékes díszüvegekké. Bizonyos szempontok figyelembevételével azonban közelebb juthatunk a valószínűséghez.

Az első szempont, ami döntő befolyású, az, hogy akármilyen módon készítette is mestere a hálódíszes üvegeket, azt olyan körülmények között kellett elvégeznie, hogy eljárása titokban maradjon és kortársai, szaktársai

ezt a titkot ne leshessék el. Olyan eljárást alkalmazhatott csak, amely addig ismeretlen volt, és amelyre szaktársai nem gondolhattak és nem jöhettek rá. Ebből a szempontból a tömbcsiszolós eljárás nem jöhet szóba. A korabeli csiszolók művészetüket igen magas szintre emelték már. A gliptika, a gemmasciszolás már régóta ismeretes volt. Hiszen az indusok és babiloniak már több mint 4000 évvel ezelőtt művészi gemmákat készítettek drágakövekből, és ezt a technikát a rómaiak üvegre is alkalmazták. A korabeli üvegesek már az



7. ábra. Hálódíszes üveg készítési menete tűskés eljárással

átfogási eljárást is ismerték. Bizonyoság erre a portland váza, amelyet Septimus Severus római császár (i. u. 222—235) sírjában találtak római ásatások alkalmával. A váza kék színű üvegből készült, amelyet opálüveggel fogtak át. Az opálüveget részben lecsiszolták, részben teljesen eltávolították. A csiszolásra forgó rézkerekeket és olajos homokot használtak. Az ábrák és a dombormű tökéletessége kiváló művészeti munka eredménye. Az a gondolat azonban, hogy vastagfalú csészéből vagy kehelyből, akár színtelen vagy átfogottan színes az, csiszolással, fúrással és átlukasztással díszüveg készüljön, nem lehetett újszerű, és minden szakembernek eszébe juthatott volna, vagy azt reprodukálni tudta volna.

A tömbös csiszolású hálódíszes üveg készítése egyéb akadályokba is ütközött volna. Vastag, 7—8 mm-es falvastagságú üvegek hűtése, az azokban uralkodó feszültségek eltávolítása, a korabeli kezdetleges ismeretek és berendezések birtokában nehezen képzelhető el. Hiszen a nyersüveget utólag kellett

csiszolni, annak üveganyagát több mint felényi mennyiségben eltávolítani, zsinegvastagságú csapokat és hálózalokat meghagyni, a csapokat átlyukasztani. És micsoda rendkívüli ügyességet kell a csiszolónak tulajdonítani, hogy 6—7 mm-es falat lyukasztással, csiszolással 2 mm falvastagságúra úgy vékonyítsa meg, hogy a belső harang falvastagsága egyenletes legyen. Sok darabbal kellett volna az ókori mesternek próbálkoznia, amíg egy darab sikeresen került volna ki kezei közül, sok, majdnem kész selejtes darab árán. De ha mindezen nehézségekkel meg is küzdött volna a diatretárius, munkáját nem tudta volna titokban tartani, és a hálódíszes üvegek közül legalább néhány a negyedik század utáni időkből is előkerült volna az ásatások közben.

Ugyancsak nehezen fogadható el az az elgondolás, hogy a hálódíszes üvegek a tüskés üvegek technikájának továbbfejlesztése útján készültek volna. Az a körülmény, hogy WIEDMANN-nak sikerült több példányt készíteni ezen a módon, nem lehet bizonyíték arra, hogy az ókori üveges és csiszoló is sikeresen használhatta volna ezt az eljárást. Ma, korszerű hutában, korszerű hűtőkkel és fejlett technikájú üvegekkel elkészíthető csapos eljárással egy hálódíszes üveg. Gondoljunk azonban arra, hogy milyen volt az ókori huta, kisméretű négyrészes üvegolvasztó kemencéjével. Az előreugró tüzelőtér mellett a frittolvasztó-fazék volt, amelyben a keveréket megömlesztették, de tisztára olvasztani nem tudták, felette az olvasztófazék, amelyben a fritt újra olvasztásra került, legfelül pedig egy kis tér a kész üvegek hűtése részére. Ilyen kezdetleges körülmények között dolgozva az üveges alig végezhetette el annak a 80—120 csapnak az elkészítését, amennyi egy hálódíszes üvegen általában található. Újabban DOPPELFELD [5] is több érvvel alátámasztva cáfolja a tömbös csiszolási eljárást és Wiedmann elgondolását helytelennek találja.

Elfogadható azonban az a feltevés, hogy az üveges, aki az átfogott üveg készítésében járatos volt, arra az eredeti gondolatra jutott, hogy olyan átfogott üveget készít, amelynek két rétege között gyűrűk helyezkednek el, és biztosítanak légréseket. Ilyen üvegeket a leleményes csiszoló el tudott készíteni egy hutában anélkül, hogy annak célját elárulta volna. Az érdeklődőknek nyugodtan mondhatta, hogy a légréssel bíró kettős falú csészét vagy kelyhet forró italok részére használja, hogy annak külső falát meg lehessen fogni. A mester azután biztonságban tudott visszavonulni csiszolásra berendezett műhelyébe, ahol avatatlanok megfigyelését elkerülve eltávolította a külső burok és a gyűrűk felesleges részét. Ilyen módon titkát meg tudta őrizni.

A hálódíszes üveg készítésének problémájáról végső következtetést ma még nem lehet levonni, hiszen a Föld méhe még több példányt rejtegethet, amelyek a probléma megoldásához újabb adatokat szolgáltathatnak és biztosabb következtetésekre adhatnak alkalmat. Jelenleg azonban az EIFF-féle elgondolás a legvalószínűbb, mert annak alapján készítője olyan eljárást valószínűsíthetett meg, amely eredeti volt, aminek titkát megőrizhette, és amellyel vetélytárs nélkül készíthette el csipkésfinomságú hálódíszes üvegét.

A hálódíszes üvegek készítésének titka, az eddig napvilágra került muzeális értékű üvegek páratlan finomsága és szépsége méltán keltette fel a régészek, iparművészek és üvegtechnikusok érdeklődését, és ez az érdeklődés nem fog mindaddig megszűnni, amíg az ismeretlen ókori művészet eme kiváló készítményeinek elkészítési módjáról biztos adataink nem lesznek.

IRODALOM

1. DOPPELFELD, O.: *Germania*, (1960), 3–4. szám.
2. KNAPP, O.: *Természettudományi Közlöny*, 1931. november 1.; *Keramische Rundschau* 1932, 9. szám; *Silikatechnik*, (1954), 9. szám.
3. FRIEDRICH, C.: *SprechsaaI*. 1881, 4. szám.
4. WIEDMANN, K.: *Glastechnische Berichte*, 1954, 2. szám.
5. DOPPELFELD, O.: *Glastechnische Berichte*, 1961, 12. szám.

ÖSSZEFOGLALÁS

A közlemény ismerteti a budapesti Nemzeti Múzeumban őrzött hálódíszes üveget, tárgyalja annak időbeli származását. Ismerteti azt a három készítési eljárást, amelyeket ez ideig ismertettek. Mérlegeli a készítés korának üvegtészési fejlettségét, és azok alapján azt tartja valószínűnek, hogy a diatréták készítője kettősfalú kelyhet készítettett, amelyben a két falat vékony csíkok fogták össze, majd a külső falról minden felesleges részt lecsiszolt. Ezzel az eljárással biztosíthatta a titoktartást, mert a nyersüveget egy hutában el tudta készíttetni, anélkül, hogy annak rendeltetését tudhatták volna, a csiszolást pedig egymaga végezhette olyan helyen, ahol avatatlanok nem fürkészthették ki titkát. Ez a felfogás sem tartható azonban véglegesnek, mert a diatréták titkát csak abban az esetben lehet biztosan megismerni, ha a szerencsés véletlen a régészeket egy félkész példányhoz juttatja.

A MÁSODPERCLIBELLÁKKAL VALÓ MÉRÉSRŐL*

TÁRCZY-HORNOCH ANTAL
AKADÉMIKUS

[Beérkezett 1962. február 1.]

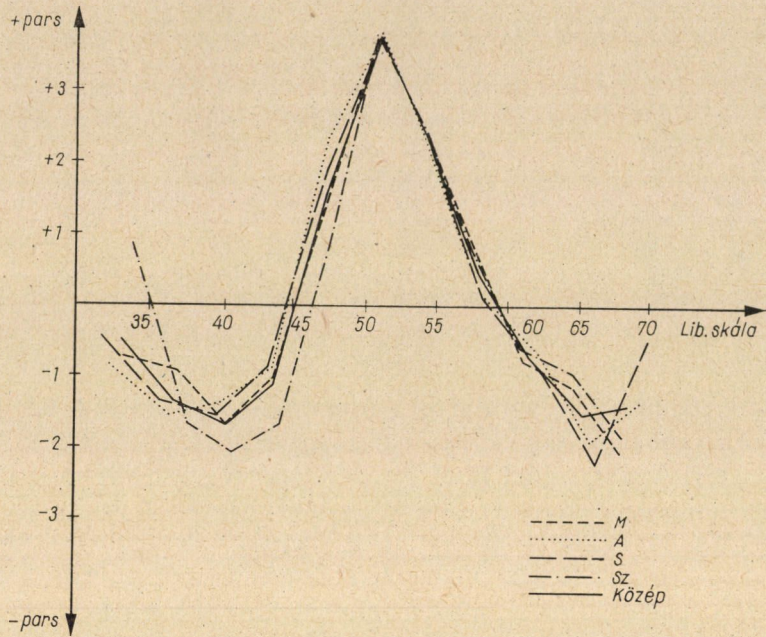
Pontos földrajzi hosszúság- és szélességmeghatározáshoz még mindig kiterjedten alkalmazzák a nagy érzékenyséű libellákat, részben mint tengely-, részben mint HORREBOW-libellákat. További használatuk annál helyénvalóbb, mennél pontosabban tudunk ezekkel a libellákkal kis szögeket meghatározni.

A 26 másodperclibellával végzett, 8 évig tartó és a libellák különböző tulajdonságaira kiterjedő vizsgálataink folyamán megvizsgáltuk ezért azt a kérdést is, vajon elegendő-e másodperclibellák számára egy átlagos parsértéket meghatározni és a buborék helyzetéhez tartozó szöget ezzel az átlagos értékkel számítani. Ezekhez a vizsgálatokhoz pontosan hitelesített libellamérleget alkalmaztunk oly módon, hogy a tényleges hajlásszögeket vagy helyesebben a libellamérleg mérőkarjának helyzetváltozásait ennek mérőcsavarjával határoztuk meg és ezeket a buborék helyzetekből az átlagos parsértékekkel számítottakkal összehasonlítottuk. Ezek az eltérések a buborékközép különböző helyzeteire megadják a skálán az átlagos parsértékkel való számításnál elkövetett hiba nagyságát és előjelét. Vizsgálatainknál célszerű volt ezeket az eltéréseket nem másodpercekben, hanem a libella skálaegységeiben megadni. Minthogy a vizsgált libelláknál egy skálaegységnek közelítőleg egy régi szögmásodperc felel meg, a skálaegységben megadott eltérések közelítőleg másodperceket jelentenek.

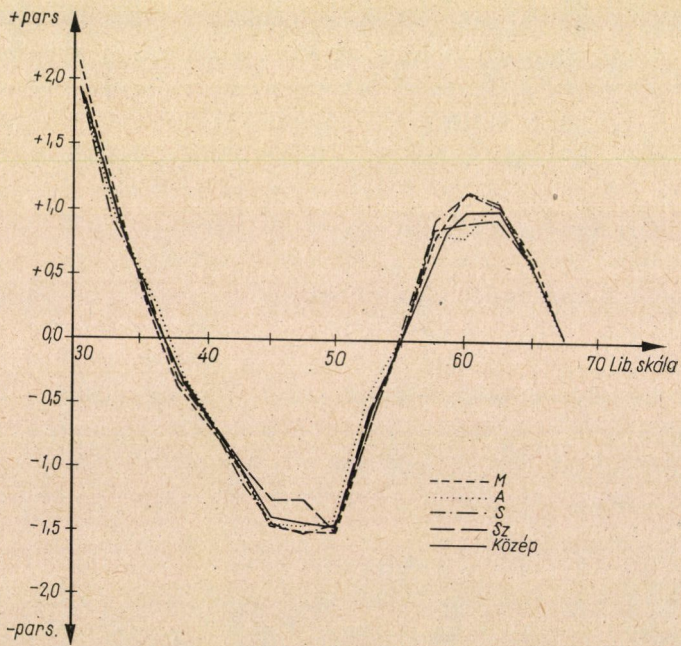
A megvizsgált 26 másodperclibella viselkedése a parsérték vonatkozásában nagyon különböző volt. A következőkben az 1959. év tavaszán végzett libellavizsgálatok eredményeit közöljük. Volt egy libella, a 99-es tengelylibella, amelynél az átlagos parsértékkel és 40 parsegységnyi buborék hosszal való számításnál 3 parsegység fölötti: azaz 3 másodpercnél nagyobb eltérések adódtak (1. ábra**). Ezek az eltérések hasonló buborék hosszaknál a legtöbb libellánál az 1,5 parsegységet elérték (pl. 2. ábra) és csak a legjobb libellánál, a 04-es tengelylibellánál maradtak egy fél parsegységen belül (3. ábra). Megjegyezzük, hogy négy különböző megfigyelő végezte el valamennyi mérést,

* Németül megjelent a „Vermessungstechnik” 1961. évi 12. számában.

** A nagy eltérések miatt a parsegységet itt kisebbre kellett vennünk, mint a két következő ábránál.



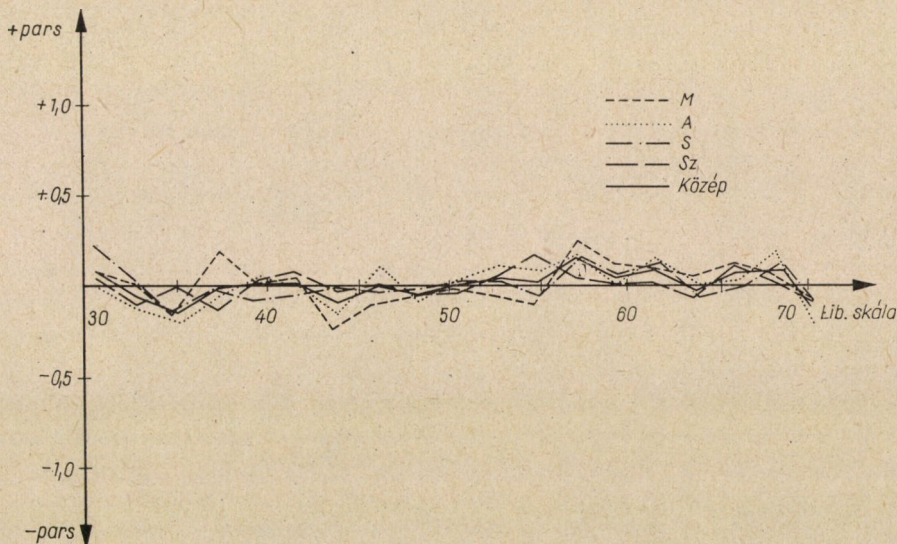
1. ábra



2. ábra

ezeket külön-külön számítottuk és az ábrákon különböző vonalakkal ábrázoltuk; ezek eredményeinek jó egyezése bizonyíték a kapott adatok realitására. Ezek alapján beláthatjuk, hogy *átlagos parsértékkel a hajlásszög a megkívánt pontossággal rendszerint nem határozható meg* és többnyire pontosabb módszerekre van szükség.

Milyen pontosabb módszerek ismertek? 1957-ben Wyss tett közzé olyan módszert [1], amely — bár más szempontból kiindulva — gyakorlatilag



3. ábra

a részünkről 1959-ben megadottal [2] jól megegyezik. Minthogy a mi levezetésünk elemi és könnyen követhető, ez utóbbi módszer lényegét itt röviden ismertetjük. Adott buborékhozzal mellett (amely kamarás libellánál beállítható) a libellamérleg mérőcsavarját meghatározott kis értékekkel elforgatjuk és meghatározzuk ezekhez a buborékközéppont helyzeteit. Így az egyes buborékközéppontokhoz számszerű szögértékeket kapunk. Ha ezeket az értékeket grafikusán ábrázoljuk, megkapjuk a vizsgált libellának a választott buborékhozzalra vonatkozó jelleggörbét. Erről a buborékközéppont minden helyzetének megfelelő hajlásszöget levezetjük — adott esetben interpolációval.

Ha a jelleggörbe felvétele során a mérőkar hajlásszögének a mérőcsavarral való mérsékelt változtatásánál a buborékközéppont ugrásszerűen változtatja a helyzetét és így ott a jelleggörbén nagyon meredek rész mutatkozik, akkor ez arra mutat, hogy vagy a libellatest görbületén van törés, vagy más esiszolási hiba van, vagy a libella belső falán lerakódott kiválás okozza ezt. Függetlenül attól, hogy ezt az ugrásszerű változást mi okozta: az ilyen libella pontos mérésekhez nem alkalmazható.

Ha a libella ugrásszerű változásokat nem mutat, akkor a fent említett jelleggörbével pontosabb mérésekhez még gyakran akkor is használható, ha a libella görbületi sugarában észrevehető változások vannak.

Egy libellához elvileg elegendő egy ilyen jelleggörbe, mert hiszen a másodperclibellák többnyire kamarás libellák és így a buborék-hossz a hitelesítésnél alapul vett értéknek megfelelően beállítható. Mindazonáltal két okból is szükséges, hogy egy libellához több jelleggörbét vegyünk fel:

Elsősorban azért, mert a libella átlagos parsértéke az idővel változhatik. Vizsgáltunk már olyan másodperclibellákat is, amelyek átlagos parsértékeiket az eredeti értékük 50%-áig megváltoztatták. Szerencsére ezek a változások gyakran arányosak a libella mérési tartománya mentén, amikor csak a másodpercskála osztásközét kell megváltoztatni és maga az előzőleg meghatározott jelleggörbe gyakran maradhat.

Másodszorban azért, mert a kamarás libella ellenére is kénytelenek vagyunk különböző buborék-hosszakkal dolgozni. A buborék ugyanis a mérés során is változtathatja a hosszát, még hozzá elég gyorsan. Nem tanácsos azonban, hogy a mérés alatt a műszerről a libellát levegyük, hogy a buborék-hosszat korrigáljuk és aztán a libellát visszahelyezzük. Ha azonban különböző buborék-hosszakkal dolgozunk, úgy ennél a módszernél minden buborék-hosszhoz külön jelleggörbe szükséges. A libellamérleggel tehát célszerűen a választott buborék-hossznál 1, 2, 3 parsegységgel nagyobb buborék-hosszakhoz is meghatározzuk a jelleggörbéket.

A mérésnél mutatkozó tényleges buborék-hossz rendszerint két meghatározott jelleggörbéjű buborék-hossz közé esik. Következésképp itt is interpolálnunk kell.

A kettős interpoláció (a tényleges buborékközéppontnak a vizsgált buborékközéppont helyzetétől való eltérése, továbbá a tényleges buborék-hossznak a vizsgált buborék-hossztól való elérése miatt) a tárgyalt eljárást körülményessé teszi és kérdés, vajon a gyors elektronikus számológépek korában nem található-e jobb módszer is.

*

Már WYSS megkísérelte ([1]; 160—161. o.), hogy az interpoláció nehézségeit kiküszöbölje az úgynevezett természetes szummavonalának bevezetésével, illetve szerkesztésével, amely szerinte egy buborékvég szummavonalát, vagy a nulla buborék-hossznak megfelelő szummavonalat jelenti és így a libella csiszolási görbéjét is megadja. Ezt a vizsgálatot nagyon kis buborékkal — mint ismeretes — azért nem végezhetjük el, mert ennek adhéziója nagyon nagy. WYSS ehhez a meghatározáshoz iterációs eljárást alkalmaz, amely szerint a bal buborékvégekből az egyes buborék-hosszakhoz tartozó szummavonalak (a mi jelleggörbéink) segítségével a jobb buborékvég különböző helyzeteit számítja. Az ugyanazon osztásvonáshoz tartozó jobbra fekvő értékeket

közepelni kell és a jobbra fekvő középértékek e sorozatából a szummavonalakkal ismét értékeket számítunk a bal buborékvégekre. Az ugyanazon osztásvonásokhoz tartozó értékeket baloldalt is közepeljük és ehhez a közepelt bal sorozathoz a szummavonalakkal jobb jobbrafekvő értékeket számítunk, amelyeket ismét közepelünk és így tovább.

Van azonban közvetlen eljárás is.

Rendeljünk minden egyes skálavonáshoz egy meghatározandó szögértéket úgy, hogy mindkét buborékvéghez tartozó ezen szögértékek számtani közepe azt a hajlásszöget adja, amely a libella buborékközepének megfelel. A számítandó értékek fizikai értelmezésére, mint esetünkben nem lényeges körülményre, itt egyáltalában nem tekintünk és csak egy függvénykapcsolatot tételezünk fel.

A keresett értékek gyakorlati meghatározására a következőképpen járhatunk el. Válasszunk először egy 30 parsegységnyi buborékhozzát és határozzuk meg a libellamérleggel az 1 és 31 osztásvonásoknál levő buborékvégekhez a buborékközépnek megfelelő S_{1-31} hajlásszöget. Ha az 1 és 31 osztásvonásokhoz tartozó kiszámítandó értékeket b_1 és b_{31} -el jelöljük, akkor a közvetítő mérések kiegyenlítési módszerének értelmében fennáll a következő összefüggés:

$$\frac{1}{2} b_1 + \frac{1}{2} b_{31} = S_{1-31} + v_{1-31}. \quad (1)$$

v_{1-31} az a javítás, amelyet a legkisebb négyzetek módszere szerint az S_{1-31} mért értéknek kell adnunk.

Szigorúan véve a b_1 és b_{31} beállított értékeket, illetve leolvasásokat még nagyobb hibák terhelik, ezért, ha ezek javításait v -val jelöljük, szigorúbban az

$$\frac{1}{2} (b_1 + v_1) + \frac{1}{2} (b_{31} + v_{31}) = S_{1-31} + v_{1-31}$$

egyenlőséget kell felírnunk. Ebből:

$$\frac{1}{2} b_1 + \frac{1}{2} b_{31} = S_{1-31} + v_{1-31} - \frac{1}{2} v_1 - \frac{1}{2} v_{31}.$$

A három utolsó tag összevonható egy fiktív javítássá, amelynek súlya a további egyenletekben is egyenlő nagynak vehető fel. A v_{1-31} stb. javítások a következőkben ilyen fiktív javításokat jelentsenek.

Hasonlóak lesznek a következő egyenletek a 2 és 32, illetve 3 és 33 stb. skálavonásoknál levő buborékvégek esetében:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} b_2 + \frac{1}{2} b_{32} &= S_{2-32} + v_{2-32} \\ \frac{1}{2} b_3 + \frac{1}{2} b_{33} &= S_{3-33} + v_{3-33} \\ &\vdots \end{aligned} \quad (2)$$

A 35 parsegységnyi buborékhoz az alábbi közvetítő egyenleteket kapjuk:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} b_1 + \frac{1}{2} b_{36} &= S_{1-36} + v_{1-36} \\ \frac{1}{2} b_2 + \frac{1}{2} b_{37} &= S_{2-37} + v_{2-37} \\ \frac{1}{2} b_3 + \frac{1}{2} b_{38} &= S_{3-38} + v_{3-38} \\ &\vdots \end{aligned} \quad (3)$$

Értelemszerűen hasonló módon állítjuk fel az egyenleteket a 40, 45 stb. parsegységnyi buborékhoz. Gyakorlatilag az első és utolsó tíz vagy még több osztásvonást, mint a méréseknél többnyire nem használt részt elhagyhatjuk.

Figyelembe kell vennünk azonban azt is, hogy a buborékvégek rendszerint nem esnek pontosan az osztásvonásokkal egybe. Legyen pl. a bal buborékvég az 1 és 2 osztásvonások között az osztásköz p_{1-2} tized részénél, a jobb buborékvég 31 és 32 között az osztásköz p_{31-32} tized részénél, akkor a szigorúbb közvetítő egyenlet:

$$\frac{1}{2} b_1 + p_{1-2} \frac{b_2 - b_1}{2 \cdot 10} + \frac{1}{2} b_{31} + p_{31-32} \frac{b_{32} - b_{31}}{2 \cdot 10} = S_{1-31} + v_{1-31} \quad (4)$$

lenne, amiből rendezve:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \left(1 - \frac{p_{1-2}}{10} \right) b_1 + \frac{p_{1-2}}{20} b_2 + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{p_{31-32}}{10} \right) b_{31} + \\ + \frac{p_{31-32}}{20} b_{32} = S_{1-31} + v_{1-31} \end{aligned} \quad (4a)$$

lesz stb. Az egyes közvetítő egyenletekben az előbbi 2—2 ismeretlen helyett most 4 ismeretlen jelenik meg és ez a megoldást mindenestre kényelmetlenebbé teszi. A v értékek itt szintén a buborékvég-leolvasási hibákra is vonatkozó fiktív javításoknak tekintendők, amelyek itt ugyancsak egyenlő súlyúaknak vehetők fel.

Könnyen visszavezethető azonban a számítás még az egész osztásvonásokkal össze nem eső buborékvégeknél is — egy kis, ha nem is egészen szigorú átszámítás segítségével — az 1—3 egyenletek alakjára. Például a következő megfigyelt értékeket kaptuk:

24,0 mérőcsavarállásnál oda-méréskor skála-leolv. balra 10,8, jobbra 40,7
 24,0 mérőcsavarállásnál vissza-méréskor skála-leolv. balra 11,1, jobbra 40,5
 24,2 mérőcsavarállásnál oda-méréskor skála-leolv. balra 11,5, jobbra 41,3
 24,2 mérőcsavarállásnál vissza-méréskor skála-leolv. balra 12,0, jobbra 41,4

Előnyös, ha az ugyanarra a mérőcsavarhelyzetre vonatkozó oda- és visszaméréseket megközepeljük. Így:

24,0 mérőcsavarállásnál balra: 10,95; jobbra 40,6; középérték 25,77
 24,2 mérőcsavarállásnál balra: 11,75; jobbra 41,35; középérték 26,55

Tehát 25,77 skálaértéknél a buborékközépnek 24,0 mérőcsavarleolvasás fele meg 29,65 parsegységnyi buborékhozz esetén. A buborékhozz kis változásainál, így 30-as buborékhozzra is változatlanak vehetjük fel mindkét értéket. A fentiek azért érvényesek csak kis buborékhozzváltozásokra, mert ennél feltételezzük, hogy a megváltozott buborékhozzaknál a buborékközép változatlan marad, azaz a változás a buborék mindkét végén szimmetrikusan történik.

Mostmár, hogy egész skálavonásokra mehessünk át, számítanunk kell a 26-os buborékközépnek megfelelő mérőcsavarállást. Ehhez a következő arányosságot alkalmazhatjuk:

$$(24,2-24) : (26,55-25,77) = x : (26-25,77) ,$$

amelyből $x = 0,059$ és így a 26-os (skálavonáshoz tartozó) buborékközépnek megfelelő mérőcsavarhelyzet $24,0 + x = 24,059$ lesz. Az ehhez tartozó buborékvég-helyzetek akkor $26-15$ és $26 + 15$. A mérőcsavarértékeket még a mérőcsavar osztásegységéhez tartozó szögértékkel, a mi esetünkben $4,95''$ -cel meg kell szoroznunk, hogy az S_{11-41} -et másodpercekben kapjuk. A most már két ismeretlenes közvetítő egyenlet a következő lesz:

$$\frac{1}{2} b_{11} + \frac{1}{2} b_{41} = 119,092'' + v_{11-41} .$$

Gyakran célszerűbb azonban a számítást mérőcsavaregységekben elvégezni és csak a végén másodpercekre áttérni. Így olyan táblázatot készíthetünk, amelyben az egyes osztásvonásokhoz tartozó szögértékek és ezeknek az interpolációhoz szükséges különbségei vannak. Minthogy az (1—4) egyenletek szerint a fél b -értékeket kell összeadnunk, előnyös lesz, ha a táblázatot mindjárt a fél b -értékekre és ezek különbségeire állítjuk össze (III. táblázat).

Meg kell még jegyeznünk, hogy különböző buborék hosszaknál a libella középső skálavonására némileg különböző mérőcsavarértékeket kapunk. Ennek különböző okai lehetnek, mint pl. a libellatest egyenlőtlen görbületei a különböző buborék hosszaknál, a libella levétele és visszahelyezése a buborék-hossz megváltoztatására stb.

Hogy mindezeket az értékeket az együttes kiegyenlítésbe bevihessük, még közös mérőcsavarértékekre kell transzformálnunk. Ez különbözőképpen történhetik, pl. úgy, hogy a *középső skálavonásra*, a mi esetünkben 50-re a különböző buborék hosszakkal számított mérőcsavarértékek számtani közepét vesszük és az egyes mérési sorozatokat erre a középértékre átszámítjuk. A mi később bemutatandó példánkban pl. az 50-es skálaközépnek 30-as buborék-hossznál 29,523, 35-ös buborék-hossznál 28,973₅, 40-es buborék-hossznál 28,350, 45-ös buborék-hossznál 27,871₅ és 50-es buborék-hossznál 27,396₅ érték felelt meg, ahol az egyes buborék hosszaknak megfelelő 50-hez tartozó mérőcsavar-értékek többnyire már szintén több mérési sorozatból származó középértékek. Az 50-re vonatkozó 5 értékből számtani középértékként 28,423-at kaptunk. A 30-as buborék-hossznak megfelelő mérőcsavarértéksorozatot most már úgy transzformáljuk, hogy ennek értékeiből 29,523—28,423 = 1,100-t levonunk. A 35-ös buborék-hossznál az erre vonatkozó mérőcsavarsorozatból a 28,973₅—28,423 = 0,550₅ értéket kell levonnunk és így tovább.

A mérőcsavarsorozatokat azonban egyenlő alapra hozhatjuk úgy is, hogy a mérőcsavaron a skálaközéphez mindig nullaérték tartozzék, tehát a 30-as buborék-hosszhoz tartozó mérési sorozatban minden mérőcsavar-értékből 29,523-t vonunk le stb. Ekkor kisebb értékekkel számolunk, ezzel szemben ezek részben pozitívak, részben negatívak.

Még pontosabban úgy kellene eljárunk, hogy a további mérési sorozatok x , y , z , w . . . eltolódási értékeit mint további ismeretleneket a kiegyenlítésbe bevisszük. A még szigorúbb egyenletek tehát pl. a 35 parsegységnyi buborék-hosszakra a (4) egyenletek alapján az alábbiak lennének:

$$\frac{1}{2} \left(1 - \frac{P_{1-2}}{10} \right) b_1 + \frac{P_{1-2}}{20} b_2 + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{P_{36-37}}{10} \right) b_{36} +$$

$$+ \frac{P_{36-37}}{20} b_{37} = x + S_{1-36} + v_{1-36} \quad (5)$$

stb. Ebben most S_{1-36} stb. a mérésekből kapott — és nem az átszámított — mérőcsavarhelyzeteket jelentik.

A fenti módszer azonban még több, a buborékhozzak számától függő ismeretlennel növeli az ismeretlenek amúgy sem kis számát. Ehelyett úgy járhatunk el, hogy minden buborékhozzánál képezzük az egyes buborék helyzetekhez tartozó mérőcsavarállások $S_{30}^{(k)}$, $S_{35}^{(k)}$, $S_{40}^{(k)}$ középértékeit. Ebből az n középértékből képezzük a $[S^{(k)}]/n$ valamennyi buborékhozzra vonatkozó középértéket és a

$$\frac{[S^{(k)}]}{n} - S_{30}^{(k)} \quad \frac{[S^{(k)}]}{n} - S_{35}^{(k)} \quad \text{stb.}$$

különbségekkel megjavítjuk az ezekhez tartozó buborékhozzak mérőcsavarhelyzeteit. Emellett azonban ügyelnünk kell arra is, hogy az egyes $S^{(k)}$ értékek képzéséhez mindig az ugyanazon buborékközéppontokhoz tartozó S -értékeket vonjunk be, s így egyenlő számú értékeket tartalmazzanak.

Az így kapott közvetítő egyenletekkel most a kiegyenlítés ismert módon elvégezhető.

*

A buborékhozzaktól való függetlenség elérésére WYSS és mi más megfontolásokból indultunk ki. Minthogy azonban a WYSS-féle összefüggés ([1]; 160. o. 8. egyenlet] matematikailag megfelel a miénknek, alapvetőleg mindkét eljárásnak ugyanazon (nálunk b -vel jelölt) számszerű értékekhez kell vezetni. Emellett a WYSS-féle iterációs eljárás kevés iterációnál gyorsabb, mint a szigorú kiegyenlítés, ezért először azt kell megvizsgálunk, hogy hány iteráció szükséges a megfelelő pontosság elérésére. Ehhez először a megvizsgált legjobb libellánkat, a 04-es tengelylibellát választottuk ki, hogy akkor, ha itt az iterációs eljárás megfelel, kevésbé jó libellákra is kiterjesszük a vizsgálatot.

A 04-es libella vizsgálatánál a 11-től 89-ig terjedő osztásvonásokat vontuk be a számításokba és a már említett 30, 35, 40, 45 és 50 parsegységnyi buborékhozzakat alkalmaztuk. Először azt az egyszerűsített módszert használtuk, amelynél a mérőcsavarhelyzeteket egész skálavonásokra, az egyes buborékhozzak mérési sorozatait pedig az 50-es skálaközéphez tartozó mérőcsavarhelyzetek segítségével számítottuk át. Így 195 közvetítő egyenletet kaptunk, 79 ismeretlennel. Ezeket az eljárás ellenőrzésére szolgáló méréseket ALPÁR Gyula munkatársunk, a számításokat pedig ALPÁR Gyula és VALKOVITS Márta végezte.

Nem lenne sok értelme, hogy a számítások részleteire kitérjünk. Az eredményeket az I. táblázatban foglaltuk össze. Az első oszlopban az osztásvonások megnevezése, a másodikban az említett 5 buborékhozzra végzett mérésekből számított szigorúan kiegyenlített értékek láthatók mérőcsavaregységben (amelyek $4,95''$ -el szorzandók, hogy értéküket szögmásodpercekben kapjuk),

a harmadik oszlop az ugyanezen mérésekből egyszeres, a negyedik oszlop pedig ezek négyszeres iteráció útján kapott értékeit tartalmazza, szintén mérőcsavar-egységben. Az ötödik oszlop a szigorú kiegyenlítés és az első iteráció értékeinek mérőcsavaregységben kifejezett különbségeit, a hatodik oszlop pedig a szigorú kiegyenlítés és a negyedik iteráció közötti ilyen eltéréseket adja.

A Wyss részéről megadott iterációs eljárás használhatósága szempontjából az 5. és 6. oszlopok döntőek. Ha meggondoljuk, hogy a különbségek még 4,95''- vagy kerekén 5''-el megszorozandók, hogy az eltéréseket régi másod-

I. táblázat

1	2	3	4	5	6
Osztás- vonal	Szigorúan kiegy.	1 iterációval számítva	4 iterációval számítva	2-3 különbsége	2-4 különbsége
11	19,532	19,557	19,535	-0,025	-0,003
12	19,795	19,798	19,770	-0,003	+0,025
13	20,051	20,086	20,042	-0,035	+0,009
14	20,314	20,310	20,274	+0,004	+0,040
15	20,578	20,603	20,575	-0,025	+0,003
16	20,774	20,831	20,783	-0,057	-0,009
17	21,048	21,090	21,041	-0,042	+0,007
18	21,316	21,336	21,273	-0,020	+0,043
19	21,556	21,562	21,503	-0,006	+0,053
20	21,799	21,834	21,806	-0,035	-0,007
21	22,000	21,999	21,946	+0,001	+0,054
22	22,256	22,228	22,133	+0,028	+0,123
23	22,503	22,460	22,396	+0,043	+0,107
24	22,791	22,728	22,672	+0,063	+0,119
25	22,982	22,880	22,853	+0,102	+0,129
26	23,193	23,064	23,009	+0,129	+0,184
27	23,420	23,234	23,236	+0,186	+0,184
28	23,710	23,522	23,460	+0,188	+0,250
29	23,938	23,771	23,719	+0,167	+0,219
30	24,173	23,988	23,966	+0,185	+0,207
31	24,356	24,147	24,085	+0,209	+0,271
32	24,554	24,393	24,342	+0,161	+0,212
33	24,796	24,634	24,571	+0,162	+0,225
34	25,028	24,835	24,784	+0,193	+0,244
35	25,246	25,019	24,998	+0,227	+0,248
36	25,452	25,252	25,183	+0,200	+0,269
37	25,648	25,463	25,405	+0,185	+0,243
38	25,884	25,713	25,645	+0,171	+0,239
39	26,129	25,945	25,892	+0,184	+0,237
40	26,358	26,180	26,162	+0,178	+0,196
41	26,516	26,384	26,364	+0,132	+0,152
42	26,673	26,588	26,579	+0,085	+0,094
43	26,917	26,856	26,854	+0,061	+0,063
44	27,136	27,072	27,072	+0,064	+0,064
45	27,352	27,294	27,306	+0,058	+0,046
46	27,596	27,536	27,537	+0,060	+0,059
47	27,804	27,760	27,765	+0,044	+0,039
48	28,039	27,985	27,996	+0,054	+0,043
49	28,208	28,206	28,221	+0,002	-0,013
50	28,455	28,448	28,479	+0,007	-0,024

I. táblázat folytatása

1	2	3	4	5	6
Osztásvonal	Szigorúan kiegy.	1 iterációval számítva	4 iterációval számítva	2—3 különbsége	2—4 különbsége
51	28,722	28,692	28,688	+0,030	+0,034
52	28,893	28,906	28,912	-0,013	-0,019
53	29,112	29,118	29,098	-0,006	+0,014
54	29,364	29,367	29,382	-0,003	-0,018
55	29,560	29,556	29,556	+0,004	+0,004
56	29,794	29,774	29,778	+0,020	+0,016
57	29,994	29,998	30,024	-0,004	-0,030
58	30,191	30,208	30,224	-0,017	-0,033
59	30,420	30,459	30,475	-0,039	-0,055
60	30,595	30,654	30,666	-0,059	-0,071
61	30,814	30,827	30,897	-0,013	-0,083
62	31,040	31,078	31,124	-0,038	-0,084
63	31,243	31,285	31,350	-0,042	-0,107
64	31,430	31,500	31,547	-0,070	-0,117
65	31,591	31,690	31,696	-0,099	-0,105
66	31,844	31,903	31,979	-0,059	-0,135
67	32,050	32,115	32,172	-0,065	-0,122
68	32,257	32,344	32,407	-0,087	-0,150
69	32,486	32,593	32,638	-0,107	-0,152
70	32,708	32,827	32,849	-0,119	-0,141
71	32,960	33,046	33,132	-0,086	-0,172
72	33,185	33,269	33,327	-0,084	-0,142
73	33,428	33,530	33,586	-0,102	-0,158
74	33,642	33,758	33,800	-0,116	-0,158
75	33,837	33,975	33,992	-0,138	-0,155
76	34,052	34,169	34,239	-0,117	-0,187
77	34,292	34,400	34,441	-0,108	-0,149
78	34,490	34,616	34,651	-0,126	-0,161
79	34,730	34,861	34,876	-0,131	-0,146
80	34,947	35,091	35,085	-0,144	-0,138
81	35,208	35,340	35,378	-0,132	-0,170
82	35,477	35,579	35,597	-0,102	-0,120
83	35,679	35,795	35,796	-0,116	-0,117
84	35,911	36,030	36,024	-0,119	-0,113
85	36,132	36,254	36,233	-0,122	-0,101
86	36,360	36,478	36,487	-0,118	-0,127
87	36,624	36,710	36,708	-0,086	-0,084
88	36,846	36,932	36,916	-0,086	-0,070
89	37,114	37,193	37,170	-0,079	-0,056

percekben kapjuk, mindjárt beláthatjuk, hogy az első iteráció értékei a szigorú kiegyenlítés értékeihez képest 1,1''-ig terjedő eltéréseket mutatnak, és hogy 1 régi szögmásodpercnél nagyobb eltérések elég gyakran fordulnak elő. Ha a bal és jobb buborékleolvasásokban részben kompenzálódnak is ezek a hibák, még így is mindig majdnem egy parsegységnyi, illetve 1 másodperces hibával kell számolnunk, azaz az első iterációból számított értékek ennél a jó libellánál alig adnak jobb eredményeket, mint az átlagos parsértékekkel való számítás és így ennek kevés a gyakorlati jelentősége. Feltűnő emellett, hogy a további iterációk értékei nem jobbák, hanem mindig valamivel rosszabbak lesznek, amint ez a 6. oszlop-

IIa táblázat

Buborékhozz 30 pars

1	2	3	4	5	6	7	8
Osztas- vonás	S-érték	v-érték	v ² -érték	λ-érték	λ ² -érték	o-érték	o ² -érték
11-41	22,958	+0,065	0,0042	+0,012	0,0001	-0,009	0,0001
12-42	23,180	+0,054	0,0029	+0,056	0,0031	-0,006	0,0000
13-43	23,457	+0,027	0,0007	+0,014	0,0002	-0,009	0,0001
14-44	23,678	+0,047	0,0022	+0,013	0,0002	-0,005	0,0000
15-45	23,940	+0,025	0,0006	+0,008	0,0001	0,000	0,0000
16-46	24,154	+0,032	0,0010	+0,030	0,0009	+0,006	0,0000
17-47	24,412	+0,014	0,0002	+0,014	0,0002	-0,010	0,0001
18-48	24,675	+0,002	0,0000	-0,014	0,0002	-0,040	0,0016
19-49	24,880	+0,002	0,0000	+0,004	0,0000	-0,018	0,0003
20-50	25,138	-0,012	0,0001	+0,002	0,0000	+0,004	0,0000
21-51	25,372	-0,011	0,0001	-0,026	0,0007	-0,055	0,0030
22-52	25,610	-0,036	0,0013	-0,043	0,0019	-0,088	0,0078
23-53	25,846	-0,039	0,0015	-0,057	0,0033	-0,100	0,0100
24-54	26,132	-0,054	0,0029	-0,084	0,0070	-0,105	0,0110
25-55	26,262	+0,010	0,0001	-0,044	0,0020	-0,057	0,0032
26-56	26,509	-0,016	0,0003	-0,090	0,0081	-0,116	0,0135
27-57	26,691	+0,016	0,0003	-0,075	0,0056	-0,061	0,0037
28-58	26,958	-0,008	0,0001	-0,093	0,0086	-0,116	0,0135
29-59	27,164	-0,014	0,0002	-0,050	0,0025	-0,068	0,0046
30-60	27,395	-0,011	0,0001	-0,074	0,0055	-0,079	0,0062
31-61	27,598	-0,013	0,0002	-0,111	0,0122	-0,107	0,0114
32-62	27,816	-0,018	0,0003	-0,080	0,0064	-0,082	0,0067
33-63	28,030	-0,010	0,0001	-0,070	0,0049	-0,070	0,0049
34-64	28,222	+0,008	0,0001	-0,054	0,0029	-0,056	0,0031
35-65	28,423	-0,004	0,0000	-0,068	0,0046	-0,076	0,0058
36-66	28,649	-0,001	0,0000	-0,101	0,0102	-0,068	0,0046
37-67	28,848	0,000	0,0000	-0,060	0,0036	-0,060	0,0036
38-68	29,067	+0,004	0,0000	-0,038	0,0014	-0,041	0,0017
39-69	29,312	-0,004	0,0000	-0,042	0,0018	-0,046	0,0021
40-70	29,538	-0,004	0,0000	-0,034	0,0012	-0,032	0,0010
41-71	29,762	-0,024	0,0006	-0,047	0,0022	-0,014	0,0002
42-72	29,944	-0,016	0,0003	-0,016	0,0003	+0,008	0,0001
43-73	30,199	-0,026	0,0007	-0,006	0,0000	+0,021	0,0004
44-74	30,416	-0,026	0,0007	0,000	0,0000	+0,020	0,0004
45-75	30,616	-0,021	0,0004	+0,019	0,0004	+0,034	0,0012
46-76	30,810	+0,014	0,0002	+0,042	0,0018	-0,078	0,0061
47-77	31,038	+0,010	0,0001	+0,042	0,0018	+0,066	0,0044
48-78	31,266	-0,002	0,0000	+0,034	0,0012	+0,057	0,0032
49-79	31,470	-0,001	0,0000	+0,064	0,0041	+0,078	0,0061
50-80	31,700	+0,001	0,0000	+0,070	0,0049	+0,082	0,0067
51-81	31,965	0,000	0,0000	+0,051	0,0026	+0,068	0,0046
52-82	32,194	-0,008	0,0001	+0,049	0,0024	+0,061	0,0037
53-83	32,406	-0,011	0,0001	+0,050	0,0025	+0,040	0,0016
54-84	32,650	-0,013	0,0002	+0,048	0,0023	+0,053	0,0028
55-85	32,895	-0,049	0,0024	+0,010	0,0001	0,000	0,0000
56-86	33,105	-0,028	0,0008	+0,021	0,0004	+0,028	0,0008
57-87	33,360	-0,052	0,0027	-0,006	0,0000	+0,006	0,0000
58-88	33,579	-0,060	0,0036	-0,009	0,0001	-0,009	0,0001
59-89	33,816	-0,048	0,0023	+0,010	0,0001	+0,007	0,0000
		0,971	0,0347	2,055	0,1266	2,320	0,1660

IIb. táblázat
Buborék hossz 35 pars

1	2	3	4	5	6	7	8
Osztásvonás	S-érték	v-érték	n ² -érték	λ-érték	λ ² -érték	σ-érték	σ ² -érték
11—46	23,628	-0,061	0,0041	-0,081	0,0066	-0,092	0,0085
12—47	23,844	-0,044	0,0019	-0,065	0,0042	-0,076	0,0058
13—48	24,074	-0,030	0,0009	-0,034	0,0012	-0,055	0,0030
14—49	24,315	-0,054	0,0029	-0,057	0,0032	-0,068	0,0046
15—50	24,580	-0,063	0,0040	-0,054	0,0029	-0,052	0,0027
16—51	24,808	-0,060	0,0036	-0,046	0,0021	-0,072	0,0057
17—52	25,027	-0,056	0,0031	-0,029	0,0008	-0,050	0,0025
18—53	25,269	-0,055	0,0030	-0,042	0,0018	-0,084	0,0071
19—54	25,476	-0,016	0,0003	-0,012	0,0001	-0,034	0,0012
20—55	25,707	-0,028	0,0008	-0,012	0,0001	-0,026	0,0007
21—56	25,928	-0,030	0,0009	-0,041	0,0017	-0,066	0,0044
22—57	26,138	-0,014	0,0002	-0,026	0,0007	-0,060	0,0036
23—58	26,340	+0,008	0,0001	-0,006	0,0000	-0,030	0,0009
24—59	26,610	-0,005	0,0000	-0,017	0,0003	-0,037	0,0014
25—60	26,818	-0,029	0,0008	-0,050	0,0025	-0,058	0,0034
26—61	27,008	-0,005	0,0000	-0,063	0,0040	-0,056	0,0031
27—62	27,256	-0,026	0,0007	-0,100	0,0100	-0,076	0,0058
28—63	27,492	-0,016	0,0003	-0,089	0,0079	-0,088	0,0078
29—64	27,710	-0,026	0,0007	-0,074	0,0055	-0,076	0,0058
30—65	27,888	-0,006	0,0000	-0,048	0,0023	-0,056	0,0031
31—66	28,102	-0,002	0,0000	-0,078	0,0061	-0,070	0,0049
32—67	28,318	-0,016	0,0003	-0,064	0,0041	-0,062	0,0038
33—68	28,528	-0,002	0,0000	-0,040	0,0016	-0,040	0,0016
34—69	28,770	-0,014	0,0002	-0,056	0,0031	-0,060	0,0036
35—70	28,982	-0,004	0,0000	-0,058	0,0034	-0,058	0,0034
36—71	29,193	+0,013	0,0002	-0,034	0,0012	-0,036	0,0013
37—72	29,410	+0,006	0,0000	-0,044	0,0019	-0,044	0,0019
38—73	29,658	-0,002	0,0000	-0,036	0,0013	-0,042	0,0018
39—74	29,876	+0,009	0,0001	-0,025	0,0006	-0,030	0,0009
40—75	30,090	+0,008	0,0001	-0,012	0,0001	-0,012	0,0001
41—76	30,290	-0,006	0,0000	-0,013	0,0002	+0,012	0,0001
42—77	30,490	-0,007	0,0000	+0,004	0,0000	+0,020	0,0004
43—78	30,707	-0,004	0,0000	+0,029	0,0008	+0,046	0,0021
44—79	30,937	-0,004	0,0000	+0,030	0,0009	+0,037	0,0014
45—80	31,140	+0,009	0,0001	+0,052	0,0027	+0,055	0,0030
46—81	31,386	+0,016	0,0002	+0,052	0,0027	+0,072	0,0052
47—82	31,616	+0,024	0,0006	+0,054	0,0029	+0,065	0,0042
48—83	31,821	+0,038	0,0014	+0,069	0,0048	+0,075	0,0056
49—84	32,007	+0,052	0,0027	+0,111	0,0123	+0,116	0,0135
50—85	32,220	+0,073	0,0053	+0,130	0,0169	+0,136	0,0185
51—86	32,478	+0,062	0,0038	+0,106	0,0112	+0,109	0,0119
52—87	32,676	+0,082	0,0067	+0,132	0,0174	+0,134	0,0180
53—88	32,907	+0,072	0,0052	+0,118	0,0139	+0,100	0,0100
54—89	33,183	+0,056	0,0031	+0,097	0,0094	+0,093	0,0087
		1,216	0,0583	2,390	0,1774	2,736	0,2065

ban a negyedik iteráció értékeinek eltéréseiből kitűnik; itt a legnagyobb eltérés már 1,3". A megadott iterációs eljárás tehát csődöt mond legalábbis a mi esetünkben. *A mérések szigorú kiegyenlítése tehát tanácsosabb. Még inkább érvényesnek kellene lennie ennek kevésbé jó libellák esetén, amelyek vizsgálatát ebben az értelemben ott el is hagyhatjuk.*

IIc. táblázat
Buborék hossz 40 pars

1	2	3	4	5	6	7	8
Osztásvonás	S-érték	v-érték	v ² -érték	λ-érték	λ ² -érték	σ-érték	σ ² -érték
11—51	24,119	+0,008	0,0001	+0,006	0,0000	-0,008	0,0001
12—52	24,326	+0,018	0,0003	+0,026	0,0007	+0,014	0,0002
13—53	24,548	+0,034	0,0012	+0,054	0,0029	+0,022	0,0005
14—54	24,812	+0,027	0,0007	+0,026	0,0007	+0,016	0,0003
15—55	25,003	+0,066	0,0044	+0,076	0,0058	+0,063	0,0040
16—56	25,230	+0,054	0,0029	+0,072	0,0052	+0,050	0,0025
17—57	25,473	+0,048	0,0023	+0,071	0,0050	+0,060	0,0036
18—58	25,692	+0,061	0,0037	+0,080	0,0064	+0,056	0,0031
19—59	25,944	+0,044	0,0019	+0,066	0,0044	+0,044	0,0019
20—60	26,146	+0,052	0,0027	+0,098	0,0096	+0,090	0,0081
21—61	26,352	+0,056	0,0031	+0,062	0,0038	+0,070	0,0049
22—62	26,582	+0,066	0,0044	+0,072	0,0052	+0,047	0,0022
23—63	26,823	+0,050	0,0025	+0,050	0,0025	+0,050	0,0025
24—64	27,070	+0,041	0,0017	+0,044	0,0019	+0,044	0,0019
25—65	27,270	+0,017	0,0003	+0,016	0,0003	+0,005	0,0000
26—66	27,494	+0,025	0,0006	-0,010	0,0001	0,000	0,0000
27—67	27,713	+0,022	0,0005	-0,038	0,0014	-0,009	0,0001
28—68	27,968	+0,016	0,0003	-0,035	0,0012	-0,034	0,0012
29—69	28,195	+0,017	0,0003	-0,013	0,0002	-0,016	0,0003
30—70	28,423	+0,018	0,0003	-0,016	0,0003	-0,016	0,0003
31—71	28,648	+0,010	0,0001	-0,052	0,0027	-0,040	0,0016
32—72	28,852	+0,018	0,0003	-0,021	0,0004	-0,018	0,0003
33—73	29,096	+0,016	0,0003	-0,014	0,0002	-0,018	0,0003
34—74	29,323	+0,012	0,0001	-0,026	0,0007	-0,031	0,0010
35—75	29,524	+0,018	0,0003	-0,027	0,0007	-0,029	0,0008
36—76	29,744	+0,008	0,0001	-0,034	0,0012	-0,033	0,0011
37—77	29,968	+0,002	0,0000	-0,036	0,0019	-0,045	0,0020
38—78	30,175	+0,012	0,0001	-0,010	0,0001	-0,027	0,0007
39—79	30,426	-0,004	0,0000	-0,023	0,0005	-0,042	0,0018
40—80	30,660	-0,008	0,0001	-0,025	0,0006	-0,038	0,0014
41—81	30,896	-0,034	0,0012	-0,034	0,0012	-0,024	0,0006
42—82	31,103	-0,028	0,0008	-0,020	0,0004	-0,015	0,0002
43—83	31,318	-0,020	0,0004	+0,008	0,0001	+0,008	0,0001
44—84	31,541	-0,018	0,0003	+0,010	0,0001	+0,007	0,0000
45—85	31,756	-0,014	0,0002	+0,019	0,0004	+0,014	0,0002
46—86	31,978	0,000	0,0000	+0,029	0,0008	+0,034	0,0012
47—87	32,719	-0,005	0,0000	+0,016	0,0003	+0,018	0,0003
48—88	32,453	-0,010	0,0001	+0,006	0,0000	+0,003	0,0000
49—89	32,661	0,000	0,0000	+0,038	0,0014	+0,034	0,0012
		0,977	0,0386	1,379	0,0713	1,192	0,0525

A fenti megállapítást még a következő tények is megerősítik. Az I. táblázat 2. oszlopának kiegyenlített értékeivel az (1—3) egyenletek szerint számíthatjuk most az egyes S-értékeket. Ha kivonjuk ezekből a megfigyelt, illetve a már korábban megadott módon egész osztásvonásokra átszámított S-értékeket, úgy megkapjuk ezek v-javításait. A II. táblázat 1. oszlopában a mérésekben előforduló skálavonásokat, a 2. oszlopában a megfigyelt, illetve átszámított S-értékeket, a 3. oszlopában az előbbieket v értékeit a szigorú

IId. táblázat
Buborékosság 45 pars

1	2	3	4	5	6	7	8
Osztásvonás	S-érték	v-érték	v ² -érték	λ-érték	λ ² -érték	σ-érték	σ ² -érték
11-56	24,643	+0,020	0,0004	+0,022	0,0005	+0,014	0,0002
12-57	24,894	0,000	0,0000	+0,004	0,0000	+0,003	0,0000
13-58	25,122	-0,002	0,0000	+0,024	0,0006	+0,010	0,0001
14-59	25,373	-0,006	0,0000	+0,012	0,0001	+0,002	0,0000
15-60	25,598	-0,012	0,0001	+0,030	0,0009	+0,022	0,0005
16-61	25,802	-0,008	0,0001	+0,028	0,0008	+0,039	0,0015
17-62	26,040	+0,004	0,0000	+0,044	0,0019	+0,042	0,0018
18-63	26,274	+0,006	0,0000	+0,037	0,0014	+0,038	0,0014
19-64	26,502	-0,009	0,0001	+0,029	0,0008	+0,023	0,0005
20-65	26,685	0,010	0,0001	+0,077	0,0059	+0,066	0,0044
21-66	26,924	-0,002	0,0000	+0,027	0,0007	+0,038	0,0014
22-67	27,148	+0,005	0,0000	+0,024	0,0006	+0,004	0,0000
23-68	27,382	-0,002	0,0000	+0,020	0,0004	+0,020	0,0004
24-69	27,618	+0,020	0,0004	+0,042	0,0018	+0,037	0,0014
25-70	27,830	+0,015	0,0002	+0,024	0,0006	+0,021	0,0004
26-71	28,064	-0,013	0,0002	-0,008	0,0001	+0,007	0,0000
27-72	28,289	0,014	0,0002	-0,038	0,0014	-0,008	0,0001
28-73	28,540	+0,028	0,0008	-0,014	0,0002	-0,018	0,0003
29-74	28,782	-0,008	0,0001	-0,017	0,0003	-0,022	0,0005
30-75	28,996	+0,009	0,0001	-0,014	0,0002	-0,017	0,0003
31-76	29,204	0,000	0,0000	-0,046	0,0021	-0,042	0,0018
32-77	29,404	+0,019	0,0004	-0,008	0,0001	-0,012	0,0001
33-78	29,630	+0,014	0,0002	0,004	0,0000	-0,019	0,0004
34-79	29,862	+0,016	0,0003	-0,014	0,0002	-0,032	0,0010
35-80	30,089	+0,008	0,0001	-0,034	0,0012	-0,048	0,0023
36-81	30,320	+0,010	0,0001	-0,024	0,0006	-0,039	0,0015
37-82	30,548	+0,014	0,0002	-0,027	0,0007	-0,047	0,0022
38-83	30,772	+0,009	0,0001	-0,018	0,0003	-0,052	0,0027
39-84	31,018	+0,002	0,0000	-0,011	0,0010	-0,060	0,0036
40-85	31,240	+0,005	0,0000	-0,022	0,0005	-0,042	0,0018
41-86	31,442	-0,004	0,0000	-0,010	0,0001	-0,016	0,0003
42-87	31,652	-0,003	0,0000	-0,002	0,0000	-0,008	0,0001
43-88	31,860	+0,022	0,0005	+0,034	0,0012	-0,025	0,0006
44-89	32,124	+0,001	0,0000	+0,008	0,0001	-0,003	0,0000
		0,320	0,0047	0,817	0,0273	0,896	0,0336

kiegyenlítésből származó értékektől, a 4. oszlopában a v -k négyzeteit, az 5. oszlopában az egyszeres iterációval kapott értékekkel szemben jelentkező λ eltéréseket, a 6. oszlopában az előbbieket négyzeteit, a 7. oszlopában a négyzertes iterációból számított értékekkel szemben mutatkozó σ eltéréseket és a 8. oszlopában az előbbieket négyzeteit adtuk meg. Láthatjuk, hogy az *eltérések négyzetösszege a szigorú kiegyenlítésnél* 0,1474-el az első iteráció 0,4557-jéhez és a negyedik iteráció 0,5514-éhez viszonyítva a legkisebb, azaz, hogy a számítások és megfigyelések itt állnak leginkább összhangban. Érvényes ez az eltérések átlagértékére is, amely mind az első, mind a negyedik iterációnál kerekken kétszer akkora. A legnagyobb eltérés egy helyen mindamelllett a 0,36

IIe. táblázat
Buborékhozz 50 pars

1	2	3	4	5	6	7	8
Osztásvonás	S-érték	r-érték	r ² -érték	λ-érték	λ ² -érték	σ-érték	σ ² -érték
11-61	25,204	-0,030	0,0009	-0,012	0,0001	+0,012	0,0001
12-62	25,444	-0,027	0,0007	-0,006	0,0000	+0,002	0,0000
13-63	25,676	-0,030	0,0009	+0,009	0,0001	+0,020	0,0004
14-64	25,886	-0,014	0,0002	+0,018	0,0003	+0,024	0,0006
15-65	26,102	-0,017	0,0003	+0,045	0,0020	+0,034	0,0012
16-66	26,328	-0,019	0,0004	+0,039	0,0015	+0,053	0,0028
17-67	26,560	-0,011	0,0001	+0,042	0,0018	+0,046	0,0021
18-68	26,802	-0,015	0,0002	+0,038	0,0014	0,024	0,0006
19-69	27,042	-0,020	0,0004	+0,036	0,0013	+0,029	0,0008
20-70	27,276	-0,023	0,0005	+0,054	0,0029	+0,051	0,0026
21-71	27,493	-0,013	0,0002	0,000	0,0009	+0,046	0,0021
22-72	27,742	-0,022	0,0005	+0,006	0,0000	-0,012	0,0001
23-73	27,982	-0,016	0,0003	+0,013	0,0002	+0,009	0,0001
24-74	28,220	-0,004	0,0000	+0,023	0,0005	+0,016	0,0003
25-75	28,423	-0,014	0,0002	+0,004	0,0000	-0,001	0,0000
26-76	28,639	-0,016	0,0003	-0,022	0,0005	-0,015	0,0002
27-77	28,882	-0,026	0,0007	-0,065	0,0041	-0,044	0,0019
28-78	29,122	-0,022	0,0005	-0,052	0,0027	-0,066	0,0044
29-79	29,349	-0,014	0,0002	-0,032	0,0010	-0,051	0,0026
30-80	29,569	-0,009	0,0001	-0,030	0,0009	-0,044	0,0019
31-81	29,776	+0,006	0,0000	-0,033	0,0011	-0,045	0,0020
32-82	30,018	-0,002	0,0000	-0,032	0,0010	-0,048	0,0023
33-83	30,254	-0,017	0,0003	-0,040	0,0016	-0,071	0,0050
34-84	30,493	-0,024	0,0006	-0,060	0,0036	-0,089	0,0079
35-85	30,704	-0,016	0,0003	-0,068	0,0046	-0,089	0,0079
36-86	30,938	-0,032	0,0010	-0,072	0,0052	-0,102	0,0104
37-87	31,160	-0,024	0,0006	-0,074	0,0055	-0,104	0,0108
38-88	31,389	-0,024	0,0006	-0,066	0,0044	-0,108	0,0117
39-89	31,630	-0,003	0,0001	-0,062	0,0039	-0,100	0,0100
		0,516	0,0111	1,083	0,0531	1,355	0,0928

III. táblázat

Rész táblázatok eredményeinek összesítése

Táblázat, buborékhozz	r-érték	r ² -érték	λ-érték	λ ² -érték	σ-érték	σ ² -érték
IIa 30	0,971	0,0347	2,055	0,1266	2,320	0,1660
IIb 35	1,216	0,0583	2,390	0,1774	2,736	0,2065
IIc 40	0,977	0,0386	1,379	0,0713	1,192	0,0525
IId 45	0,320	0,0047	0,817	0,0273	0,896	0,0336
IIe 50	0,516	0,0111	1,083	0,0531	1,355	0,0928
$\Sigma|\sigma|; \Sigma|\lambda|; \Sigma|v|$	4,000	0,1474	7,724	0,4557	8,499	0,5514
$\Sigma|v^2|; \Sigma|\lambda^2|; \Sigma|v^2|$						

III. táblázat

1	2	3	1	2	3
Osztásvonás	$\frac{b}{2}$ -érték	$\frac{b}{2}$ -értékek különbsége	Osztásvonás	$\frac{b}{2}$ -érték	$\frac{b}{2}$ -értékek különbsége
11	48,342		51	71,087	
12	48,993	0,651	52	71,510	0,423
13	49,626	0,633	53	72,052	0,542
14	50,277	0,651	54	72,676	0,624
15	50,930	0,653	55	73,161	0,485
16	51,416	0,486	56	73,740	0,579
17	52,094	0,678	57	74,235	0,495
18	52,757	0,663	58	74,723	0,488
19	53,351	0,594	59	75,290	0,567
20	53,952	0,601	60	75,723	0,433
21	54,450	0,498	61	76,265	0,542
22	55,084	0,634	62	76,824	0,559
23	55,695	0,611	63	77,326	0,502
24	56,408	0,713	64	77,789	0,463
25	56,880	0,472	65	78,188	0,399
26	57,403	0,523	66	78,814	0,626
27	57,964	0,561	67	79,324	0,510
28	58,682	0,718	68	79,836	0,512
29	59,246	0,564	69	80,403	0,567
30	59,828	0,582	70	80,952	0,549
31	60,281	0,453	71	81,576	0,624
32	60,771	0,490	72	82,133	0,557
33	61,370	0,599	73	82,734	0,601
34	61,944	0,574	74	83,264	0,530
35	62,484	0,540	75	83,746	0,482
36	62,994	0,510	76	84,279	0,533
37	63,479	0,485	77	84,873	0,594
38	64,063	0,584	78	85,363	0,490
39	64,669	0,606	79	85,957	0,594
40	65,236	0,567	80	86,494	0,537
41	65,627	0,391	81	87,140	0,646
42	66,016	0,389	82	87,806	0,666
43	66,620	0,604	83	88,306	0,500
44	67,162	0,542	84	88,880	0,574
45	67,696	0,534	85	89,427	0,547
46	68,300	0,604	86	89,991	0,564
47	68,815	0,515	87	90,644	0,653
48	69,396	0,581	88	91,194	0,550
49	69,815	0,419	89	91,857	0,663
50	70,426	0,611			

értéket is eléri, de itt az is meggondolandó, hogy ebben még a megfigyelési hibák is bent vannak. Ennek az eltérésnek az okát a kerek parsegységekre való átszámítás nem egészen szabatosan helytálló feltételezésében kell keresnünk, mert itt a buborékhozzválozást a buborékközépponttól mindkét oldalra szimmetrikusnak tételezzük fel. A szigorú kiegyenlítés eltéréseinek átlagértéke jelentősen kisebb: 0,10'', ami különösen akkor kielégítő, ha meggondoljuk, hogy itt valamennyi buborékhozzból és -hosszal való számításról van szó. Ha egy szokásos, pl. 40 parsegységnyi buborékhozznál csak a 38,

39, 40 és 41-es buborék hosszakat vizsgáltnánk meg, ebben az esetben jobbak lennének az eredmények. Itt azonban általános áttekintést akartunk kapni a libella viselkedéséről. Még ennél a legjobb libellánál is lényegesen nagyobbak az átlag parsértékkel való számolásnál adódó eltérések, mivel a legnagyobb eltérés egyetlen buborék hosszánál pl. $0,27''$ -et tesz ki és ezért az átlagos parsértékkel való számolás még itt sem tanácsos. Ha azonban nem átlagos parsértékkel dolgozunk — ami többnyire elkerülhetetlen és a mi legjobb libellánál is legalábbis tanácsos —, úgy egy buborék hosszal nem dolgozhatunk ennek a mérések alatti hosszváltozása miatt és így kétszer kellene interpolálnunk, amit éppen a szigorú kiegyenlítéssel akarunk elkerülni. A szigorú kiegyenlítés tehát ennél a legjobb libellánál is fokozza a pontosságot. Még inkább érvényes ez a legtöbb másik libellára, amelyeknél még kevésbé dolgozhatunk átlagos parsértékkel. Változó görbületű kevésbé jó libelláknál mindenesetre szükséges lehet, hogy a kiegyenlítést még szigorúbban a (4a) egyenletek szerint végezzük el, amelyeknél a buborék helyzeteknek egész parsvonásra való átszámítása nem szükséges. A mérőcsavarhelyzeteket ellenben itt is, mint korábban, célszerűen úgy számítjuk át, hogy a skála középső vonásának minden sorozatban ugyanaz az érték feleljen meg, vagy még pontosabban úgy, hogy az egyes sorozatok mérőcsavarleolvasásainak középvértékei egyenlők legyenek. Ha ez a szigorúbb módszer sem felelne meg, úgy ez már egy egyetlen osztásközön belül olyan erős görbületváltozást jelentene, hogy a libella különben is használhatatlan lenne.

Az előzőkből következik még az is, hogy a mai libelláknál a buborékvégek $0,05''$ -nél pontosabb leolvasásának nincs sok értelme.

Az 1—4 iterációval számított eredményeknél $0,6''$ feletti értékek is előfordulnak ($v_{50-85} = +0,136$, amely érték még $4,95''$ -el megszorozandó), amelyek még nagyobbak is, mint a libella megfelelő hibái átlagos parsértékkel való számításnál. Kevésbé jó libelláknál az iterációs eljárással kapott értékekkel való számítás esetén még nagyobb eltérések is mutatkozhatnak és ezért, legalábbis a mi esetünkben, ezen okok miatt is mellőzni kell az iterációs eljárást.

Mindjárt itt megjegyezzük, hogy nincs sok gyakorlati jelentősége, hogy a kapott v , λ vagy ν értékekből középhibákat számítsunk, mivel ezek az eltérések, illetve javítások sok szabályos hibarészt tartalmaznak, úgyhogy a számított értékek nem követnék a hibaterjedési törvényt. A középhiba helyett érdekesebb lehet itt tehát az átlagos hiba számítása, s ezeket előzőleg már számszerűen is megadtuk.

A szigorú kiegyenlítésből kapott értékeket a III. táblázatban a felhasználáshoz már másodpercekben állítottuk össze, ahol — mint már említettük — előnyösen az összeadandó fél b -értékeket és ezek különbségeit adtuk meg. A 26,4 és 46,6 buborék leolvasásokhoz pl. a $126,236''$ -os hajlásszög tartozik.

A 79 ismeretlen kiszámítása kétségtelenül elég sok időt kíván még akkor is, ha a matrixszámítás alkalmazása és a közvetítő egyenletek legtöbb együtthatójának hiánya lényeges egyszerűsítéseket tett lehetővé. Korszerű számoló-

gépekkel mindenesetre elfogadható idő alatt végezhető el a munka, és figyelembe véve azt a nagy pontosságot, amelyet a Laplace-pontoknál, illetve függővonalelhajlás-meghatározásoknál megkövetelünk és elérni igyekszünk, ez az idő megokolt is. A számítás lényegesen kevesebb időt kíván, mint a mérés és még ez utóbbi pontosságát is fokozza. A számítás meggyorsítására egyszerűbb számtani segédeszközök esetén a libellaskálán a mérési tartományt szűkebbre vonjuk és mintegy 20 és 80 között vesszük fel, ahol adott esetben a buborékközép kb. 45 és 55 közé eshetik. Ha megfelelő megfontolások után ilyen tartományt kikerestünk, úgy a normálegyenletek megoldásánál a legtöbb együttható redukálását a (3) egyenletek szerinti megoldásnál gyakran elegendő csak egyszer elvégezni, mert a mérési tartomány későbbi ugyanilyen megválasztásakor a tiszta tagokat tartalmazó kifejezések kivételével, valamennyi többi változatlan marad, tehát ezeket nem kell még egyszer redukálni. Ugyanazon libella vizsgálatának megisméltésekor még ilyen egyszerűsített kiegyenlítés is gyakran szükségtelen, mert a változások gyakran arányosságot mutatnak és így csak ezt az arányt kell meghatározni. Ilyen módon a számítási munka még inkább elviselhető és ezt a mérések jelentősége mindenestre megokolja. A matematikai függvénynek a megfigyelt, illetve az ezekből levezetett értékekhez való illeszkedési tartományának kisebbitése által különben az illeszkedés pontossága is fokozható.

*

Az előbbieken igyekeztünk kimutatni, hogy a legtöbb másodperc-libellánál a hajlásszöveget átlagos parsértékkal nem számíthatjuk. Mégis lehetséges azonban, hogy a hajlásszöveget kevésbé jó libellákkal, különösen a kiegyenlítéssel kapott értékekkel, mintegy 0,2'' pontossággal meghatározzuk és ez a pontosság az ilyen fajta mérések szokásos ismétlései által még lényegesen fokozható, úgyhogy az ez idő szerinti legszigorúbb követelményeknek is megfelelhessen.

A kiegyenlítés — különben fontos — részleteire és műfogásaira nem térhettünk itt ki. Ezeket egy későbbi munkában ALPÁR Gyula munkatársunk — akinek a vizsgálatokban különben is értékes része van — még ismertetni fogja.

IRODALOM

1. WYSS: Neigungsbestimmungen mit Berücksichtigung systematischer Libellenfehler, *Schweizerische Zeitschrift f. Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie*, 1957. 153—164
2. Nagyérzékenységű libellák vizsgálata. *Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei*, 23 (1959), 287—302.

ÖSSZEFOGLALÁS

Hosszú évek vizsgálatai azt mutatják, hogy a másodperclibellák a meghatározandó hajlásszögeket átlagos parsértékkel való számítással igen sok esetben nem adják meg elég pontosan. A pontosság fokozható, ha a különböző buborék hosszakra a libella ún. jelleggörbéjét megállapítjuk és ezek segítségével határozzuk meg a buborék elmozdulásnak megfelelő hajlásszöget. Ez azonban nem gyors eljárás, mert kétszeres interpolációra van szükség.

Van azonban egy közvetlen módszer is. Ennél kiegyenlítés útján minden osztóvonalnak a legmegbízhatóbb értékét számítjuk ki és a buborékvégekhez tartozó ilyen értékekkel határozzuk meg a hajlásszöget. Ez a módszer még kevésbé jó libellák esetében is lehetővé teszi a hajlásszögek mintegy 0,2" pontosságú meghatározását. A libellák ilyen módszerű hitelesítésével járó munkatöbblet a megkövetelt mérési pontosság miatt indokolt. A rendeltetészerű méréseknél munkatöbblet az új, szabatos módszer alkalmazásakor sem jelentkezik.

KAMRÁS AKNÁK

HÁROSY TEOFIL

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

[Beérkezett 1962. február 1-én]

I. A kamrás akna fogalma és alkalmazása

Kamrás aknán oly földalatti építményt értünk, amely függőleges tengelyű, a talpon kamrává szélesedő (palack alakú) forgásteret határol (1. ábra).

Tanulmányunk néhány korszerű példa bemutatásával a kamrás akna statikáját, továbbá építésének módjait vizsgálja.

1. Alapozások

Csaknem minden fal földdel érintkező alaptestét a falhoz képest kiszélesítjük és lemélyítjük. Ez azért van, mert a fal anyagának megengedett feszültsége lényegesen nagyobb, mint az altalajé, amelyre a fal nehezedik.

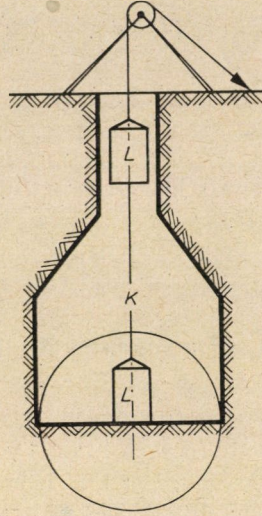
Ugyanez az elv érvényesül az olyan fúrt cölöpöknél, amelyeknek talpát alkalmas szélesítő eszközökkel, sokszor vízöblítéssel kibővítjük avégből, hogy az ilyen fúrt lyukak betonnal kitöltve nagyobb teherbírású betoncölöpöt eredményezzenek.

Legújabbban Amerikában nagyobb méretű ilyen talpas aknákat híd-pillérek mélyalapozásánál alkalmaznak.

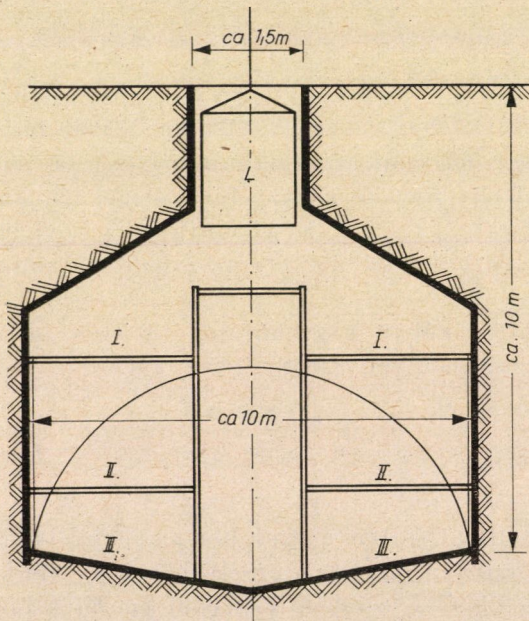
2. Pincék és földalatti tartályok

A föld felszíne alatt 8—10 m mélységben a külszín évi középhőmérséklete (nálunk kb. 10 C°) uralkodik. Innen még mélyebbre kb. 30 m-ként csak 1 C°-kal emelkedik a hőfok. Ebből a szempontból tehát emeletes pincék alkalmazási lehetősége csaknem korlátlan (2. ábra).

A kamrás akna előnye abban áll, hogy szűk leszálló nyílással a kellő mélységben tág raktártereket létesíthetünk, amelyekben különböző terményeket hosszabb időn át tárolhatunk. A szűk bejárat miatt a kamrás kút már eleve kisméretű jégbarlang módjára működik. A párolgás elősegítése (pl. a bejáratban működő ventilátorral) további hőfokszüllyedést idéz elő. Kémiai eszközökkel ezt még fokozhatjuk.



1. ábra

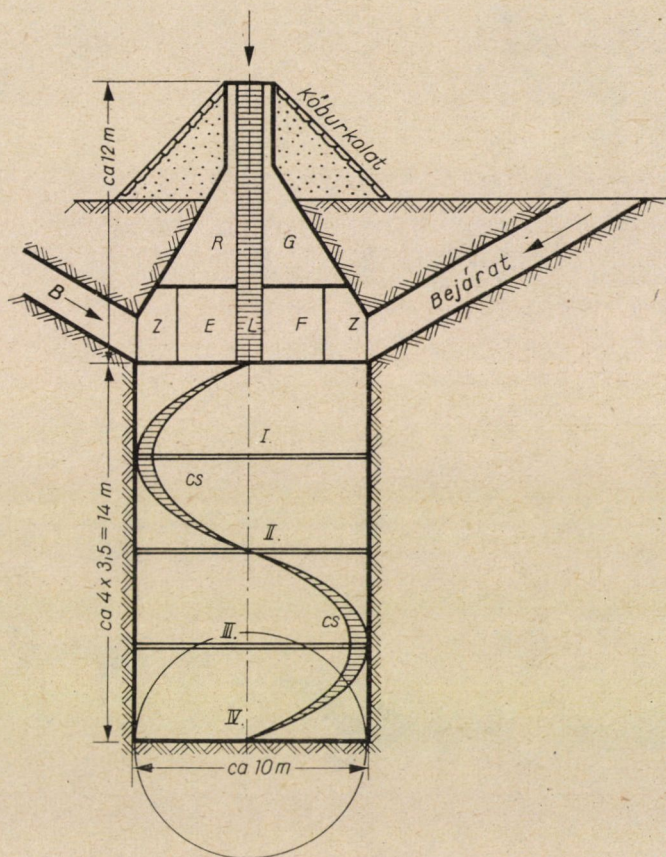


2. ábra

Folyadékok és gázok tárolásához szintén szóba jöhet a kamrás akna, amelyben a folyadék (mint egy nagy palackban) eltartható. Az elszivárgás (elillanás) meggátlása azonban ma még nem teljesen megoldott kérdés. Korszerű műanyagokkal történő falszigetelés jó kilátásokat nyújt e téren.

3. Óvóhelyek

Az óvóhelyek bombaveszély (robbanóhatás, sugársújtás, hőhatás, harcigáz és baktériumfertőzés) ellen védelmet nyújtó építmények. Amíg a föld alulról és még oldalról is elég védettséget nyújt, addig a földém védőképességének



3. ábra

biztosítása mindig a legkényesebb. Előnyös, ha az óvóhelyet mennél kisebb méretű vízszintes földemmel és mégis nagy befogadóképességgel tudjuk ki-képezni. Ez a kívánság ismét a kamrás akna modelljére vezet.

Óvóhelynek függélyes leszálló aknája csak szükségkijáratnak felel meg, mert a veszély alkalmával mutatkozó hirtelen és tömeges bejáratú igénynek megbízhatóan csak a lépcső felel meg. Az óvóhelynek legfelsőbb emeletére egy ház alagsorából lehet bejutni. Innen a külső fal mentén épített csigalépcső vezet le az alsóbb emeletekre. Lényegesebb részleteket a 3. ábra tartalmaz.

4. FAV megállóhelyek

Mélyvezetésű földalatti vasút leszálló aknáinak talpát kellően kiszélesítve, pajzsindító kamrának, az alagút megépítése után az aknát személyszállító felvonó (lift) céljaira, a kamrát kétoldali peronnal ellátott megállóhely céljaira lehet felhasználni. A lift alsó vége és a peron közötti kb. emeletnyi szintkülönbséget csigalépcső kötheti össze (4. ábra).

Építés alatt ez az elrendezés megkönnyíti a pajzs szerelését és az anyagszállításokat. A kamra átmérője akkora kell legyen, hogy a pajzskamra benne elférjen. A leszálló akna átmérőjét a legnagyobb méretű szállítmány szabja meg.

Üzem idején minden alagútnak külön aknája lenne. Aknák bizonyos rendszere a külszínen állomássá egyesíthető. Elágazások, keresztezések különböző szintekben vezetett alagutakkal és a hozzájuk tartozó aknákkal oldhatók meg. Átszállások a felvonó közvetítésével a külszíni állomáson át lehetségesek.

II. A kamrás akna statikája

A kamrás akna megépítésének nehézségei a közönséges (függélyes falú) aknához képest persze nagyobbak. Ősi tapasztalat és számos elmélet kezeli azonban kivétel nélkül.

1. Földnyomások számítása

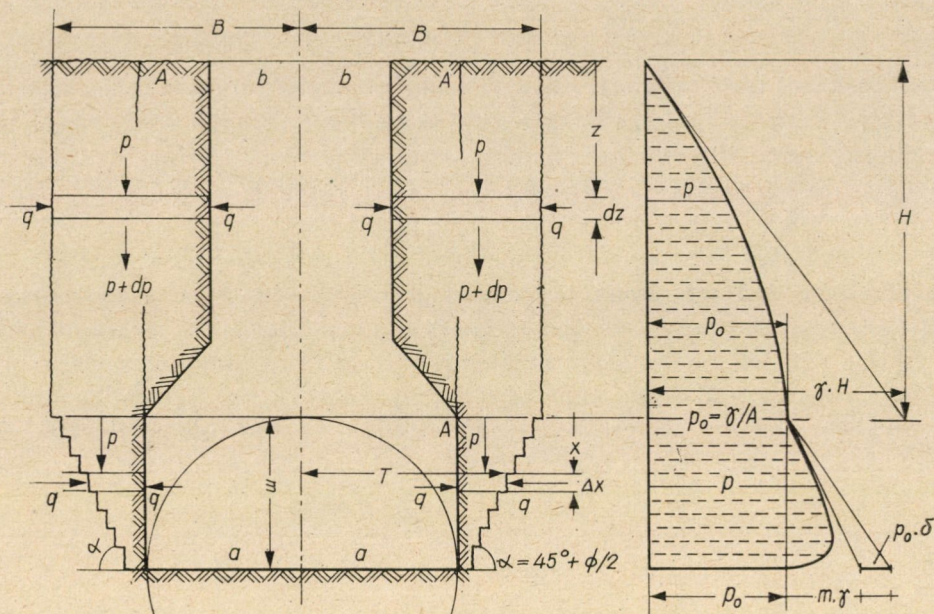
Az elméletek közül a legkézenfekvőbb veszélyt abban látjuk, hogy a kamrás akna oldala az 5. ábra szerinti $A-A$ alkotójú, a sugarú körhenger palástja mentén leszakad. Ez nem következik be azonnal, de ha ez a tömeg egyszer megindul, igen valószínű, sőt bizonyos, hogy útjában környező részeket is magával fog ragadni. A mozgósított földhenger a sugara tehát nagyobb lesz. Rendszerint feltételezzük, hogy

$$B = a + m \cdot \operatorname{ctg} a, \quad (1)$$

ahol m a kamra magassága, a az ún. *határszög*, amelynek nagysága tapasztalat és elmélet szinte egybehangzó tanúsága szerint

$$a = 45^\circ + \Phi/2, \quad (2)$$

ahol Φ a talaj súrlódási szöge.



5. ábra

1a. A függélyes földnyomások az aknafal mentén

TERZAGHI szilóelmélete nyomán az 5. ábra szerint vegyünk szemügyre egy z mélységben levő dz vastagságú vízszintes szeletet. Egyenletes p feszültség-eloszlást feltételezve, az egyensúly egyenlete

$$f \cdot dp = \gamma \cdot f \cdot dz - \mu \cdot \lambda \cdot p \cdot u \cdot dz,$$

ahol

$$f = (B^2 - b^2)\pi \quad \text{és} \quad u = 2(B + b)\pi$$

a leszakadó körhenger állandó vízszintes metszetének felülete, illetve annak kerülete,

γ a föld térfogatsúlya,

$\lambda \cdot p = q$ a függélyes nyomásból származó oldalnyomás feszültsége; a $\mu = \text{tg } \Phi$ súrlódási tényezőről feltesszük, hogy a falra tapadó talajrészecskék miatt a falazaton is ugyanolyan értékű.

Rendezve fenti egyenletet

$$\frac{dp}{dz} + A \cdot p = \gamma, \quad \text{ahol} \quad (3)$$

$$A = \frac{2\mu \cdot \lambda}{B - b}$$

állandó.

A differenciálegyenlet általános megoldása:

$$p = \gamma/A + C \cdot e^{-Az}. \quad (4)$$

Partikuláris megoldása, ha a $z = 0$ helyen $p = 0$,

$$p = \gamma/A (1 - e^{-Az}). \quad (5)$$

Sorbafejtve ezt a függvényt a $z = a$ helyen

$$p = \gamma/A \left| 1 - \left(1 - \frac{Az}{1!} + \frac{(Az)^2}{2!} - \dots \right) \right|$$

azt látjuk, hogy amíg z kicsiny,

$$p = \gamma \cdot z. \quad (6)$$

Kezdetben tehát a nyomás geosztatikusan nő. Az eltérés ettől annál nagyobb, mennél tovább haladunk z mélységbe, $z \rightarrow \infty$ -ig növelve p lehető legnagyobb értékére jutunk, amely

$$p_a = \gamma/A = \gamma \frac{B - b}{2\lambda\mu} = \gamma \left(1 - \frac{b}{B} \right) \frac{B}{2f}. \quad (7)$$

Az (5) egyenlet adta exponenciális függvényt, tehát a (6) és (7) egyenletek révén a biztonság javára, két egyenessel közelíthetjük meg (l. 5. ábra), ami a függvény gyakorlati kezelését a továbbiakban nagymértékben megkönnyíti.

PROTODJAKONOV az $f = \lambda\mu$ „szilárdsági tényezőnek” nevezett mennyiségekre tapasztalati értékek alapján, még kohéziós talajokra is kiterjedő, tíz talajkategóriára tájékoztató táblázatot adott meg, amely a Szovjetunióban általános használatnak örvend és nálunk is jól ismert. E táblázat segítségével a függélyes nyomások értékei egyszerű leolvasással könnyen meghatározhatók.

1b. Függélyes nyomások a kamra mentén

A kamra m magassága mentén a függélyes nyomásoknak rendszerint geosztatikus növekedését szokták feltételezni (l. 5. ábra).

Ennek létjogosultságát szerzőnek egy az irodalomjegyzékben felvett cikke nyomán mutathatjuk ki, de azt előbb egy benne meglapuló, de alapvető hibától mentesítenünk kell.

Idézett cikk 2. és 3. ábrája — továbbá 4. ábrája és ezt követő (S) jelű képlete között ellentmondás van, mely azonnal megszűnik, ha a 2. és a 3.

ábrán a nem a szakadólapnak a függélyessel, hanem ellenkezőleg a szakadólapnak a vízszintessel képezett hajlásszögét jelenti. Ennek folyományaképpen a (P_1) képletekben μ helyett $\lambda\mu$, a (P_2) képletcsoportban $tg a$ helyett $ctg a$ a helyes. Így azután változatlanul érvényes a (P) képletcsoport:

$$(P) \quad p = e^{-A(x)} \left[\gamma \int e^{-A(x)} \cdot dx + C \right], \text{ ahol } A(x) = \int \left(\frac{f'}{f} + \frac{u}{f} S_a \right) dx,$$

amely nem egyéb, mint TERZAGHI előbbieken használt elméletének némi általánosítása. Alkalmazva ezt a kamrás aknára (5. ábra),

$$f = (r^2 - a^2) \pi \quad \text{és} \quad u = 2(r + a) \pi,$$

ahol $(r - a) = (m - x) \cdot ctg a$ és $r' = \frac{dr}{dx} = -ctg a$.

Most azonban a külső (föld felőli) csúszólap mentén a súrlódási viszonyok egészen mások, mint a belső (akna felőli) oldalon. Ezt a nehézséget úgy hidaljuk át, hogy a külső kúp alakú felületet nem tekintjük simának, hanem recés, lépcsős felületnek, amelynek egy-egy Δx magasságú lépcsőfoka bár kicsiny, de nem infinitezimális. Ez a feltevés véleményünk szerint közelebb van a valósághoz. Mivel Δx függélyes, annak mentén f nem változik, tehát $f' = 0$. Így azután az $A(x)$ -ban előforduló integrandus első részéből származó részösszeg az egész m magasság mentén is nulla. Az integrandusban előforduló második részt szigorúan véve persze szintén ilyen „lépcsősen” kellene számítanunk. Mivel azonban Δx kicsiny, igen éles közelítéssel járunk el, ha egyszerűen magát az integrált számítjuk:

$$A(x) = \int \frac{u}{f} \cdot S \cdot dx = S \int \frac{2}{r - a} \cdot dx = \frac{2S}{ctg a} \int \frac{dx}{m - x},$$

tehát

$$e^{-A(x)} = (m - x)^{-\delta},$$

ahol

$$\delta = \frac{2S}{ctg a} = 2 \cdot tg \Phi, \quad tg \left(45^\circ - \frac{\Phi}{2} \right) < 1$$

és (P) szerint

$$p = (m - x)^\delta \left[\int \gamma (m - x)^{-\delta} dx + C \right] = \gamma \frac{x - m}{1 - \delta} + C (m - x)^\delta$$

az $x = 0, p = p_0$ kezdeti értékekkel

$$p = \gamma \frac{x - m}{1 - \delta} + \left(p_0 + \frac{\gamma m}{1 - \delta} \right) \left(1 - \frac{x}{m} \right)^\delta, \quad (8)$$

amiből

$$p' = \frac{\gamma}{1 - \delta} + \left(p_0 + \frac{\gamma m}{1 - \delta} \right) \delta \left(1 - \frac{x}{m} \right)^{\delta - 1} \left(-\frac{1}{m} \right). \quad (9)$$

Ha tehát

$$x = 0, \quad p = p_0, \quad p' = \gamma - p_0 \frac{\delta}{m},$$

$$x = m, \quad p = 0, \quad p' = \infty, \text{ mert } \delta < 1.$$

Ha $\delta = 0$, akkor p nyomás a p_0 -tól valóban geosztatikusan növekszik. Ha azonban $\delta \neq 0$, akkor egy görbe vonal szerint, amelynek kezdeti érintője a γ -nál meredekebb, de végérintője mindig vízszintes.

2. A vízszintes földnyomások számítása

A függélyes p nyomások birtokában, az egyazon pontban működő vízszintes harántnyomást a

$$q = (p - \sigma_{ny}) \cdot \operatorname{ctg}^2 a \quad (10)$$

képletből számíthatjuk, ahol

$$\sigma_{ny} = 2 c \cdot \operatorname{tg} a \quad (11)$$

az egyirányú nyomószilárdság és $a = 45^\circ + \Phi/2$ a határszög.

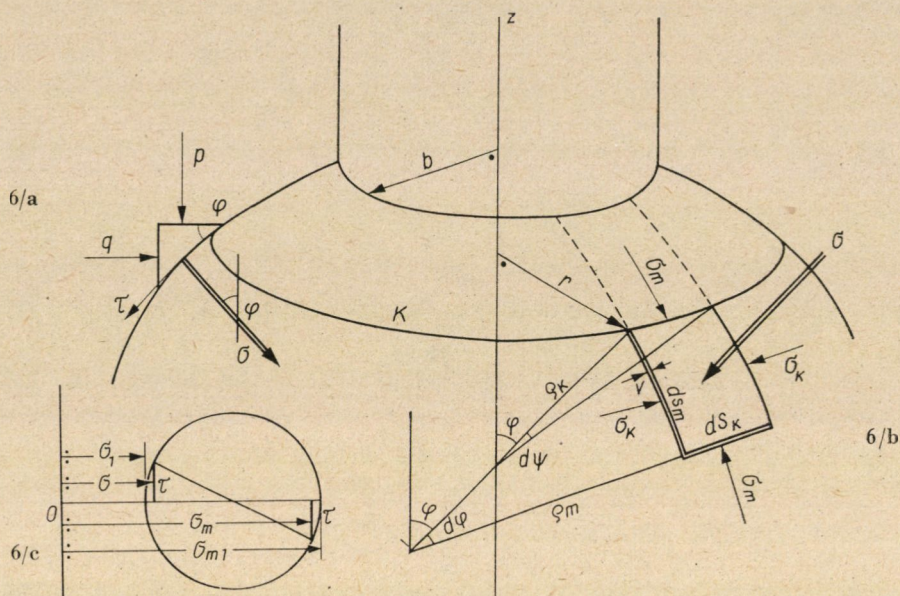
3. A falazatra ható feszültségek

p és q együttvéve a falfelület minden egyes felületelemére σ normális és τ tangenciális feszültséget eredményeznek. Ha φ a felületi normálisnak a p -vel képezett szöge, akkor a 6a ábra szerint

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= p \cdot \cos^2 \varphi + q \cdot \sin^2 \varphi \\ \tau &= (p - q) \sin \varphi \cdot \cos \varphi \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Víz esetében $\tau = 0$, tehát $p = q = \sigma = H \cdot \gamma_v$ a hidrosztatikai nyomás bármely irányú falfelület esetén.

Talajvíz alatt a víz alatti térfogatsúllyal számított hatékony nyomáshoz a teljes víznyomást hozzá kell adni.



6. ábra

4. A falban keletkező feszültségek

A falra ható σ normális nyomást a 6b ábra szerint a felületelem síkjában ható σ_m meridiánnomás és a σ_k gyűrűfeszültség veszi fel.

Legyen a falazat vastagsága v , úgy az ábra jelölésével, az irányváltás miatt az alábbi egyensúlyegyenlet áll fenn:

$$\sigma \cdot (ds_m \cdot ds_k) = \sigma_m (v \cdot ds_k) \cdot d\psi + \sigma_k (v \cdot ds_m) \cdot d\psi.$$

Ámde

$$ds_m = \varrho_m \cdot d\psi \quad \text{és} \quad ds_k = \varrho_k \cdot d\psi,$$

ha ϱ_m és ϱ_k a falfelület vizsgált pontjának fő görbületi sugarai. Behelyettesítve ezt a fenti egyenletbe, kellő rövidítés után az alábbi egyszerű összefüggésre jutunk:

$$\frac{\sigma_m}{\varrho_m} + \frac{\sigma_k}{\varrho_k} = \frac{\sigma}{v}. \quad (13)$$

A σ_m meridiánnomást közvetlenül meghatározhatjuk abból, hogy a K körön levő meridiánerők összege

$$\Sigma_m = 2\pi \cdot r \cdot v \cdot \sigma_m.$$

Ennek függélyes összetevője egyenlő kell legyen mindama függélyes talajnyomások és a falazat G önsúlyának összegével, amely a K kör felett működik:

$$\Sigma'_m \cdot \sin \varphi = \int_b^r p \cdot 2\pi \cdot r \cdot dr + G.$$

A két utóbbi egyenletből Σ_m -et kiküszöbölve,

$$\sigma_m = \frac{1}{r \cdot v \cdot \sin \varphi} \int_b^r p \cdot r \cdot dr + \frac{G}{2\pi \cdot r \cdot v \cdot \sin \varphi}, \quad (14)$$

σ_m ismeretében pedig a σ_K gyűrűfeszültséget a (13) egyenletből számíthatjuk. ϱ_m és ϱ_K a forgásfelület geometriai adataiból ismert.

5. Példák

Hengerfelület (közönséges akna) esetében a meridiánvonal egyenlete $r = b$ konstans, tehát a (14) képletben az integrál értéke nulla,

$$\varphi = 90^\circ, \quad G = 2\pi \cdot r \cdot v \cdot z \cdot \gamma_f,$$

ahol γ_f a falazat térfogatsúlya. Így $\sigma_m = \gamma_f \cdot z$.

Mármost $\varrho_m = \infty$ és $\varrho_K = b$, tehát a (13) képletből

$$\frac{\sigma_k}{b} = \frac{\sigma}{v} \quad \text{azaz} \quad \sigma_k = \frac{b \cdot \sigma}{v} = \frac{b \cdot q}{v},$$

egy eredmény, amelyre közvetlenül is könnyen rá lehet jutni.

Kúpfelület esetében valamivel bonyolultabb a számítás. Ha h_c a kúp alakú kamratető C csúcspontjának mélysége, akkor a meridiánvonal egyenlete a 7a ábra szerint

$$r = (z - h_c) \cdot \cot \varphi$$

A (14) képletben előforduló integrált most két esetre számítjuk.

1. Ha z kicsiny $p = \gamma \cdot z$ és
2. ha z már olyan nagy, hogy $p = \gamma/A$ konstansnak tekinthető.

1. esetben

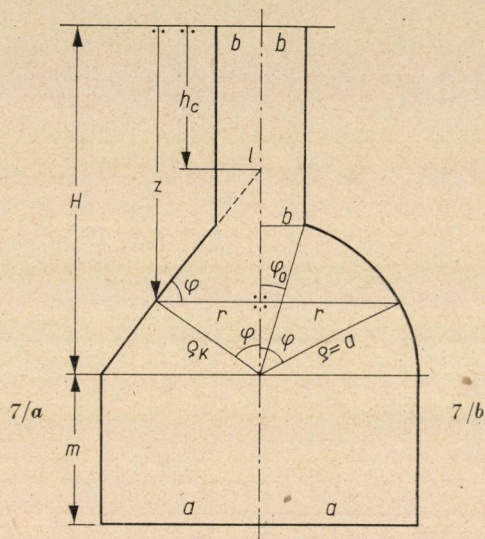
$$\int_b^r p r \cdot dr = \int_b^r \gamma (h_c + r \cdot \tan \varphi) r \cdot dr = \gamma \left[h_c \frac{r^2 - b^2}{2} + \tan \varphi \frac{r^3 - b^3}{3} \right],$$

tehát a (14) képlet szerint G önsúly elhagyásával

$$\sigma_{m1} = \gamma \cdot \frac{Q_k}{v} \left[\frac{h_c}{2} \left(1 - \frac{b^2}{r^2} \right) + \frac{r \cdot \tan \varphi}{3} \left(1 - \frac{b^3}{r^3} \right) \right].$$

A 2. esetben egyszerűbb a számítás:

$$\sigma_{m2} = \gamma \cdot \frac{Q_k}{v} \frac{1}{2A} \left(1 - \frac{b^2}{r^2} \right).$$



7. ábra

Mindkét esetben σ_m akkor éri el legnagyobb értékét, ha $r = a$.

A kúp egyenes alkotói mentén most is $Q_m = \infty$. Tehát a gyűrűfeszültség a (13) egyenlet alapján

$$\sigma_k = Q_k \frac{\sigma}{v} = \frac{r}{\sin \varphi} \cdot \frac{\sigma}{v}.$$

Gömbkupola esetén (lásd 7b ábra), ha z kicsiny, célszerűen így számolunk:

$$r = a \cdot \sin \varphi, \quad dr = a \cdot \cos \varphi \cdot d\varphi, \quad z = H - a \cdot \cos \varphi,$$

tehát

$$\int_b^r p \cdot r \cdot dr = \int_{\varphi_0}^{\varphi} (H - a \cdot \cos \varphi) \cdot a^2 \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi \cdot d\varphi,$$

és

$$\sigma_{m1} = \frac{\gamma \cdot a}{v \cdot \sin^2 \varphi} \left[\frac{H}{2} (\sin^2 \varphi - \sin^2 \varphi_0) + \frac{a}{3} (\cos^3 \varphi - \cos^3 \varphi_0) \right].$$

A második esetben ($p = \gamma/A$ konstans)

$$\sigma_{m2} = \frac{\gamma \cdot a}{A \cdot v} \left(1 - \frac{b^2}{r^2} \right).$$

Mindkét esetben σ_m akkor lesz a legnagyobb, ha $r = a$, illetve $\varphi = 90^\circ$ Mivel gömb esetében $\varrho_m = \varrho_K = a$, azért a (13) egyenlet szerint most

$$\sigma_m + \sigma_k = \frac{a}{v} \sigma,$$

amiből σ és σ_m ismert lévén, σ_K gyűrűfeszültség is számítható.*Általános esetben a képletek bonyolódnak.*

$$\varrho_m = \frac{(1 + r'^2)^{3/2}}{r''}, \quad (15)$$

ha $r = f(z)$ a meridiánvonal egyenlete.

A Meusnier-féle tétel értelmében viszont mindig

$$\varrho_k = \frac{r}{\sin \varphi}. \quad (16)$$

Az integrál kiszámítása a (14) képletben sokszor annyira bonyolult, hogy célszerű grafikus módszerhez folyamodni. Ennek alapja a súlypont-tétele

$$\int_b^r p \cdot r \cdot dr = r_s \int_b^r p \cdot dr = r_s \cdot T,$$

ahol T a $p(r)$ görbe határolta terület az (b, r) intervallumban és r_s a T terület súlypontjának abszcisszája.

Ezt a műveletet a grafosztatika lépten-nyomon alkalmazza. Részletezését ehelyütt mellőzzük.

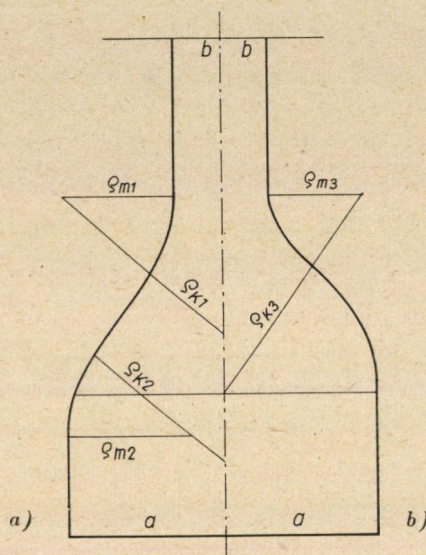
6. Gyűrűélek

Olyan helyeken, ahol a meridiánvonalban törések, a forgásfelületben tehát gyűrűélek vannak, $\varrho_m = 0$. A (13) képletet használva, tehát $\sigma_K = \infty$,

végtelen gyűrűfeszültség adódnék. Ezt elkerülendő, a gyűrűleket legömbölyítjük, úgyhogy a görbületek érintőlegesen menjenek át egymásba (8. ábra).

Avégből, hogy a σ normálnyomás arányosan osztódjék el a σ_m és σ_K falfeszültségekre, a legömbölyítés sugarát próbálgatással kell megállapítani.

A σ_K feszültséget azáltal is csökkenthetjük, ha a gyűrűél helyén a falvastagságot (v) növeljük (l. (13) képlet).



8. ábra

7. A falazatra hátruló tangenciális erők szerepe

Szólnunk kell végül a (12) képletekben előforduló τ nyírófeszültségek jelentőségéről.

A meridiánvonal irányába ható τ feszültség arra vall, hogy σ és σ_m nem főfeszültségek, míg σ_K már az.

A τ feszültség a fal belsejében minden bizonnyal kisebb, mint a fal külső felületén, hiszen az intradoszon (akár levegő, akár folyadék van ottan) $\tau = 0$.

A fal vastagsága mentén, tehát oly τ feszültségek sorozatát képzelhetjük el, amelyek a σ , σ_m feszültségekhez képest igen kicsinyek.

Amennyiben tehát σ és τ feszültségeket a Mohr-féle feszültségi kör szabályai szerint (6c. ábra) összegezzük, az eredő főfeszültségek csak rendkívül kicsiny mértékben fognak különbözni a számított σ és σ_m feszültségektől.

A mértékadó igénybevétel megállapításánál a gyakorlatban úgy járunk el, hogy az elméletileg meghatározott igénybevételeket biztonsági tényezővel szorozzuk. Az állandó terhelésre vonatkozó K_a biztonsági tényező 1,1,

illetve 0,9 aszerint, hogy a vizsgált igénybevétel szempontjából melyik a kedvezőtlenebb.

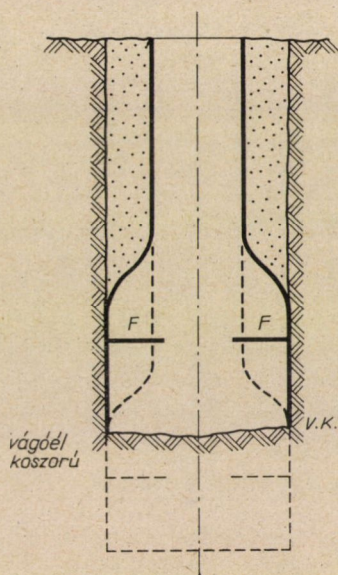
Ebbe a szabályba belefér azután az is, hogy a σ , σ_m igénybevételeket az előzőek szerint számítjuk és azután az említett biztonsági tényezővel szorozzuk.

III. A kamrás akna megépítése

A kamrás akna megépítésére három fő módszer kínálkozik: süllyesztéssel, aláfalazással, csarnokszerű építő módszerrel. Szóba jöhet még ezeknek különböző kombinációja.

1. Építés süllyesztéssel (9. ábra)

Az akna tervezett helyén falazatát (talpát vágóélre állítva) megépítjük, majd a vágóél belső terében levő föld fokozatos kiemelésével az egész falazatot süllyesztjük, miközben az akna falazatát a szükség szerint tovább építjük.



9. ábra

A falazatnak a szabadban való megépítése nagy előny. Talajvíz jelenléte úgyszólván semmit sem zavarja. Ezzel szemben a süllyesztés művelete sok hátrányt rejt magában.

Hátrány az egyenlőtlen süllyedés, a talajba szorulás kockázata. Ezen kamrás akna esetében enyhít az a tény, hogy a vállak megterhelése elősegíti a süllyedést, valamint annak irányíthatóságát.

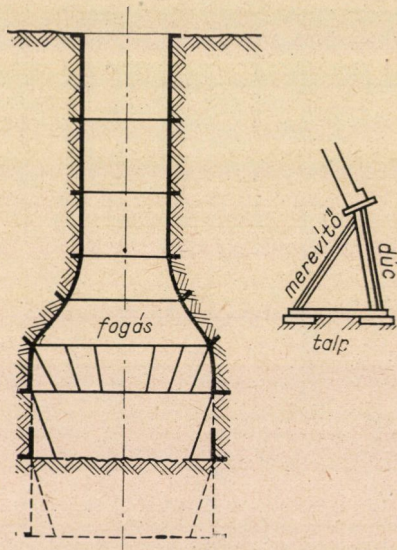
Hátrány a nagy tölcserkúp, amely a süllyesztés alkalmával keletkezik és a közelben levő épületek állékonyságát veszélyeztetheti.

Kamrás akna esetében speciális hátrány az is, hogy több földet kell kiemelni, majd ismét visszatölteni, mint amennyi az akna elhelyezéséhez szükséges. Ez a hátrány azonban nem ér fel a szabadban való falazás előnyével.

Vízdús és laza, tehát könnyen kotorható talajokba való süllyesztésnél az aknába le sem kell szállni, mert kotrással (esetleg hidromechanizációval felerősítve) az akna süllyedése így is biztosítható. Amennyiben szükségesnek mutatkoznék, hogy a vágóélek útját kézi munkával is egyengessük, az F földem nyílásának elzárásával könnyen létesíthetünk légnyomásos kamrát.

2. Építés aláfalazással (10. ábra)

Ellentétben a süllyesztéssel az aláfalazás csakis állékony és száraz talajokban használható. Ha a talaj nem felel meg ennek a követelménynek, mesterséges talajszilárdítással segíthetünk.



10. ábra

Minden esetben célhoz vezet a *fagyasztás*, amellyel már -10 C° hőmérsékleten 50 kp/cm^2 nyomószilárdságot is elérhetünk. Nagy előnye a fagyasztásnak az is, hogy teljes vízzárást biztosít. E nagy előnyök azonban sajnos hamarosan megszűnnek, mielőtt a szükséges hideget már nem tudjuk fenntartani.

Olcsóbb és maradandó szilárdítást lehet elérni *cementbesajtolással*, de csak olyan homoktalajokban, amelyeknek kellő nagy a vízáteresztőképességük.

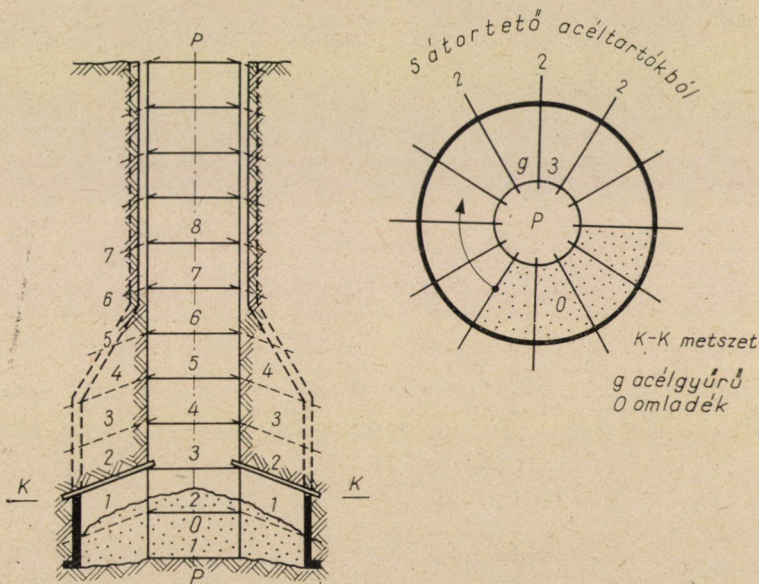
Talajkövesítéssel és egyéb vegyi eljárásokkal finomabb szerkezetű talajok is szilárdíthatók. Az elérhető kockaszilárdságok 5—25 kp/cm² körül mozognak.

A kellően szilárd és száraz talajban az aláfalazás szakaszosan történik. Egy-egy aknaszakasz (ún. fogás) lemélyítése után annak azonnali végleges biztosítása (falazása) következik. Az ideiglenes biztosítást lehetőleg mellőzzük. A falazás egy-egy fogáson belül alulról felfelé gyűrű alakban történik. Minden gyűrű alján a talajba belenyúló papucs biztosítja a gyűrű helyzetét. A gyűrű felső éle és a felette levő papucs alsó síkja közötti hézag kitöltése cementhabarccsal, lehetőleg nyomás alatt történjék. Az akna elszakadásának veszélye a kamra vállainál a legnagyobb. Ezért itt a mindenkor elkészült gyűrűt a fal mentén elosztott és jól aláékelt (esetleg hidraulikusan is emelhető) háromszögletű vaszsámolyokkal (10a. ábra) támasztjuk alá, amelyeket csak akkor távolítunk el, ha a közöttük levő újabb gyűrű falrészei már elkészültek. A zsámolyok helyén a falazást utólag csömöszölt betonnal egészítjük ki.

Az aláfalazásos építkezésnél nincs süllyesztési tölcserkép, hátránya azonban, hogy szakaszos munkamenete miatt kissé lassú, és még inkább az, hogy a falazat süllyedése nem természetes — a felső gyűrűk már megkötnek, de tulajdonképpen csak akkor ülednek, ha a kútfalazat már teljes egészében elkészült.

3. Csarnokszerű építés (11. ábra)

Szintén csak állékony és száraz, avagy előzetesen szilárdított talajban használható. Ez az építési mód egy *P* pionír-akna megépítésével kezdődik,



11. ábra

amelyet a végleges akna talpáig mélyítünk. A *P* akna átmérője kisebb a leszállóakna átmérőjénél, biztosítása csak ideiglenes: dúcokkal és függesztővasakkal egymáshoz rögzített acélgyűrűkből és a föld felől ritkásan beépített pallókból áll.

A *P* akna elkészülte után az alulról számított 2. acélgyűrűre támaszkodva sugárirányban ferde (1. jelű) acéltartókat helyezünk el, amelyek sátorszerűen védik az alattuk tervezett vájatot. Ezt a vájatot kis frontfejtés módjára körbe-
menően készítjük el, miközben a külső kör kerületén a kamra alapfalát azonnal megépítjük. Mihelyt az alapfallal az 1—1 sátortetőt elértük, fölötté a *P* akna harmadik acélgyűrűjére támaszkodva egy 2—2 sátrat készítünk, amely alatt a földet omlasztjuk és egyben a kamrafal építését tovább folytatjuk. Így halad a munka sátorszerű pászttáiban alulról felfelé, még a leszállóaknáiban is, ahol a sátorrudak persze már rövidebbek.

A mindenkori omladékat építés közben csak annyira kell kiemelni, amennyire ezt a falazat elfoglalt helye és a fellazulás kívánja. Az omladék és részben a benne maradt építőanyagok csak a legvégén, a falazat elkészülte után kerülnek a szabadba.

Ez az építési mód több anyagot igényel az előzőeknél, de úgy az építmény, mint a környező épületek és nem utolsósorban a dolgozó munkások szempontjából a leghibiztoságosabb.

IRODALOM

- SZÉCHY KÁROLY: Alapozás I. Műsz. Könyvkiadó, 1957.
 SZÉCHY KÁROLY: Alapozás I. és II. Közl. Kiadó, 1952.
 SZÉCHY KÁROLY: Vom Bau der neuen Untergrundbahn in Budapest. Ing. Zeitschrift 1958, 7.
 KÉZDI ÁRPÁD: Talajmechanika I. Tankönyvkiadó, 1960.
 KÉZDI ÁRPÁD: Talajmechanika I. és II. Tankönyvkiadó, 1952—53.
 PALOTÁS LÁSZLÓ: Mérnöki kézikönyv. Műsz. Könyvkiadó, 1957.
 Közlekedési Kiadó: Válogatott fejezetek a földalatti vasút és mélyépítés köréből. 1952.
 GYENGŐ TIBOR és MENYHÁRD ISTVÁN: Vasbetonszerkezetek. Műszaki Könyvkiadó, 1960.
 LUDWIG KIRGIS: Tiefbau Taschenbuch. Stuttgart, 1959.
 HÁROSY TEOFIL: Hézagokra ható és azokban kialakuló földnyomás. *MTA Műsz. Tud. Oszt. Közl.* 18 (1961).

ÖSSZEFOGLALÁS

Kamrás aknák a talpon kamrává kiszélesített aknák. Szerző egynéhány korszerű alkalmazásra hívja fel a figyelmet, majd az ilyen építmény statikájával és megépítésének technológiájával foglalkozik.

GŐZERŐMŰVEK BEFEKTETÉSI KÖLTSÉGSZÁMÍTÁSA

SEIDNER MIHÁLY
AZ MTA LEVELEZŐ TAGJA

[Beérkezett 1962. február 20-án]

1. Bevezetés

Azon célból, hogy az energiatermelés gazdaságossági számításához és a műegyetemi oktatáshoz is segítséget nyújtson, ezen tanulmány gőzerőművek befektetési költségét egyenletbe tömöríti.

Gőzerőművek befektetési költségét összehasonlítás céljából az 1 kW teljesítőképességre szokás átszámítani. Az ilyen alakban mutatkozó fajlagos költségek lényegesen eltérnek egymástól. Ennek sok mindenféle oka van. Az igények folytonos növekedéséből eredő drágulás törvényszerű világjelenség, mely gőzerőművek befektetési költségének alakulására is annyira kihat, hogy jórészt csak az azonos években épült művek költségének összehasonlítására alkalmasak. Az Energia Világkonferencia 1960. évi madridi ülésén PHILIP SPORN és S. N. FIALA — az Amerikai Egyesült Államok egyik legnagyobb villamos erőműrendszerének — az American Electric Power Service Corporation-nek vezetői diagramon mutatták be az Amerikai Egyesült Államokban az 1928-tól 1958. évig terjedő időszakban épült gőzerőművek kW-kénti befektetési költségét [1]. Innen emeltük ki a következő számokat:

Építkezés éve	1928	1936	1946	1948	1952	1956	1958
Fajlagos befektetés	100	101	130	175	235	280	300

Ezen adatok szerint az Amerikai Egyesült Államokban 1928 és 1958 között eltelt 30 év alatt a gőzerőművek kW teljesítőképességének költsége kerekén megháromszorozódott.

Ha a hivatalos vagy az irodalomban közölt statisztikai adatok közül az azonos időszakban épült gőzerőműveket kiemeljük és ezekből kirostáljuk a szélsőséges befektetéseket, az így visszamaradt erőművek kW-kénti befektetési költsége még mindig tág határok között mozog. Az Electrical World 1957. október 7-i és 1959. okt. 5-i számában közölt statisztikából a közlést megelőző néhány évben, az Amerikai Egyesült Államokban épült gőzerőművek közül választottuk ki az 1. táblázatban foglalt adatokat. A táblázat sorszám oszlopa a közlésben foglalt számozást mutatja [2].

I. táblázat

Befektetések 1954-1956. évi USA dollárban

Osztószám =		3	4	5	6	7	8	9	10	11
Sorszám	Gép-egység MW	Telek	Építkezés	Villamos fel-szerelés	Tartozékok	Kazán	Turbinagenerátor	3-8 összesen	3-6 összesen	$\frac{3-6}{5-8}$ %
304	272	4,9	40,0	9,8	2,0	52,8	38,5	148	56,7	38,2
290	300	0,3	22,1	7,5	2,3	49,7	35,1	117	32,2	27,5
294	200	2,3	23,5	7,5	2,2	49,8	35,7	121	35,5	29,4
356	187	5,4	28,0	6,2	1,1	63,4	40,9	145	40,7	28,0
298	175	0,8	7,5	1,5	2,7	50,5	49,0	120	20,5	17,2
299	156	0,5	17,0	8,5	2,4	57,9	44,7	131	28,4	21,6
312	146	0,5	18,5	7,8	0,7	39,5	32,0	99	27,5	27,7
301	137	0,3	26,1	10,5	2,6	53,3	42,2	135	39,5	29,1
314	135	0,6	35,6	12,3	3,0	68,6	38,9	153	51,5	33,6
347	132	1,5	29,3	8,4	2,7	58,0	35,1	135	41,9	31,0
300	110	0,2	20,9	7,6	1,4	59,6	41,3	131	30,1	23,0
307	100	0,3	6,2	9,5	1,1	46,9	47,0	111	17,1	15,5
327	65	0,2	41,6	7,9	3,3	62,5	40,5	156	53,0	34,0
326	33	0,2	42,6	17,0	54,5	28,8	32	175	—	—
Összesen		17,8	316,3	113,0	27,5	712,5	520,9	1702	474,6	355,8
Átlag		1,4	24,3	8,7	2,1	54,5	40,2	131	36,4	27,5
A legnagyobb különbség az átlaggal szemben						+26%	+22%			+39%
						-27,5	-20,5			-43,5

A táblázat jelentős különbségeket mutat a vizsgált 14 gőzerőmű teljes, valamint részletes befektetési költségei között. A fajlagos befektetések 99 és 175 dollár között vannak — jórészt függetlenül a teljesítőképességtől. Egy-egy erőmű részeinek befektetési költségeloszlása is igen változatos. Így például a kazán-turbinagenerátor befektetési költsége az összes költség 61,8 és 82,8%-a között, az építkezés pedig 5,6 és 27% között ingadozik. Az átlagok szerint a kazán-turbinagenerátor egységeknek az erőmű teljes befektetési költségében való részesedése mintegy 72%, úgyhogy az összes többi befektetésre 28% jut. A kazán-turbinagenerátor legnagyobb, illetőleg legkisebb befektetése a 72% átlagtól mintegy $\pm(21-26)\%$ -kal tér el; az építkezés és egyéb költségek ingadozása pedig a 28% átlag körül mintegy $\pm 41\%$. A kazán-turbinagenerátor befektetéseinek kilengéseit a teljesítőképesség és a termikus hatásfok idézi elő; az építkezésnek és egyéb költségeknek 28% körüli $\pm 41\%$ -os ingadozása azonban a helyi műszaki adottságok változatosságának eredménye. A kazán-turbinagenerátor befektetési költségét a következőkben kialakítandó egyenlet fogja irányítani; az építkezés és a mellékberendezések költségéből azonban csupán a 28%-os átlagot tudja a kifejtendő egyenlet vezérelni — az átlag befektetés $\pm 41\%$ -a mint zavaró tényező fogja a befektetési költségegyenlet folytonos görbéjének útját többé-kevésbé szélesíteni. A $\pm 41\%$ ingadozás az erőmű összes befektetési költségének $0,41 \cdot 28\% =$ mintegy $\pm 11,5\%$ -át alkotja; eszerint a kifejtendő befektetési költségegyenlet legjobb esetben is csak $\pm 11,5\%$ -os kilengésen belül közelítheti meg a valóságot.

A 2. táblázatban összeállítottuk a vizsgált 14 erőmű termikus hatásfokát és fajlagos befektetési költségét a teljesítőképesség függvényében. Az Electrical World statisztikájában üzemi hatásfokok vannak megadva; ezeket a $\frac{0,94l + 0,06}{l}$ képlet segítségével számítottuk át a gyártási termikus hatásfokra, ahol l az erőmű évi terhelési tényezőjét jelenti.

2. táblázat

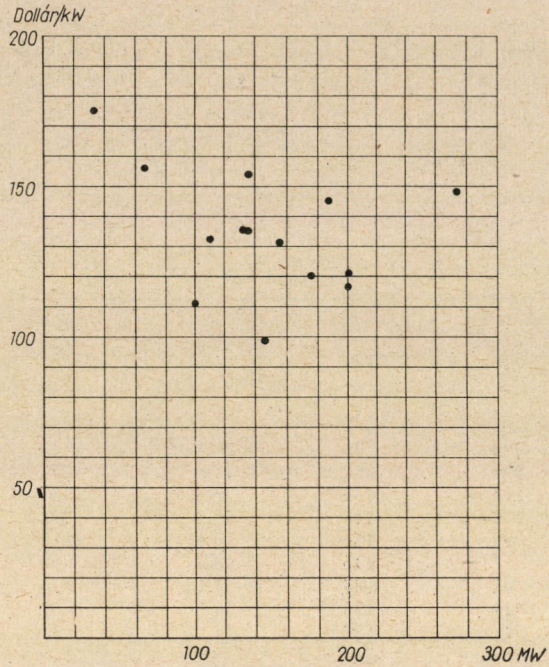
Sorszám	Egység-teljesítő- képesség, MW	Termikus hatásfok, %	Befektetés, 1956/58 dollár/k W
304	272	37,4	148
290	200	36,4	117
294	200	37	121
356	187	35,8	145
298	175	36,2	120
299	156	36,3	131
312	146	33	99
301	137	37,1	135
314	135	36,1	153
347	132	32	135
300	110	35,4	132
307	100	30	111
327	65	29,9	156
326	33	28,3	175

A 2. táblázatban foglalt befektetéseket a teljesítmények függvénye szerint átvittük az 1. ábrába. A fajlagos befektetések kilengései az átlagos értékekhez viszonyítva jelentősek; például 140 MW körzetében a kilengés $\pm 21,5\%$. A 2. táblázatban foglalt befektetéseket a 2. ábrán a termikus hatásfok függvényeképpen pontoztuk. A kilengések így kisebbek; 30% termikus hatásfoknál $\pm 17\%$ -ra csökkentek ugyan, de még így is jelentősek.

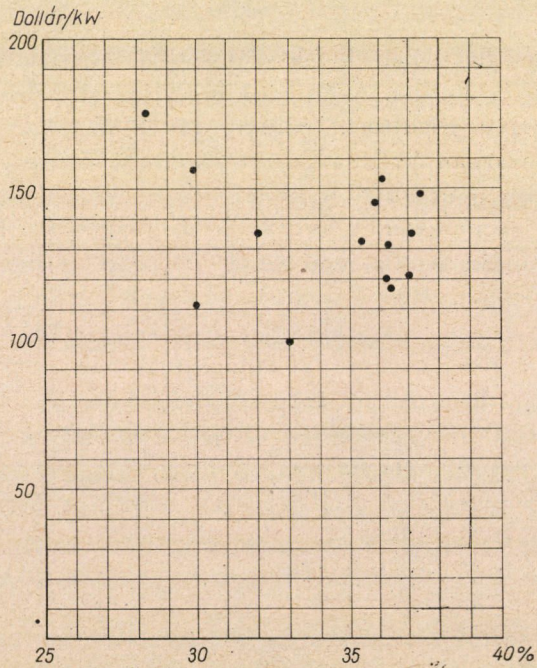
Az 1. és 2. ábrán jelzett pontoknak folytonos görbe segítségével való egyenletbe foglalását bonyolulttá teszi, hogy a befektetési pontok két változót — a befektetést és a termikus hatásfokot, illetőleg a befektetést és a teljesítőképességet — tartalmaznak. Ha sikerül az egyik változót, elsősorban a termikus hatásfokot az ábrázolásból kiküszöbölni, akkor a befektetési költség első egyenletének felállítása egyszerűen valósítható meg.

Az első lépés tehát a veleszületett, „inherens” hatásfokra egyszerűsített erőművek teljesítőképességének kialakítására szükséges befektetési költségnek megállapítása a teljesítőképesség függvényében. Az idevezető út pedig készen van a század elején épült, inherens hatásfokú gőzerőművek befektetési költségeinek felhasználásával.

A termikus hatásfok kialakítására szükséges költségek a teljesítőképesség egyenletébe való beiktatására két mód kínálkozik. A termikus hatásfok egyenlete felállítható az irodalomból kiemelt olyan adatok felhasználásával, melyek



1. ábra. 1954—1956-ban épült USA gőzerőművek befektetési költsége a teljesítőképesség függvényében



2. ábra. 1954—1956-ban épült USA gőzerőművek befektetési költsége a termikus hatásfok függvényében

erőművek termikus hatásfokának gyarapítása és a befektetési költség növekedése közti összefüggést tárgyalják. De az egyenletet fel lehet állítani például a vizsgált 14 erőmű befektetési költség adataira is, ha ezekből a kifejtett első egyenlet segítségével a teljesítőképesség kialakítására fordított befektetéseket levonjuk. A következőkben a termikus hatásfok egyenletének kialakítására a két módszer kombinációját fogjuk alkalmazni: az egyenlethez vezető folytonos görbét az irodalomból átvett adatok segítségével szerkesztjük meg, és a felállított egyenlet helyességét, gyakorlati alkalmazhatóságát, megbízhatóságát a vizsgált 14 erőmű befektetési költségének számításával fogjuk ellenőrizni.

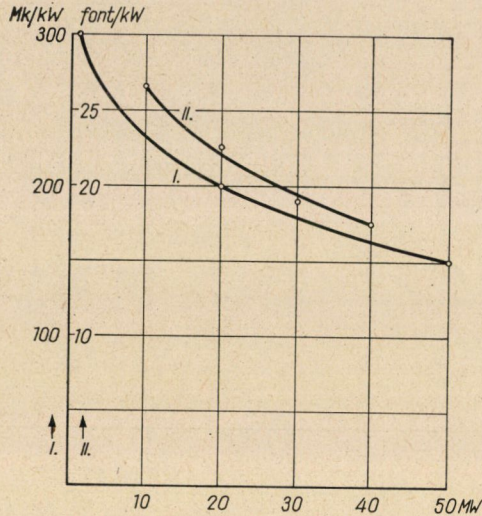
2. A teljesítőképesség kialakításának költségegyenlete

Korszerű gőzerőműveket általában 175 kg/cm²-ig terjedő gőznyomás, 565 C°-ig terjedő túlhevítés, egyszerű, esetenként kétszeri visszahevítés, egytengelyes, ritkábban kéttengelyes turbinagenerátor és egységesített (blokk rendszerű) kazán-turbinagenerátor elrendezés jellemzi. A kazánokban a tápvíznek csak mintegy 40% a vándorol a vízbe, 60%-a közvetlenül gőzzé alakul. Ez idő szerint a legnagyobb egytengelyű egység-teljesítőképesség percenkénti 3000 fordulatonál 500 MW. Korszerű gőzerőművek befektetési költségének 25—50%-a a termikus hatásfok kialakítására szükséges. Előbbiekkel szemben a század első negyedében épült gőzerőművek 15—25 kg/cm² nyomású, 300—350 C° hőfokú gőzzel dolgoztak, economiserrel voltak ellátva, és legnagyobb teljesítőképességük mintegy 60 MW-ra növekedett. Ilyen egyszerű szerkezetű gőzerőművek befektetési költsége csupán a teljesítőképesség kialakítására szolgált, és így a vonatkozó statisztikai adatok alkalmasak a befektetési költségnek a teljesítőképesség szerinti egyenletbe foglalására. G. KLINGENBERG 1913-ban megjelent „Bau grosser Elektrizitätswerke” című könyvében [3] gőzerőművek kW-kénti fajlagos befektetésére vonatkozólag a következő számokat adja meg:

A gőzerőmű teljesítőképessége, kW	1000	20 000	50 000
A kW teljesítőképesség befektetési költsége, Mk	300	200	150

G. KLINGENBERG adatait átvittük a 3. ábrába, és a befektetések pontjait I. görbével kötöttük össze.

A gyakorlatban szokásossá vált gőzerőművek fajlagos befektetési költségének alakulását a teljesítőképesség kettőzésére vonatkoztatni. A 3. ábra I görbéjén a teljesítőképesség kettőzésével a kW befektetések és az ezekből számított — felfelé szorzó, lefelé osztó — számok így alakulnak:



3. ábra. 1920—1930. évi gőzerőművek befektetési költsége

A gőzerőmű teljesítőképessége, P MW	12,5	25	50
A gőzerőmű befektetési költsége, f Mk/kW	225	185	150
A gőzerőmű szorzó-osztó számok	$\frac{225}{185} = 1,21$	$\frac{185}{150} = 1,23$	

A szorzó-osztó számok gyakorlatilag azonos értékei a teljesítőképesség kettőzése esetén arra mutatnak, hogy a fajlagos befektetések f görbéje a P teljesítőképesség x exponenciális értékével arányosan változik. Eszerint

$$f = \frac{C}{P^x}, \quad (1)$$

ahol C az árszinttől és pénzürtéktől függő állandó.

G. KLINGENBERG adatai szerint:

$$150 = \frac{C}{50^x} \quad \text{és} \quad 185 = \frac{C}{25^x}.$$

A két egyenlet megoldása $x = 0,3$ és $C = 486$ értékekhez vezet.

Az 1920-as előtti években Németországban épült gőzerőművek fajlagos befektetését tehát az $f = \frac{486}{P^{0,3}}$ Mk/kW egyenlet fejezi ki.

A. H. GIBSON az 1928. év előtti időszakban Angliában épült gőzerőművek befektetési költségére vonatkozólag a következő adatokat közli [4]:

Teljesítőképesség, P MW	10	20	30	40
Befektetési költség, font/kW	26,5	22,5	19	17,5

A. H. GIBSON adatait berajzoltuk a 3. ábrába, és a befektetési költség-pontokat II. görbével kötöttük össze. A teljesítőképesség kétszeres kettőzésével keletkező szorzó-osztó számok így alakulnak: $\sqrt{26,5 : 17,5} = 1,23$. A. H. GIBSON adatait az (1) egyenletbe helyettesítve az $x = 0,3$ és $C = 53$ értékeket kapjuk. Az 1928 előtti években Angliában épült gőzerőművek befektetési egyenlete tehát A. H. GIBSON adatai alapján $f = \frac{53}{P^{0,3}}$ font/kW.

Az (1) egyenlet x és C értékét a század elején épült egyszerű szerkezetű kondenzációs gőzerőművek adataiból vezettük le. A P MW x kitevője azonban az azonos szerkezetű és termikus hatásfokú korszerű gőzerőművek befektetési költségének tájékoztató számítására is használható. Erre mutat E. I. BOOTH és I. W. H. DORE tanulmánya is [5], mely szerint gőzerőművek teljesítőképességének kettőzésével a fajlagos befektetési költség mintegy 20%-kal, tehát 100-ról 80-ra csökken. A szorzó-osztó szám tehát $100 : 80 = 1,25$ és az (1) egyenlet szerint a P MW teljesítőképesség kitevője $x = \log 1,25 : \log 2 = 0,3$.

Az [1] alatt idézett PHILIP SPORN és S. N. FIALA tanulmány görbével ábrázolja a 100—400 MW egység-teljesítőképességű, az Amerikai Egyesült Államokban épült gőzerőművek 1929. évi árszintre átszámított befektetési költségét. A görbe szerint a 100 MW és a 400 MW egység-teljesítőképességű gőzerőművek fajlagos befektetési költsége 60, illetve 42 dollár. Az értékekből számított szorzó-osztó szám tehát $\sqrt{60 : 42} = 1,19$; ezzel az (1) egyenlet P_{MW} teljesítőképességének kitevője $x = \log 1,19 : \log 2 = 0,25$ értékű lesz.

Az előbbieken feldolgozott négy példából leszűrt eredményeket a következő összeállítás foglalja egybe:

Szerző neve	A kettős teljesítőképesség szorzó-osztó száma	A P MW teljesítőképesség kitevője x
G. KLINGENBERG	1,21—1,23	$x = 0,3$
A. H. GIBSON	1,23	$x = 0,3$
E. S. BOOTH és I. W. H. DORE	1,25	$x = 0,3$
PHILIP SPORN és S. N. FIALA	1,19	$= 0,25$

A táblázat szerinti $x = 0,3$ érték megbízhatónak fogadható el; a PHILIP SPORN és S. N. FIALA adat ugyan lényegesen eltér ezen értéktől, ám a kivételt valószínűleg az okozza, hogy a vonatkozó gőzerőműveken nem azonos termikus hatásfokú kazán-turbinagenerátor egységek voltak.

Ezen tanulmányban kondenzációs gőzerőművek teljesítőképességének kialakítására fordítandó f/kW befektetési költség számítására az $f = \frac{C}{P^{0,3}}$

egyenletet fogjuk használni; ahol P az erőművön felszerelt kazán-turbina-generátor-egység-teljesítőképességét jelenti MW-ban; C állandó a létesítés idején érvényes pénzértékben értendő. Különböző nagyságú egységek esetén ezek átlaga-teljesítőképessége vezet a P MW értékhez.

3. A termikus hatásfok kialakításának költségegyenlete

A) Az inherens hatásfok egyenlete a teljesítőképesség függvényében

Azonos szerkezetű kazánok, turbinagenerátorok és következőképpen gőzerőművek teljesítőképességének növekedésével természetesen csökken a fajlagos hőfogyasztás.

G. KLINGENBERG [3] alatt idézett könyvében a század elején épült gőzerőművek termikus hatásfokának a teljesítőképesség függvényében való alakulására a következő adatokat közli:

Teljesítőképesség, kW	.....	1000	5000	20 000
Termikus hatásfok	.....	12,3%	14,4%	16,6%

G. B. WARREN az 1930. évi berlini Energia Világkonferencián ismertette az Amerikai Egyesült Államokban gyártott azonos szerkezetű gőzturbina-generátorok optimális hőfogyasztási adatait a teljesítőképesség függvényében [6]. A közölt görbékől a következő adatokat olvastuk ki:

Az egykamrás, 28,5 kg/cm² nyomású, 225 C° hőfokú gőzzel dolgozó turbina-generátor teljesítőképessége

MW	.....	20	40	80	160
Hőfogyasztás kWh-ként	....	106,0	102,4	100,6	99,4

E. I. BOOTH és I. W. H. DORE [5] alatt idézett előadásában megemlítette, hogy az azonos szerkezetű termelő egységek teljesítőképességének kettőzésével azok fajlagos hőfogyasztása mintegy 1%-kal csökken.

Gőzturbina-generátoroknak, gőzkazánoknak, gőzerőműveknek egység-teljesítőképessége növekedéséből eredő hatásfokgyarapodását a következőkben matematikai úton fogjuk elemezni, és a teljesítőképesség növekedésének a hatásfok gyarapodására kifejtett befolyását egyenletbe fogjuk foglalni.

Kondenzációs turbina-generátor egységek hőfogyasztási egyenlete x terhelési fok függvényében így alakul [7]:

$$W_x = P \left[860 x \frac{w_m - 860}{100} \left(20 x_m + 60 x + \frac{20}{x_m} x^2 \right) \right] \text{ kcal/h.} \quad (2)$$

Ezen egyenletben

- P a turbinagenerátor egység teljesítőképessége kW-ban,
 w_m az optimális fajlagos hőfogyasztás kcal/kWh,
 x a terhelési fok a P teljesítőképesség százalékáiban kifejezve,
 x_m az optimális hőfogyasztás terhelési foka,
 $P \cdot 860 \cdot x$ a teljesítmény x terhelési foknál kcal/h,

$$P \frac{w_m - 860}{100} \left(20 x_m + 60 x + \frac{20}{x_m} x^2 \right) = a \text{ veszteségek } x \text{ terhelési}$$

tényezőnél kcal/h,

W_x a turbinagenerátorba vezetendő hőenergia kcal/h.

A (2) egyenlet a P kW teljesítőképességű turbina-generátor hőfogyasztását fejezi ki a $P \cdot x$ terhelés függvényében. A feladat most az azonos szerkezetű, különböző teljesítőképességű gőzturbinagenerátor egységek hőfogyasztási egyenletének felállítása teljes terhelések esetén, a P teljesítőképesség függvényében. Tekintve, hogy azonos kivitelű gőzerőművek teljesítőképességének kettőzése a hatásfokot csupán mintegy 1%-kal javítja, ugyanakkor azonban a fajlagos befektetési költség mintegy 20%-kal csökken, gazdaságossági szempontból a hatásfok gyarapodásának lényegesen kisebb a jelentősége a befektetési költségsökkenéssel szemben.

Az azonos szerkezetű P_1 , illetve P_2 teljesítőképességű turbinagenerátorokban keletkező, a terhelési fok első és második hátrányával változó veszteségeknek a (2) egyenlet szerinti 20%, 60% eloszlását a teljesítőképesség növekedése nem befolyásolja. A veszteségek nagysága azonban nem a terhelési tényező, hanem a P teljesítőképességnek valamilyen függvénye szerint igazodik. A dolgozó gőz mennyiségétől függő, a terhelés 1. kitevőjével változó veszteségek —, mint a hűtővízben, az égéstermékben és a salakban távozó melegtartalom — a P teljesítőképesség 1. hatványával arányosan $60 P$ mennyiségben jelentkezik. Mivel pedig a teljesítőképesség növekedésével a fajlagos hőfogyasztás csökken, — következésképpen a terhelés 0. és 2. hatványán változó, — a turbinagenerátor és a csővezetékek felületi hővesztesége, valamint a gőz-, víz-, gáz- és villamosvezetékben keletkező súrlódási veszteségek P teljesítménynek csak tört rendű kitevőjével kell hogy változzanak. G. B. WARRENnek a [6] alatt idézett adataiból 4 ismeretlent tartalmazó 4 egyenlet felállításával ezen két kitevő számára azonosan 0,5 értéket lehetett levezetni.

Eszerint azonos szerkezetű turbinagenerátorok W_i hőfogyasztási egyenlete P teljesítőképesség függvényében a következő alakot veszi fel:

$$W_i = C_1 P + C_2 (20 \sqrt{P} + 60 P + 20 \sqrt{P}) = C_2 (40 \sqrt{P} + 60 P) \text{ kcal/h.} \quad (3)$$

Ezen egyenletben C_1 és C_2 állandó értékeket képviselnek. A P és \sqrt{P} változók helyességét G. B. WARREN adatainak a kifejtendő egyenletből való visszaszámításával fogjuk ellenőrizni.

A turbinagenerátor fajlagos hőfogyasztása:

$$\begin{aligned} w_i &= \frac{W_i}{P} = C_1 + C_2 \left(\frac{40}{P} + 60 \right) = C_1 + C_3 \left(\frac{1}{P} + 1,5 \right) = \\ &= C_1 \left[1 + C_4 \left(\frac{1}{\sqrt{P}} + 1,5 \right) \right] \text{ kcal/kWh.} \end{aligned} \quad (4)$$

Két azonos szerkezetű P_1 , illetőleg P_2 teljesítőképességű turbogenerátor w_{i1} , illetőleg w_{i2} fajlagos hőfogyasztása közti összefüggés tehát:

$$w_{i1} : w_{i2} = \left[1 + C_4 \left(\frac{1}{P_1} + 1,5 \right) \right] : \left[1 + C_4 \left(\frac{1}{\sqrt{P_2}} + 1,5 \right) \right]. \quad (5)$$

C_4 állandó számítására G. B. WARREN adatai közül

$$P_1 = 160 \text{ MW}, W_{i1} = 99,4 \text{ és } P_2 = 20 \text{ MW}, W_{i2} = 105$$

értékeket behelyettesítve az (5) egyenletbe, kapjuk:

$$99,4 : 105 = (1 + 1,579 C_4) : (1 + 1,724 C_4).$$

Ezen egyenletből $c_4 = 1$ érték vezethető le, melynek a (4) egyenletbe való helyettesítésével jutunk a

$$w_{i1} : w_{i2} = \left(2,5 + \frac{1}{\sqrt{P_1}} \right) : \left(2,5 + \frac{1}{\sqrt{P_2}} \right) = \left(1 + \frac{0,4}{\sqrt{P_1}} \right) : \left(1 + \frac{0,4}{\sqrt{P_2}} \right) \quad (6)$$

egyenletbe.

Ezen egyenletben: P_1 , illetve P_2 azonos szerkezetű turbinagenerátorok teljesítőképessége, w_{i1} , illetve w_{i2} a gépegyeségek fajlagos hőfogyasztása.

A G. B. WARREN részéről (6) alatt közölt fajlagos hőfogyasztások százalékokban vannak feltüntetve. Azon célból, hogy a (6) egyenletből számított értékeket ugyanezen százalékokban lehessen kifejezni, behelyettesítjük például a $P = 20 \text{ MW}$, $w_i = 105$ összefüggő adatokat és így kapjuk a

$$w_i = 105 \left(1 + \frac{0,4}{\sqrt{20}} \right) : \left(1 + \frac{0,4}{\sqrt{P}} \right) = 114,4 : \left(1 + \frac{0,4}{\sqrt{P}} \right) \quad (7)$$

egyenletet.

Ha ezen egyenletbe sorban a $P = 40, 80, 160$ MW értékeket helyettesítjük, akkor a 3. táblázathoz jutunk, melyben összehasonlítás céljából a G. B. WARREN részéről megadott fajlagos hőfogyasztási értékek, valamint a tényleges és számított értékek közti százalékos eltérések is fel vannak tüntetve.

3. táblázat

P MW	Megadott hőfogyasztás	Számított hőfogyasztás	Eltérés a megadott %-ban
20	105	105	± 0
40	102,4	102,5	+0,1
80	100,6	100,7	+0,1
160	99,4	99,4	± 0

A 3. táblázat szerint a megadott és a számított fajlagos hőfogyasztások közti legnagyobb eltérés csak 0,1%. Erre támaszkodva ebben a tanulmányban az azonos termikus hatásfokú turbinagenerátorok fajlagos hőfogyasztásának számítására a

$$w_{11} : w_{12} = \left(1 + \frac{0,4}{\sqrt{P_1}}\right) : \left(1 + \frac{0,4}{\sqrt{P_2}}\right) \quad (8)$$

összefüggést fogjuk igénybe venni.

Előbbiekkal azonos módon vezethető le az azonos szerkezetű gőzkazánok teljesítőképessége és hatásfoka közötti összefüggés.

Gőzkazánok óránkénti hőfogyasztása a következő egyenletből számítható [7]:

$$W_k = P \left[x + \frac{1 - \eta_m}{100 \eta_m} \left(40 x_m + 20 x + \frac{40}{x_m} x^2 \right) \right] \text{ kcal/h.} \quad (9)$$

Ebben az egyenletben

- η_m a kazán optimális hatásfoka százalékokban kifejezve,
- x a terhelési fok tizedes törtekben kifejezve
- x_m az optimális hatásfok terhelési foka,
- $P \cdot x$ az óránként termelt hőmennyiség kcal/h,
- $P \frac{1 - \eta_m}{100 \eta_m} \left(40 x_m + 20 x + \frac{40}{x_m} x^2 \right)$ az óránkénti hőveszteség kcal/h,
- W_x a kazánba táplálendő hőmennyiség kcal/h.

Mivel P kazán-teljesítőképességnek a szerkezet méreteinek növelésével elérhető nagyobbításával a terhelési fok 0. és 2. hatványával változó veszte-

ségek \sqrt{P} -vel, a terhelési fok 1. hatványával változó veszteségek pedig P -vel arányosan nőnek, a (9) egyenlet így módosul:

$$W_k = C_1 P + C_2(80 \sqrt{P} + 20 P).$$

A kazán fajlagos hőfogyasztása:

$$w_k = \frac{W_k}{P} = C_1 + C_2 \left(\frac{80}{\sqrt{P}} + 20 \right) = C_1 + C_3 \left(\frac{1}{P} + 0,25 \right) = \frac{1}{\eta_m}. \quad (11)$$

Két P_1 , illetőleg P_2 teljesítőképességű, azonos szerkezetű gőzkazán η_{m1} , illetőleg η_{m2} hatásfoka közötti összefüggés tehát:

$$\frac{\eta_{m1}}{\eta_{m2}} = \frac{w_{m2}}{w_{m1}} = C_1 \left[1 + \frac{C_3}{C_1} \left(\frac{1}{\sqrt{P_2}} + 0,25 \right) \right] : C_1 \left[1 + \frac{C_3}{C_1} \left(\frac{1}{\sqrt{P_1}} + 0,25 \right) \right] = \\ = \left[1 + C_4 \left(\frac{1}{\sqrt{P_2}} + 0,25 \right) \right] : \left[1 + C_4 \left(\frac{1}{\sqrt{P_1}} + 0,25 \right) \right]. \quad (12)$$

Gőzkazánok hatásfoka körülbelül úgy aránylik a gőzturbinagenerátorok termikus hatásfokához, mint 2,5—3 : 1. Ennek alapján felvehetjük, hogy a 3. táblázatban turbógenerátorokra vonatkozó adatok gőzkazánok számára így módosulnak:

Kazánteljesítmény, MW	20	40	80	160
Fajlagos hőfogyasztás	101,27	100,4	99,8	99,4

A (12) egyenlet C_4 állandójának számítására tehát a 160, illetőleg a 20 MW teljesítőképességnek megfelelő $w_{m1} = 99,4$, illetőleg $w_{m2} = 101,27$ fajlagos hőfogyasztások behelyettesítésével kapjuk:

$$99,4 : 101,27 = \left[1 + C_4 \left(\frac{1}{\sqrt{160}} + 0,25 \right) \right] : \\ : \left[1 + C_4 \left(\frac{1}{\sqrt{20}} + 0,25 \right) \right] \text{ egyenletet.} \quad (13)$$

A számítás $C_4 = 0,132$ eredményhez vezet.

$C_4 = 0,132$ behelyettesítésével a (13) egyenlet így alakul:

$$\eta_{m1} : \eta_{m2} = \left(1 + \frac{0,132}{\sqrt{P_2}} \right) : \left(1 + \frac{0,132}{\sqrt{P_1}} \right). \quad (14)$$

Ha például a 20 MW teljesítőképességű gőzkazán hatásfoka $\eta_{m1} = 0,8$, akkor az azonos szerkezetű 40 MW teljesítőképességű kazán hatásfoka a teljesítőképesség kettőzése következtében

$$\begin{aligned}\eta_{m2} &= \eta_{m1} \left(1 + \frac{0,132}{\sqrt{20}}\right) : \left(1 + \frac{0,132}{\sqrt{40}}\right) = \frac{1,0295}{1,0209} \eta_{m1} = \\ &= 10084 \cdot 0,8 = 0,8067\text{-re növekedik.}\end{aligned}$$

A (8) egyenlet az azonos szerkezetű gőzturbinagenerátorok teljesítőképessége és fajlagos hőfogyasztása közti összefüggést ábrázolja; a (14) egyenlet pedig az azonos szerkezetű gőzkazánok hatásfokának változását mutatja a teljesítmény függvényében. Ezen egyenletek egybefoglalása tehát az azonos szerkezetű gőzerőműveknek a tüzelőanyagfogyasztásra vonatkoztatott termikus hatásfokát mutatja a teljesítőképesség függvényében:

$$\eta\% = \frac{\eta_m}{w_m} = C : \left(1 + \frac{0,4}{\sqrt{P}}\right) \left(1 + \frac{0,132}{\sqrt{P}}\right) = C : \left(1 + \frac{0,053}{P} + \frac{0,532}{\sqrt{P}}\right). \quad (15)$$

Ha a (15) egyenlet egyszerűsítése céljából a $\frac{0,053}{P}$ tagot viszonylagosan kis értéke miatt elhanyagoljuk, illetőleg a $\frac{0,532}{\sqrt{P}}$ értéket $\frac{0,55}{\sqrt{P}}$ -re kerekítjük fel, akkor végeredményben az

$$\eta\% = C : \left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{P}}\right) \quad (16)$$

egyenlethez jutunk, melyben P az azonos szerkezetű gőzerőművek MW teljesítőképességét, C állandó értéket, η pedig az erőműnek a tüzelőanyagfogyasztásra vonatkoztatott, százalékokban kifejezett legnagyobb termikus hatásfokát jelenti.

A (16) egyenlet segítségével ki tudjuk számítani a $P = 25, 50, 100, 200$, illetve 400 MW teljesítőképességű, azonos szerkezetű gőzerőműveknek a tüzelőanyagfogyasztásra vonatkoztatott termikus hatásfokát, a 25 MW teljesítőképességű erőmű 100-zal jelzett hatásfokának százalékáiban. $P = 100$ MW, $\eta = 100$ adatoknak a (16) egyenletbe való behelyettesítése $C = 100 \left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{25}}\right) = 111$ értéket eredményez. A hatásfokegyenlet tehát ebben az esetben $\eta = 111 : \left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{P}}\right)$. A számítások a következő eredményekhez vezetnek:

4. táblázat

P		η	Növekedés kettős teljesítő- képességnél
$P = 25 \text{ MW}$	$\left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{25}}\right) = 1,11$	$\eta = 100,$	—
50 MW	$\left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{50}}\right) = 1,0775$	$\eta = 103$	3 %
100 MW	$\left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{100}}\right) = 1,055$	$\eta = 105$	2 %
200 MW	$\left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{200}}\right) = 1,039$	$\eta = 107$	2 %
400 MW	$\left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{400}}\right) = 1,028$	$\eta = 108$	1 %

A C állandó kellő megállapításával a (16) egyenlet az azonos szerkezetű gőzerőművek teljesítőképessége és hatásfoka közötti összefüggést jelzi. Mivel a század elején épült gőzerőművek azonosan egyszerű szerkezetűek voltak és a tüzelőanyagra vonatkoztatott termikus hatásfokuk gyakorlatilag véve csupán a teljesítőképességtől függött, ezek alkalmasak a (16) egyenlet C állandó tényezője értékének kiszámítására. A Power Generation Committee of the American Institute of Electrical Engineers 1925. évi jelentése szerint az 1913-ban épült, 60 MW teljesítőképességnél nagyobb gőzerőművek fajlagos hőfogyasztása mintegy 5600 kcal/kWh volt [8]. Ezen átlagos hőfogyasztásnak 0,4 terhelési foknál mintegy 4870 kcal/kWh optimális érték felel meg. Az 1917. évben az USA-ban üzemben levő gőzerőműveknek a tüzelőanyagfogyasztásra vonatkoztatott termikus hatásfoka tehát $\eta = \frac{860}{4870} = 17,5\%$ volt.

Eszerint a (16) egyenlet C állandó tényezőjének értéke:

$$C = 17,41 \left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{60}}\right) = 18,6 \%,$$

és ezzel az egyenlet számszerű kifejezése a következő alakot veszi fel:

$$\eta\% = 18,6 : \left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{P}}\right). \quad (17)$$

A (17) egyenlet a tüzelőanyagfogyasztásra vonatkoztatott termikus hatásfok szempontjából azonos szerkezetű, tehát a hatásfokot mesterségesen javító berendezéstől mentes gőzerőmű teljesítőképessége és inherens hatásfoka

közti összefüggést fejezi ki; számszerűleg megmutatja a kazán-turbinagenerátor-egység termikus hatásfokának természetes gyarapodását a teljesítőképesség növekedése esetén.

A (17) egyenlet segítségével az egyszerűsített szerkezetű gőzerőműveknek a tüzelőanyagfelhasználásra vonatkoztatott inherens hatásfoka így alakul:

A leegyszerűsített gőzerőmű

teljesítőképessége, MW	2	10	50	250	500
A tüzelőanyagfogyasztásra vonatkoztatott inherens hatásfok	13,4%	15,9%	17,3%	18%	18,2%

G. KLINGENBERG [3] alatt idézett könyvében a század elején épült egyszerű szerkezetű gőzerőművek teljesítőképessége és hatásfoka közti következő összefüggést adja:

A gőzerőmű teljesítőképessége, MW	1	5	20
hatásfoka, %	12,3%	14,4%	16,6%

A (17) egyenlet segélyével számított hatásfokok pedig a következők:

$$P \text{ MW} = \begin{matrix} 1 & 5 & 20 \\ \eta\% = 18,6 : \left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{1}}\right) = 12,1\% & 18,6 : \left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{5}}\right) = 15\% & 18,6 : \left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{20}}\right) = 16,7\% \end{matrix}$$

Eltérés KLINGENBERG

adataitól: $-1,6\%$ $+4\%$ $+0,6\%$

A G. KLINGENBERG részéről megadott és a (17) egyenlet segélyével számított hatásfokok között tehát gyakorlatilag tűrhető eltérések vannak.

B) A termikus hatásfok kialakításának költségegyenlete

Az A) fejezetben rámutattunk arra, hogy kazán-turbinagenerátor egységek teljesítőképességének növekedésével veleszületett, inherens sajátossága a hatásfok gyarapodása; az irodalomból kiemelt adatok felhasználásával felállítottuk gőzerőművek P teljesítőképessége és η_t inherens termikus hatásfok közti összefüggés $\eta_t = 18,6 : \left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{P}}\right)$ egyenletét is. Az inherens hatásfokgyarapodás kétszeres egység-teljesítőképesség esetén a 4. táblázat szerint 5 MW alatt mintegy 8–10%, tehát jelentékeny; azonban az egység-teljesítőképesség növekedésével az inherens hatásfok gyarapodás fokozatosan csökken

és 200 MW egység-teljesítőképesség felett 1%-ra zsugorodik. Ám az 1%-os hatásfokgyarapodás is számottevő, ha meggondoljuk, hogy az inherens hatások kialakulása költségmentes, mert a vonatkozó befektetési költséget a teljesítőképesség kialakításának költsége fedezi. Az inherens értéken túlmenő hatásokot azonban különböző berendezések felszerelésével és a gőzállapot, nyomás és hőfok növelésével kell a befektetési költség terhére kialakítani. A. E. KNOWLTON 1937-ben az Amerikai Egyesült Államok 56 gőzerőművét elemezve [9] az alkalmazás gyakoriságának sorrendjében következőleg foglalta össze a gőzerőművek termikus hatásfokának gyarapítására szolgáló berendezéseket és módozatokat:

5. táblázat

<i>Felszerelések</i>	<i>Erőművek száma</i>
Hőátvevő csövek a tüztérben	54 = 93 %
Gőzelvétel a tápvíz melegítésére	52 = 93 %
Levegő előmelegítés	47 = 84 %
Szénportüzelés	32 = 57 %
A tüzelés automatikus szabályozása	31 = 55 %
Stoker-rostély	20 = 36 %
Turbógenerátorok hidrogénhűtése	7 = 12,5%
A fáradt gőz visszahevítése	4 = 7 %

Ezeket a berendezéseket 1937 óta általánosan használják és 1945 óta a termikus hatások további gyarapodására az erőművek nagy lendülettel veszik igénybe a gőz nyomásának és hőfokának fokozatos emelését.

Annak feltételezésével, hogy a termikus hatásokgyarapodás $\left(\frac{\eta}{\eta_i}\right)$ arányszámával az erőmű $\left(\frac{f}{f_i}\right)$ befektetésnövekedés aránya lineárisan változik, a két változó összefüggését az

$$\left(\frac{f}{f_i}\right) = C_1 \left(\frac{\eta}{\eta_i}\right)^0 + C_2 \left(\frac{\eta}{\eta_i}\right)^1 = C_1 + C_2 \left(\frac{\eta}{\eta_i}\right) \quad (18)$$

egyenlet fejezi ki, ahol C_1 és C_2 a gazdasági viszonyoktól és pénzürtéktől függő állandók. C_1 és C_2 állandók számítására két segédegyenlet szükséges. Az egyikhez az a felismerés vezet, hogy $\eta = \eta_i$ esetén $f = f_i$. Ennek behelyettesítésével kapjuk a

$$C_1 + C_2 = 1 \quad (19)$$

segédegyenletet.

A második segédegyenlet felállítására az irodalomból merítettük a következő adatokat:

a) G. B. WARREN [6] alatt idézett előadása szerint a 90 kg/cm^2 gőznyomásra épült, visszahevítéssel dolgozó erőmű kW-onkénti befektetése mintegy 6—10%-kal nagyobb összeget igényel, mint az azonos hőfokú, de 29 kg/cm^2 nyomású erőmű; a termikus hatásfok ezzel mintegy 13%-kal javul. Eszerint a termikus hatásfok 13%-os nagyobbítását 6—10%-os befektetés-többlettel, tehát a hatásfok 1%-os gyarapodását a befektetésnek 0,46—0,77, átlag 0,61%-os növelésével lehet kimunkálni.

b) I. D. JUSTIN and W. G. MERVIN „Power Supply Economics” című könyve szerint [10] az 50 MW teljesítőképességű 400 C° hőfokkal dolgozó erőmű termikus hatásfoka és befektetési költsége közötti összefüggés így alakul:

Gőznyomás, kg/cm^2	29	86
Az erőmű termikus hatásfoka, %	24,4	28,7
Az erőmű fajlagos befektetési költsége, dollár	88	96,7

Eszerint 16,7%-os hatásfoknagyobbítás az erőmű befektetési költségét kerekén 9,9%-kal, tehát 1% hatásfokgyarapodás 0,56%-kal növeli.

c) CHRISTIE adatai szerint a 90 kg/cm^2 nyomású gőzerőmű fajlagos befektetési költsége 5%-kal nagyobb a 32 kg/cm^2 nyomású gőzzel dolgozó erőmű befektetési költségével szemben. Eszerint 1% termikus hatásfokgyarapodás kerekén 0,28% költség növelésével valósítható meg.

Az Electrical World 1931. október 3. számában amerikai mérnökök következő adatait közli [11]:

d) Teljesítőképesség = 400 MW; gőzhőfok = 400 C° .

Gőznyomás, kg/cm^2	29	86
Termikus hatásfok, %	24,4%	28,7
Fajlagos befektetés	100	112,5

Eszerint 17,6%-os hatásfokgyarapodás az erőmű befektetési költségét 12,5%-kal, tehát 1%-os hatásfokgyarapodás 0,71%-kal növeli.

e) Teljesítőképesség 100 MW-on felül:

Gőznyomás, kg/cm^2	29	86
Termikus hatásfok, %	24,4	28,7
Fajlagos befektetési költség	100	110

Eszerint a termikus hatásfok 17,6%-os gyarapodása az erőmű befektetési költségének 5—10%-os növekedését idézi elő, tehát 1% hatásfoknövekedés a befektetési költséget 0,29—0,57, kerekén 0,43%-kal emeli.

Az a)–e) pontok alatt közölt 5 adat szerint gőzerőművek termikus hatásfokának 1%-os gyarapítása a fajlagos befektetést átlag $(0,61 + 0,56 + 0,28 + 0,71 + 0,43) : 5 = 0,52\%$ -kal növeli meg.

A (18) egyenlet C_1 és C_2 állandóinak számítására szükséges második segédegyenlet számára tehát a (18) egyenletbe $\left(\frac{\eta}{\eta_i}\right) = 1,01$; $\left(\frac{f}{f_i}\right) = 1,0052$ helyettesítendő. Így kapjuk:

$$\begin{aligned} 1,0052 &= C_1 + 1,01 C_2 \\ 1 &= C_1 + C_2 \end{aligned} \quad (20)$$

segédegyenleteket. Az egyenletrendszer megoldása a $C_1 = 0,5$ és $C_2 = 0,5$ állandókhoz vezet.

Az $a)$ — $e)$ pontok alatt feldolgozott amerikai adatok alapján gőzerőművek termikus hatásfokgyarapítása és fajlagos befektetési költségnövekedése közötti összefüggés 24,4 és 28,7% termikus hatásfokok közti területen így alakul:

$$\left(\frac{f}{f_i}\right) = 0,5 + 0,5 \left(\frac{\eta}{\eta_i}\right), \quad (21)$$

ahol $\left(\frac{\eta}{\eta_i}\right)$ a kívánt hatásfok aránya az erőmű inherens hatásfokához; $\left(\frac{f}{f_i}\right)$ az η termikus hatásfokú erőmű fajlagos befektetésének aránya az η_i inherens hatásfokú erőmű fajlagos befektetési költségéhez.

A (21) egyenlet feltételezi, hogy a termikus hatásfokgyarapodás lineárisan változik a befektetés növelésével. A gyakorlat azonban megcáfolja ezt a feltevést. A hatásfoknak az inherens értéken felüli gyarapításával ugyanis az erőművek először azokat a berendezéseket szerelik fel, melyek azonos befektetéssel nagyobb hatásfokjavulást eredményeznek; a hatásfok fokozatos növekedésével fokozatosan kerül sor a befektetés szempontjából kevésbé hatékony eszközökre. Így épültek fel a 38% termikus hatásfokú erőművek; a kritikusan felüli gőznyomás és kétszeri visszahevítés alkalmazásával, nagy befektetések árán érik el a 40% termikus hatásfokot. Ezen túlmenőleg kívánatos lenne austenites acél alkalmazása; erről azonban PHILIP SPORN és S. N. FIALA az Energia Világkonferencia 1958. évi montreali ülésén következőleg nyilatkozott: „A gőzhőfoknak 565 C°-ról 675 C°-ra való növeléséből eredő hatásfokgyarapodás nincs arányban az alkalmazandó austenites acél költségével; jelenleg 565 C°-ot meghaladó gőzhőmérséklet alkalmazása nem gazdaságos” [12].

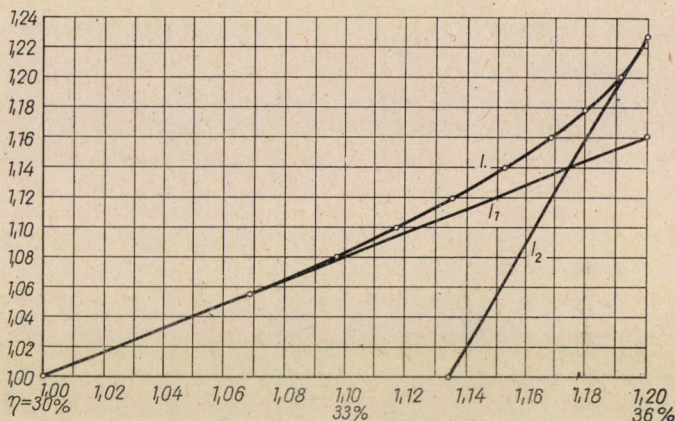
Gőzerőművek befektetésének $\left(\frac{f}{f_i}\right)$ -szeres növekedése és a termikus hatásfoknak $\left(\frac{\eta}{\eta_i}\right)$ -szeres gyarapodása közti arányszám tehát nem lehet állandó; az arányszámnak exponenciális görbe szerint kell növekedni a következő egyenlet alapján:

$$\left(\frac{f}{f_i}\right) = C_1 \left(\frac{\eta}{\eta_i}\right)^0 + C_2 \left(\frac{\eta}{\eta_i}\right)^x = C_1 + C_2 \left(\frac{\eta}{\eta_i}\right)^x. \quad (22)$$

A C_1 , C_2 és x ismeretlenek számítására 3 segédegyenlet szükséges.
 $\eta = \eta_i$ esetén $f = f_i$ behelyettesítésével jutunk az első egyenlethez:

$$C_1 + C_2 = 1. \quad (23)$$

A második segédegyenlet az $a)$ — $e)$ pontok alatt elemzett 5 példa eredményeiből vezethető le; eszerint 24,4% és 28,7% termikus hatásfokok közötti tartományban az erőmű termikus hatásfokának 1%-os gyarapítása a befektetési költséget 0,52%-kal növeli.



4. ábra. Gőzerőművek befektetési költségnövekedése a termikus hatásfokgyarapodás függvényében, E. I. BOOTH & I. W. H. DORE szerint

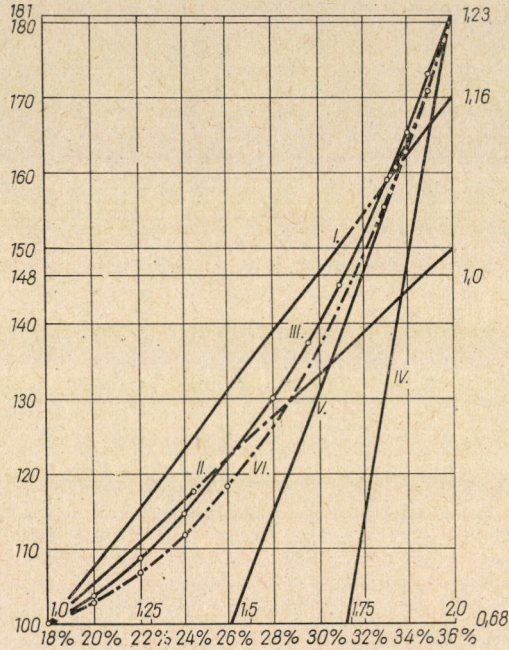
A harmadik segédegyenlet E. I. BOOTH és I. W. H. DORE [5] alatt idézett előadásában közölt 1. ábra igénybevételével állítható fel. Az ábrán felrajzolt görbét a 4. ábra I. diagramjába másoltuk át. A koordinátarendszer ordinátája gőzerőművek fajlagos befektetési költségének növekedését mutatja az abszcisszatengelyen jelzett termikus hatásfok gyarapodásának függvényében. Az előadás 2. ábrájából kiolvasható, hogy a koordinátarendszer 0 pontja 30%, végpontja pedig 36% termikus hatásfoknak felel meg.

A 4. ábrán bemutatott I. diagram 30—32,6%-os termikus hatásfokig egyenes vonalban emelkedik, és ezalatt a fajlagos befektetés költsége mintegy 8%-kal növekedik; a termikus hatásfok 1%-os gyarapítására tehát az egyenes szakaszon 0,95% befektetéstöbblet szükséges; innen kezdve az egyenes meredeken kapaszkodó görbébe lendül, és 36%-os termikus hatásfoknál már 1% hatásfoknövekedésnek megfelelő 4% költségszaporulattal éri el az ordinátatengelyt. I_1 a görbe kezdeti, I_2 ennek végső érintőjét ábrázolja.

A 4. ábrán mind a hatásfok, mind pedig a befektetési költség növekedése önkényesen felvett 30% termikus hatásfokhoz van viszonyítva. Ezen tanul-

mányban mind a hatások, mind pedig a befektetési költségnövekedést a természetesen kiadódó inherens értékekre fogjuk vonatkoztatni; az inherens hatásfokot 18%-ban rögzítjük, az erőmű inherens hatásfokának megfelelő fajlagos befektetést pedig 100-zal jelöljük meg.

Az 5. ábra koordinátarendszerének abszcisszatengelye 18%-tól 36%-ig terjedő termikus hatásfokra van beosztva és az ordinátatengely kezdőpontja 100-zal jelölve. A 4. ábra I. diagramja úgy illesztendő be ebbe a koordináta-



5. ábra. Gőzerőművek termikus hatásfokgyarapodása és befektetési költségnövekedése közti összefüggés

rendszerbe, hogy az egyes szakasz meghosszabbítása ezen koordinátarendszer kezdőpontjába fusson be. Ha a 4. ábrán a koordinátarendszer kezdőpontját 1-gyel jelöljük, akkor az I. diagram egyenes szakaszának meghosszabbítása 1,16-dal, az íves rész pedig 1,23-dal jelölt hosszát vág le a jobb oldali ordinátatengelyből; az abszcisszatengelyen rögzített 1—1,20 hosszának pedig az 5. ábrán 30—36% termikus hatásfok felel meg. Ha a beillesztés után az abszcisszatengelyek közti távolságot y -nal jelöljük, akkor az 5. ábra szerint $\frac{1,16 - 1}{36 - 30} = \frac{1,16 - 1 + y}{36 - 18}$. A két abszcisszatengely közötti távolság tehát $y = 0,32$. Eszerint a 4. ábra koordinátarendszerének kezdőpontja az 5. ábrán $1 - 0,32 =$

= 0,68 ordinátán fekszik. Ezt az abszcisszatengelyt a koordinátarendszer bal oldalán 100-zal jelöljük és így az 5. ábra abszcisszatengelye $\frac{100}{0,68} \cdot 1 = 148$, az I egyenessel az abszcisszatengelyből lemetszett hossza $\frac{100}{0,68} \cdot 1,16 = 170$ és az I görbe csúcsa $\frac{100}{0,68} \cdot 1,23 = 181$. Az 5. ábra bal oldali ordinátatengelye ennek megfelelően van beosztva.

Az 5. ábrán az I. diagram íves szakasza vastag vonallal van feltüntetve. Ezen íves rész valamelyik pontja tartalmazza az exponenciális görbe (22) egyenletének felállításához szükséges harmadik segédegyenlet adatait. A legkisebb százalékos eltérés elvét követve legalkalmasabb lenne e célra a 34%-tól 36%-ig terjedő ív közepét, tehát a 35% termikus hatásfoknak az I. görbe szerint megfelelő $\left(\frac{f}{f_i}\right) = 1,7$ ordinátát választani az exponenciális görbe harmadik pontjával. Mégis azon feltevéssel, hogy $\left(\frac{\eta}{\eta_i}\right) = 2$ termikus hatásfoknövekedésnek megfelelő $\left(\frac{f}{f_i}\right) = 1,81$ arányú befektetésnövekedés a gyakorlatból átvett értéket képviseli, — ezt a csúcspontot helyezzük az exponenciális görbe nyomvonalába. Eszerint az exponenciális görbe harmadik segédegyenlete így alakul:

$$1,81 = C_1 + C_2 \cdot 2^x . \quad (24)$$

Annak feltételezésével, hogy 24,4 és 28,7 termikus hatásfokok között az $a)$ — $e)$ alatt vizsgált kazán-turbinagenerátor egységek $\left(\frac{\eta}{\eta_i}\right)$ és $\left(\frac{f}{f_i}\right)$ összefüggése lineáris jellegű, — már felállítottuk a vonatkozó (21) jelű $\left(\frac{f}{f_i}\right) = 0,5 + 0,5 \left(\frac{\eta}{\eta_i}\right)$ egyenletet. $\eta_1 = 24,4$, illetőleg $\eta_2 = 28,7$ termikus hatásfoknál ezen egyenlet $\left(\frac{f}{f_i}\right) = 1,18$, illetőleg 1,30 ordinátákhoz vezet. Az 5. ábra II. egyenese az $a)$ — $e)$ alatt vizsgált egységeknek hatásfokgyarapodása és befektetési költségnövekedése közötti összefüggést alkotja. A kialakítandó exponenciális görbének fedni kellene ezen egyenest is, ám gyakorlatilag tűrhető határok közötti eltéréssel elégséges, ha a két vonal kis szög alatt metszi egymást. Az eltérés a két görbe vonatkozó ordinátái közt akkor legkisebb, ha az exponenciális görbe a II. egyenest középen, tehát 26,5% termikus hatásfoknál metszi. Az $\left(\frac{\eta}{\eta_i}\right) = \frac{26,5}{18}$ érték behelyettesítésével a (21) egyenlet $\left(\frac{f}{f_i}\right) = 1,24$ befektetési költségnövekedéshez vezet.

Az exponenciális egyenlet felállítására szükséges 3 segédegyenlet tehát a következő:

$$\left. \begin{aligned} 1 &= C_1 + C_2 \\ 1,24 &= C_1 + C_2 \cdot 1,47^x \\ 1,81 &= C_1 + C_2 \cdot 2^x \end{aligned} \right\}. \quad (25)$$

Az egyenletrendszer feloldása a következő értékeket adja: $C_1 = 0,908$ $C_2 = 0,092$; $x = 3,3$. Az ezen értékekre alapozott exponenciális egyenlet tehát így alakul:

$$\left(\frac{f}{f_i}\right) = 0,908 + 0,092 \left(\frac{\eta}{\eta_i}\right)^{3,3}. \quad (26)$$

Az ezen egyenletből számított görbét az 5. ábrán III-mal jelöltük.

A befektetési költségekre vonatkozó eltérések az $x = 3,3$ kitevőjű görbe és az $a-e)$ alatt vizsgált erőművek II. befektetési költség egyenesé között következőleg alakulnak:

$$\begin{aligned} \left(\frac{\eta}{\eta_i}\right) &= \frac{24,4}{18} = 1,355 \text{ termikus hatásfokgyarapodásnál} \\ \left(\frac{f}{f_i}\right) &= 0,5 + 0,5 \cdot 1,355 = 1,177 = 0,908 + 0,092 \cdot 1,355^{3,3} = 1,158 = \\ &= -1,6\%; \\ \left(\frac{\eta}{\eta_i}\right) &= \frac{28,7}{18} = 1,59 \text{ termikus hatásfokgyarapodásnál} \\ \left(\frac{f}{f_i}\right) &= 0,5 + 0,5 \cdot 1,59 = 1,295 = 0,908 + 0,092 \cdot 1,59^{3,3} = 1,334 = +3\%. \end{aligned}$$

A III. görbe és a II. egyenes 24,4—28,7% hatásfoka közötti befektetés-növekedés eltérések tehát gyakorlatilag tűrhető határok közé szorulnak.

Az $x = 3,3$ kitevővel számított III. görbe és az I. görbe íves szakasza közti költségeltérések 0,2%-ra zsugorodnak.

Az 5. ábrán 36% termikus hatásfoknál megrajzoltuk az I. és III. görbe IV. és V. végső érintőit. Ezek az abszcisszatengelyt a 31,3%, illetőleg a 26% termikus hatásfoknál metszik. Az érintők és az abszcisszatengely által bezárt szögek tam $\alpha_1 = \frac{181 - 100}{100} : \frac{36 - 31,3}{18} = 3,06$ és $\alpha_1 \cong 72^\circ$; $\tan \alpha_2 = \frac{181 - 100}{100} \cdot \frac{36 - 26}{18} = 1,44$ és $\alpha_2 = 55^\circ$. α_2 szög helyessége az $\left(\frac{f}{f_i}\right) = 0,908 + 0,092 \left(\frac{\eta}{\eta_i}\right)^{3,3}$ egyenletből képezett $\tan \alpha_2 = d(f/f_i) : d(\eta/\eta_i) = 0,092 \cdot 3,3 \left(\frac{\eta}{\eta_i}\right)^{2,3}$ differenciálhányados képzésével ellenőrizhető. Eszerint $\tan \alpha_2 =$

$= 0,092 \cdot 3,3 \left(\frac{36}{18} \right)^{2,3} = 1,48$ a rajzolt érintő metszési pontjául megfigyelt 1,44 értékkel szemben.

36% termikus hatásfokon és ettől lefelé mintegy 34%-ig az $x = 3,3$ kitevővel rajzolt III. görbe tűrhető határokon belül az I. görbe ordinátaival azonos befektetési költségeket jelez; 36% termikus hatásfokon felül azonban a IV. és V. érintők meghosszabbításával az $\left(\frac{f}{f_i} \right)$ befektetési költségárányok fokozatosan szétválnak, és 40,5% termikus hatásfoknál a III. exponenciális görbe már mintegy 17%-kal kisebb befektetést mutat, mint az E. I. BOOTH és I. W. H. DORE [5] alatt idézett előadásából átvett I. görbe meghosszabbítása. Sajnos, e tanulmány szerzője az irodalomban nem talált arra vonatkozólag adatot, hogy 36% termikus hatásfokon felül miként növekedik a befektetési költség; mégis indokoltnak látja olyan $x = 3,3$ -nál nagyobb kitevőjű exponenciális görbét kifejleszteni, melynek a 36% termikus hatásfokhoz húzott érintője a IV. és V. érintők között helyezkedik el. x kitevő azonban csak mérsékelten növelhető, hogy a II. egyenessel való metszési pontja még a 24,4% és 28,7% termikus hatásfok határok között maradjon.

$x = 4$ kitevőjű behelyettesítésével az exponenciális egyenlet így alakul:

$$1 = C_1 + C_2$$

$$\left(\frac{f}{f_i} \right) = C_1 + C_2 \left(\frac{\eta}{\eta_i} \right)^4 \quad (27)$$

36% termikus hatásfoknál $\left(\frac{\eta}{\eta_i} \right) = 2$ és $\frac{f}{f_i} = 1,81$, tehát

$$1,81 = C_1 + C_2 \cdot 2^4$$

$$1 = C_1 + C_2 \quad (28)$$

Ezen egyenletrendszer feloldása $C_1 = 0,946$; $C_2 = 0,054$ állandókhöz vezet. Az exponenciális egyenlet tehát:

$$\left(\frac{f}{f_i} \right) = 0,946 + 0,054 \left(\frac{\eta}{\eta_i} \right)^4 \quad (29)$$

Ezen egyenletben:

η_i a kazán-turbinagenerátor egységek inherens hatásfoka százalékban (például 35%) kifejezve,

f_i az η_i inherens hatásfokú erőmű kW-kénti fajlagos befektetési költsége,

η a kazán-turbinagenerátor egységek termikus hatásfoka,

f az η termikus hatásfokú erőmű kW-kénti befektetési költsége.

Egy mástól különböző egységek esetén a középértékek veendőek.

Az exponenciális görbe érintője:

$$\tan \alpha = d\left(\frac{f}{f_i}\right) : d\left(\frac{\eta}{\eta_i}\right) = 0,054 \cdot 4 \left(\frac{\eta}{\eta_i}\right)^3. \quad (30)$$

Az 5. ábrába berajzoltuk az $x = 4$ kitevőjű VI. exponenciális görbét. A VI. görbe az $\eta_i = 18\%$ termikus hatásoknak megfelelő $\left(\frac{\eta}{\eta_i}\right) = 1$ pontból indul; körülbelül $28,7\%$ termikus hatásoknak megfelelő $\left(\frac{\eta}{\eta_i}\right) = 1,55$ abszcisszánál metszi az $(a-e)$ alatt vizsgált erőművek II. befektetési vonalát, 34% és 35% termikus hatások között együtt emelkedik a 4. alatt idézett I. befektetés ívével, és befut a 36% termikus hatásoknak megfelelő $\left(\frac{f}{f_i}\right) = 1,81$ befektetés növekedési arány csúcspontjába.

Az eltérés az $(a-e)$ alatt vizsgált erőművek II. befektetési költség vonalával szemben következőleg alakul: az $\left(\frac{f}{f_i}\right) = 0,5 + 0,5 \left(\frac{\eta}{\eta_i}\right)$ (21) egyenlet szerint a II. egyenes $28,7\%$ termikus hatásokánál $\left(\frac{f}{f_i}\right) = 0,5 + 0,5 \left(\frac{28,7}{18}\right) = 1,296$ és

$$\text{az } \left(\frac{f}{f_i}\right) = 0,946 + 0,054 \left(\frac{28,7}{18}\right)^4 \text{ egyenlet szerint } \left(\frac{f}{f_i}\right) = 1,292 = -0,3\%.$$

$\eta = 24,4\%$ termikus hatásoknál pedig az eltérés:

$$\left(\frac{f}{f_i}\right) = 0,5 + 0,5 \left(\frac{24,4}{18}\right) = 1,177, \text{ illetve}$$

$$\left(\frac{f}{f_i}\right) = 0,946 + 0,064 \left(\frac{24,4}{18}\right)^4 = 1,128 = -4\% .$$

Gőzerőművek termikus hatásokának kialakítására szükséges befektetési költséget ábrázoló, VI. jelű, $x = 4$ kitevőjű exponenciális görbe 18% és 36% termikus hatásoknál fekvő pontjai egyeznek a gyakorlatból kiemelt adatokkal; 24% -tól $28,7\%$ termikus hatások között $0-4\%$ -kal tér el a gyakorlati adatoktól és 34% -tól 35% -ig terjedő szakaszon fedi a gyakorlati adatokat; feltehető tehát, hogy a görbének 36% -tól 40% -ig terjedő, a (29) egyenletből számított meghosszabbítása is megbízható eredményeket szolgáltat a befektetési költség tájékoztató számítására.

A (29) egyenlet 18% inherens hatásfokra van vonatkoztatva. Az induló inherens hatásfok megváltoztatása az eredményeket nem befolyásolja, csupán az abszcissza $\left(\frac{\eta}{\eta_i}\right)$ szerinti beosztása változik.

3. Gőzerőművek befektetési költségegyenlete

1. és 2. alatt a teljesítőképesség és a termikus hatásfok kialakítására szükséges befektetési összegek számítására felállítottuk az (1), (17) és (29) egyenleteket. Ezeket az egyenleteket most már szervesen illesztjük össze egyetlen befektetési költségegyenletbe.

Az egyenletben a következő jelzések foglaltatnak:

$f_i = \frac{C}{P^{0,3}}$ a kazán-turbinagenerátor egység P_{MW} teljesítőképességének kialakítására szükséges fajlagos befektetés költsége;
 f a P_{MW} teljesítőképességű, η termikus hatásfokú kazán-turbinagenerátorból álló erőmű fajlagos befektetési költsége;

$$f = f_i \left[0,946 + 0,054 \left(\frac{\eta}{\eta_i} \right)^4 \right]. \quad (29)$$

A két egyenlet összevonásából kapjuk

$$f = \frac{C}{P^{0,3}} \left[0,946 + 0,054 \left(\frac{\eta}{\eta_i} \right)^4 \right]. \quad (30)$$

$\eta_i = \frac{18,6}{\left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{P}}\right)}$ a P MW teljesítőképességű kazán-turbinagenerátor egység inherens termikus hatásfoka;

η_i értékét a (29) egyenletbe helyettesítve kapjuk:

$$f = f_i \left[0,946 + 0,054 \left(\frac{\eta}{\eta_i} \right)^4 \cdot \left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{P}} \right)^4 \right]. \quad (31)$$

Ezen egyenletbe f_i értékét behelyettesítve kapjuk a P MW teljesítőképességű, $\eta\%$ termikus hatásfokú kazán-turbinagenerátor egységekből álló gőzerőmű kW-onkénti fajlagos befektetési költségének következő végső egyenletét:

$$f_{/kW} = \frac{C}{P^{0,3}} \left[0,946 + 0,054 \left(\frac{\eta}{18,6} \right)^4 \left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{P}} \right)^4 \right]. \quad (32)$$

Ezen egyenletben:

P a kazán-turbinagenerátor egység kW teljesítőképessége,
 η a kazán-turbinagenerátor egység termikus hatásfoka százalékokban (például 35%) kifejezve;

C a gazdasági viszonyoktól és a pénznemtől függő állandó;

f a kazán-turbinagenerátor egységből álló gőzerőmű kW-onkénti fajlagos befektetése.

Egymástól különböző kazán-turbinagenerátor egységek felszerelése esetén az eredő értékek:

$$P = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n} \text{ és } \eta = \frac{P_1 \eta_1 + P_2 \eta_2 + \dots + P_n \eta_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} \quad (33)$$

C állandó értékét az azonos időszakban épült P MW egység-teljesítőképességű és $\eta\%$ termikus hatásfokú gőzerőmű f /kW fajlagos befektetési költségének a (32) egyenletbe való helyettesítése rögzíti meg. Ez állandónak behelyettesítésével a (32) egyenlet az azonos időben, azonos viszonyok között létesített vagy létesítendő szokványos gőzerőművek számítására tájékoztató befektetési költségeket eredményez.

A kialakított egyenletek megbízhatóságát és gyakorlati használhatóságát statisztikai adatokból kiemelt példákkal fogjuk ellenőrizni. Az Electrical World [2] alatt idézett statisztikája az Egyesült Államokban az 1957. évet megelőző időben épült gőzerőművek adatait tartalmazza. Az Electrical World 1925 előtti közlései a felszerelt kazán-turbinagenerátor egységek kW-onkénti befektetési költségét is kimutatták, az újabb statisztikák azonban osztályokba sorolják a teljesítőképességeket, és így ezek matematikai feldolgozásra nem alkalmasak. A kazánok adataiból, a megadott termikus hatásfokokból és terhelési tényezőkből ez nban számíthatók az egységek teljesítőképességei is. A közölt termikus hatásfokok üzemi eredményekre vonatkoznak, ezért ezen hatásfokokat az $\eta = \frac{0,94I + 0,06}{I}$ képlet segítségével átszámítottuk a gyártási hatásfokokra.

A vizsgálatokat az 1957. és 1959. évi statisztikai adatok alapján végezzük. Mivel az Egyesült Államok gőzerőműveinek fajlagos befektetési költsége évről évre változik, az adatok közül csupán az erőműveket vettük számításba, melyek 1954—1956-ban kerültek üzembe. Ezek közül is ki kellett szűrni azon erőműveket, melyeknek adatai hiányosak vagy fajlagos befektetésük szemlátomást szélsőséges. Ezeknek kiküszöbölésével a 30 azonos korú erőműből 14 maradt feldolgozásra alkalmasnak.

A (29) egyenlet módot nyújt arra, hogy a 14 erőművet 18% inherens hatásfokra egyszerűsítsük. Az így számított fajlagos befektetéseket koordináta-rendszerben ábrázoljuk, melynek abszcisszáját a MW teljesítőképesség,

ordinátáját a fajlagos befektetési költség alkotja. Ha a fajlagos befektetési pontok úgy helyezkednek el, hogy azoknak $\pm 12\%$ széles árterületébe az $f_i = \frac{C}{P^{0,3}}$ exponenciális görbe befektethető, akkor a (32) egyenlet megnyugvással használható gőzerőművek fajlagos befektetési költségének tájékoztató számítására.

Az inherens hatásfokú erőművek fajlagos befektetési költsége:

$$f_i/\text{kW} = f/\text{kW} : \left[0,946 + 0,054 \left(\frac{\eta}{18,6} \right)^4 \left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{P}} \right)^4 \right]. \quad (29)$$

Az f_i értékek számítására az Electrical World [2] alatt idézett közleményeiben meg van adva, vagy az adatokból levezethető a 14 erőműnek és ezek kazán-turbinagenerátor egységeinek teljesítőképessége, termikus hatásfoka és fajlagos befektetési költsége. A számítás menete és eredménye a 6. táblázatban van lefektetve. A befektetések 1954—1956. évi USA dollárban érvényesek.

A 6. táblázat $\left(\frac{f}{f_i} \right)$ oszlopa mutatja, hogy az erőmű inherens hatásfokának a kívánt termikus hatásfokra való gyarapítása hányszorosára növeli a kW teljesítőképesség fajlagos befektetési költségét; az $\frac{f-f_i}{\eta-\eta_i}$ oszlop pedig jelzi, hogy az inherens hatásfoknak 1 termikus hatásfokkal való gyarapítása a kW befektetési költséget hány dollárral emeli. Eszerint az inherens hatásfoknak például 29%-ra való gyarapítása mintegy 40%-kal, 37%-ra való feszítése pedig 100%-kal növeli az erőmű befektetési költségét; a termikus hatásfoknak 1 ponttal való növelése kW-onként átlag mintegy 3,3 USA dollárba került 1934—1936. években.

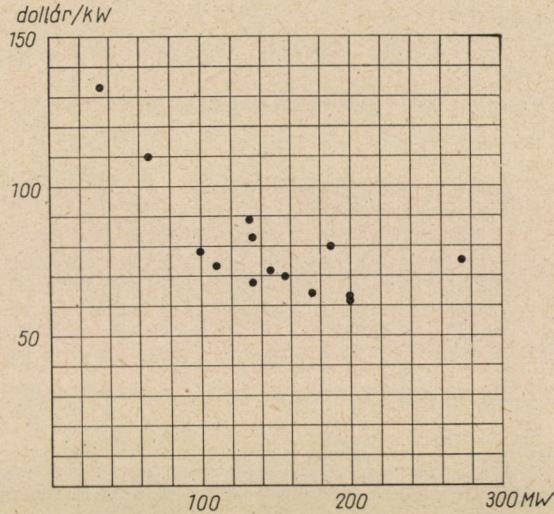
Az inherens hatásfokra átszámított 14 erőmű f_i/kW befektetési költségét a 6. táblázatból átvittük a 6. ábrába, melynek abszcisszája a MW teljesítőképességekre, ordinátája pedig a kW-onkénti fajlagos befektetésekre van besztva. Az ábrára telepített befektetési pontok szemlátomást exponenciális görbe felé rendeződnek; a legnagyobb kilengés 140 MW teljesítőképességnél mutatkozik és a 2. ábrán jelentkező $\pm 21,5\%$ -kal szemben $\pm 12\%$ -ra szűkül.

A 14 erőmű inherens hatásfokra egyszerűsített befektetési költségpontjai közé most már beillesztjük az $f_i = \frac{C}{P^{0,3}}$ egyenlettel számított exponenciális görbét. E célból az inherens hatásfokra átszámított f_i/kW fajlagos befektetési költségek pontjait átrajzoltuk a 7. ábrába, melynek koordinátarendszere azonos a 6. ábráéval. Mivel a fajlagos befektetések f_i pontjai maximálisan $\pm 12\%$ -kal térnek el a középértéktől, a (32) egyenlet C állandója úgy választható, hogy a kilengések \pm irányban lehetőleg azonosak legyenek. Erre 200 MW egység teljesítőképességnél $f_i = 70$ dollár/kW befektetési költség

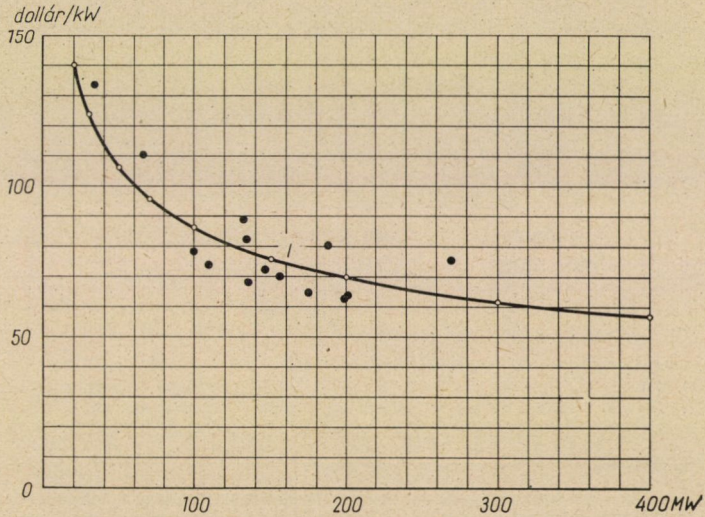
6. táblázat

Sorszám	P MW	$\eta\%$ üzem	$\eta\%$ gyártás	$\left(\frac{\eta}{18,6}\right)^4$	$\left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{P}}\right)^4$	$\left[0,946 + 0,054\left(\frac{\eta}{18,6}\right)^4\left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{P}}\right)^4\right]$	f	f_i	$\frac{f}{f_i}$	$\frac{f-f_i}{\eta-\eta_i}$
							dollár/kW			
304	272	37,2	37,4	16,4	1,14	1,956	148	75	1,98	3,75
290	200	36,2	36,4	14,6	1,16	1,862	117	63	1,86	2,92
294	200	36,8	37,0	15,7	1,16	1,926	121	62,5	1,94	3,05
356	187	35,1	35,8	13,7	1,17	1,811	145	80,0	1,82	3,60
298	175	35,9	36,2	14,3	1,17	1,856	120	64,5	2,02	3,00
299	156	34,4	36,3	14,5	1,19	1,876	131	70,0	1,88	3,30
312	146	32,5	33,0	9,9	1,19	1,581	99	72,0	1,38	1,77
301	137	36,9	37,1	15,8	1,21	1,976	135	68	1,98	3,45
314	135	35,9	36,1	14,2	1,21	1,871	153	82	1,87	3,75
347	132	30,6	32,0	8,7	1,21	1,512	135	89	1,53	3,22
300	110	34,2	35,4	13,1	1,21	1,801	132	73	1,81	3,33
307	100	29,5	30,0	6,8	1,25	1,401	111	78	1,42	2,65
327	65	29,1	29,9	6,7	1,30	1,416	156	110	1,42	3,67
326	33	27,7	28,3	5,4	1,30	1,321	175	133	1,32	3,73

látszik alkalmasnak. Eszerint $C = 70 \cdot 200^{0,3} = 343$ és az inherens hatásfokra egyszerűsített erőmű fajlagos befektetésének egyenlete $f_i = \frac{343}{P^{0,3}}$ dollár/kW.



6. ábra. Az 1. ábrán pontozott, 1954—1956-ban épült, de 18% inherens termikus hatásfokra átszámított USA gőzerőművek fajlagos befektetési költsége a teljesítőképesség függvényében



7. ábra. Az $f_i = \frac{C}{P^{0,3}}$ képletből számított I. görbe beillesztése az inherens termikus hatásfokra átszámított USA erőművek befektetési pontjai közé

Ezen egyenlet szerint a 20 MW-tól 400 MW-ig terjedő teljesítőképességű, inherens hatásfokú erőművek kW-onkénti befektetési költségét az 1954—1956 években a 7. táblázat mutatja:

7. táblázat

P	20	30	50	70	100	150	200	300	400	MW
f_i/kW	140	123,3	106	96,8	86,2	76,2	70	62	56,8	dollár/kW (1954—1956)

A 7. ábra I. exponenciális görbéje ezen értékek grafikus ábrázolásával alakult ki.

Azzal, hogy az $f_i = f \left[0,946 + 0,054 \left(\frac{\eta}{\eta_i} \right)^4 \right]$ egyenlet útján az η_i inherens hatásfokra átszámított f_i befektetési költségpontok kilengései — szemben az 1. ábrán felrajzolt η termikus hatásfokú erőművek befektetési pontjainak kilengéseivel — majdnem a felére csökkennek, és olyan nyomvonal sávbán helyezkednek el, melyben az $f_i = \frac{C}{P^{0,3}}$ egyenletből számított I. görbe elhelyezhető, alátámasztja a megállapítást, hogy: az η_i inherens hatásfokú P MW teljesítőképességű kazán-turbinagenerátor egységekből álló gőzerőmű f_i fajlagos befektetési költségének számítására az $f_i = \frac{C}{\sqrt{P}}$ egyenlet, valamint a kazán-turbinagenerátor egységekből álló gőzerőmű termikus hatásfokának gyarapítására szükséges befektetési költségnövekedés számítására a tanulmányban kifejlesztett

$$\frac{f}{f_i} \left[0,946 + 0,054 \left(\frac{\eta}{18,6} \right)^4 \left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{P}} \right)^4 \right] \text{ egyenlet, és a}$$

P MW teljesítő képességű, η termikus hatásfokú kazán-turbinagenerátor egységekből álló gőzerőmű fajlagos befektetési költségének tájékoztató számítására az

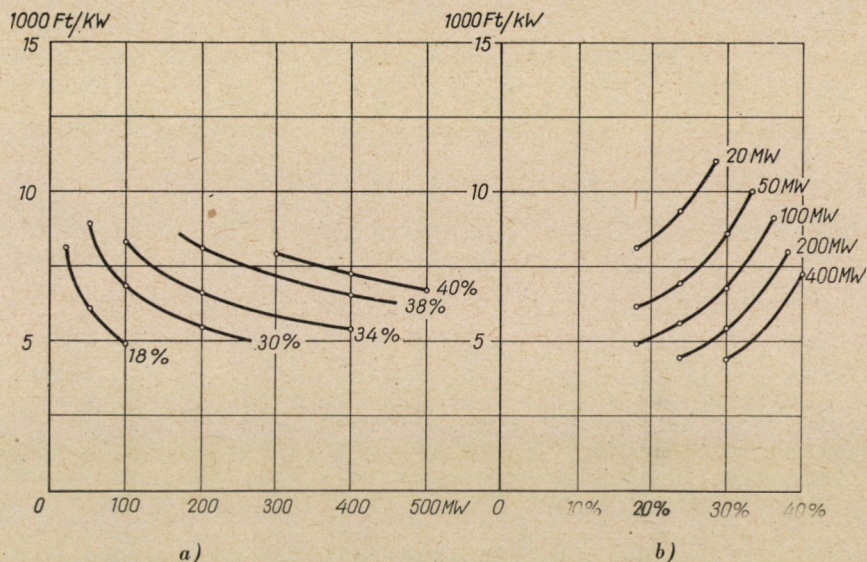
$$f/\text{kW} = \frac{C}{P^{0,3}} \left[0,946 + 0,054 \left(\frac{\eta}{18,6} \right)^4 \left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{P}} \right)^4 \right]$$

egyenlet megbízható eredményt szolgáltat.

A vizsgált 14 gőzerőmű fajlagos befektetési pontjainak $\pm 12\%$ szélső határok közötti kilengése a mű létesítésének idején és helyén fennálló gazdasági és műszaki adottságok ingadozásának eredménye; ezek a zavaró tényezők a befektetési költség tájékoztató számításánál figyelembe veendőek.

Az oroszlányi gőzerőművön 4 darab, 33% termikus hatásfokú 50 MW teljesítőképességű kazán-turbinagenerátor van felszerelve. Az erőmű fajlagos befektetési költsége kerekén 10 000 Ft/kW. A (32) egyenlet szerint tehát

$$C = 10000 \cdot 50^{0,3} \cdot \left[0,946 + 0,054 \left(\frac{33}{18,6} \right)^4 \left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{50}} \right)^4 \right] = 19,500 \text{ Ft.}$$



8a ábra. Hazai gőzerőművek termikus hatásfok szerinti fajlagos befektetési költsége a teljesítőképesség függvényében

8b ábra. Hazai gőzerőművek teljesítőképesség szerinti fajlagos befektetési költsége a termikus hatásfok függvényében

Ezért a hazai kondenzációs gőzerőművek jelenlegi fajlagos befektetési költsége:

$$f = \frac{19,500}{P^{0,3}} \left[0,946 + 0,054 \left(\frac{\eta}{18,6} \right)^4 \left(1 + \frac{0,55}{\sqrt{P}} \right)^4 \right] \text{ Ft/kW.}$$

Ezen egyenlettel számítottuk a 18%, 30%, 34%, 38% és 40% termikus hatásfokú 20, 50, 100, 200 és 400 MW teljesítőképességű gőzerőművek fajlagos befektetési költségét. A számítások eredményét a 8a és 8b ábrán felrajzolt görbékkel ábráztuk.

IRODALOM

1. 30 years of development in improving efficiency and reducing cost of thermoelectric generation of electric energy. By Philip SPORN, President, American Electric Power Service Corporation and S. N. FIALA, Vice President and Chief Engineer, American Electric Power Service Corporation. Energia Világkonferencia, Madrid, 1960.

2. 10th steam station cost survey. By I. I. Kearney. *Electrical World*, 1957. okt. 7. —
11th steam station cost survey. *Electrical World*; New-York, 1959. okt. 5.
3. Bau großer Elektrizitätswerke. Von G. KLINGENBERG. Springer Verlag, Berlin, 1913.
4. Hydro-electric engineering. By A. H. GIBSON. Blake & Sons, London, 1928.
5. The development of large electricity generating units. By E. I. BOOTH and I. W. H. DORE, Central Electricity Generating Board, London. Az Energia Világkonferencia 1960. évi madridi ülésén tartott előadása.
6. Recent and possible future developments affecting the economics of large steam turbine practice in the United States. By G. B. WARREN. Energia Világkonferencia, Berlin, 1930.
7. Gőzerőművek teherelosztása. Írta: dr. SEIDNER Mihály. Magyar Energiagazdaság, Budapest, 1953., 1. és 2. szám.
8. *Electrical World*, 1925. júl. 4.
9. Fuel and equipments characteristics of power stations. By A. E. KNOWLTON. *Electrical World*, New-York, 1937. okt. 9.
10. Power supply economics. By I. D. JUSTIN and W. G. MERVIN. New-York, John Wiley & Sons Inc., 1934.
11. Current opinion about power stations. *Electrical World*, New York, 1931. okt. 3.
12. Evaluation of supercritical pressure steam plants based upon the first-time operating experience at Philo. By Philip SPORN and S. N. FIALA. Energia gazdasági Világkonferencia, Montreal, 1958.

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány a gazdaságossági számítások továbbfejlesztéseképpen a gőzerőművek befektetési költségeit egy egyenletbe foglalja össze. A szerző kiindulva abból a megállapítástól, hogy a befektetési költség a teljesítőképesség és termikus határfok függvénye, leveti amerikai statisztikai adatokra támaszkodva a teljesítőképesség és termikus határfok kialakításának költségegyenletét, amelyeket szervesen egyetlen egyenletté illeszt össze. Végül az egyenlet állandóját hazai adatok alapján kiszámítva, felírja a hazai kondenzációs gőzerőművek jelenlegi fajlagos befektetési költségegyenletét.

A MŰSZAKI KUTATÓMUNKA ÉS A MŰSZAKI KUTATÓ- MUNKA CÉLKITŰZÉSE*

ALFRED M. FREUDENTHAL
COLUMBIA EGYETEM, NEW YORK

[Beérkezett 1962. március 5-én]

A kutatómunkát különböző szempontból lehet tekinteni, s az ki-ki előtt különbözőképpen jelenik meg. Sokkal több ember beszél és ír a kutatómunkáról, mint ahány ember valóban végez kutatómunkát. Hiszen könnyebben és gyorsabban lehet szókinccset szerezni ahhoz, hogy kutatómunkáról beszélhessünk, mint elégséges ismeretet szerezni ahhoz, hogy valamely tárgykörben kutatómunkát végezhessünk. Nem kétséges, hogy csakis az az ember lehet tisztában azzal, hogy mi a kutatómunka, aki maga is végez kutatómunkát. Viszont nem lehet tagadni, hogy társadalmunkra sokkal nagyobb befolyást gyakorolnak azok, akik a kutatómunkáról csak beszélnek és írnak, mint azok, akik azt valóban végzik.

Ez nem új jelenség. Francis BACON, aki mint tudós nem sokat alkotott, a tudományról szóló *Novum Organum* című művében hirdette a haszonelvű tudománybölcseletet, amelyet utilitárizmus vagy utilizmus néven szoktak emlegetni. Az azóta lefolyt három évszázad alatt a haszonelvűség hógolyó-szerűen növekedett meg a tudománybölcseletben. A társadalmi hasznosságot mint a tudomány és kutatómunka egyetlen célját számos országban hivatalosan elfogadták. Ez az elv — bevalljuk — a mi országunkban is mind az ipart, mind a kormányzatot erősen befolyásolja, sokkal erősebben, mint ahogyan mi kutatók szeretnénk. A társadalmi hasznosság elvét a mi országunkban, ellentétben az európai tradíciókkal, még a tudománynak önmagáért való megbecsülése sem csökkenti. Az ipari és katonai kutatóintézeteink igazgatói ugyancsak meg lennének lepve, ha megtudnák, hogy hasznossági elvtől eltérő elv is létezik, és vannak emberek, akiket nem a hasznossági elv indított arra, hogy a kutatást válasszák életpálya gyanánt, és ARCHIMEDEST és NEWTONT sem a hasznossági elv vezette. A hasznossági elv hirdetői hivatkoznak ugyan arra, hogy LEONARDO da Vinci a milánói herceghez intézett híres levelében felajánlotta műszaki képességét, de ez csak azt bizonyítja, hogy LEONARDO kora nem nagyon tért el a mai kortól. Mert LEONARDO nyilván tudta, hogy

* A szerkesztőség örömmel közli A. M. Freudenthal professzor tanulmányát, mely az Egyesült Államokban folyó műszaki kutatómunka aktuális problémáiról tájékoztat.

anyagi támogatást a kutatómunkához sokkal könnyebben szerezhethet technológiai, főleg haditechnológiai célzattal, mint magáért a kutatásért. De ez nem jelenti azt, hogy LEONARDOT a hasznosság elve vezette a különböző hadigépek kitalálására; nála a hadigépek kitalálása csak mellékes teljesítmény volt gépészeti kutatásai során. A megismerés iránti misztikus vágy őt is, úgy mint NEWTONT, magáért a megismerésért ösztönözte. ARCHIMEDEST pedig, hasonlóan EINSTEINHEZ és számos más újkori matematikushoz és elméleti fizikushoz, erősen esztétikai okok készítették arra, hogy tiszta logikai úton rendszert alkossanak; hasonló okok készítetik tevékenységre a művészeket is.

Esztéta, misztikus, utilitárius: a tudományos kutatók háromféle arca. Lehet, hogy háromféle, de lehet, hogy csak egyféle arca van a tudományos kutatónak. A háromféle alkotóelem keveréke az, ami ösztökéli a tudományos kutatót. Ha a háromféle alkotóelem közül csak az egyik van túlsúlyban, akkor előfordulhat az, hogy a tudományos kutató vagy lángelme, vagy mániákus: a különbség közöttük az eszmékbe vetett hit erősségének különbségében nyilvánul meg. CLAUDE BERNARD megállapítása szerint azok, akik túlzottan ragaszkodnak eszmékhez, nem alkalmasak arra, hogy új dolgot találjanak ki. Ezek közelebb állnak a mániákus típushoz, mint a lángelméhez.

A tudományos munkára készítő ok szoros kapcsolatban van a célkitűzés (problémamegjelölés) kérdésével. Eléggé nyilvánvaló az, hogy különböző indító okok különböző problémamegjelölésekre vezethetnek. Az utilitárius például meghatározott célt, illetve feltett kérdést szokott megkövetelni, amelyet el kell érnie vagy meg kell válaszolnia, és főleg olyan eszközökkel foglalkozik, amelyek a cél eléréséhez vagy a feltett kérdés megválaszolására szolgálnak. Gondolkodása a céltól az eszköz felé, a feltett kérdéstől a megoldás felé halad. Az esztéta, valamint a misztikus, jelenséget (tényt vagy formális szabályt) akar felfedezni, s csak azután gondolkodik azon, hogy az mire lenne használható. Gondolkodása az eszköztől a cél felé halad, s a választ már a kérdés feltevése előtt megadja.

A kutató mód ezen két fajtája közül, noha paradoxonnak látszik, az utóbbi nemcsak gyakoribb, de termékenyebb is. Ezt a tényt szemmel láthatóan igazolja a tudományok fejlődése. Úgyhogy csaknem alaptétel gyanánt mondható ki, hogy a tudományos munkában (ami természetesen megkülönböztendő az ipari fejlesztési munkától) a gyakorlati alkalmazhatóságot akkor találják meg, amikor azt *nem* is keresik. Mindenesetre fontos az, hogy éppen az alkalmazások szoktak új kérdéseket felvetni a kutatómunka számára. Számos fontos felfedezésnek, a felfedezés idejében még nem volt meg a praktikus alkalmazása. Így volt ez például az ellipszis esetében is, amelyet a görögök fedeztek fel, de csak 2000 esztendővel később KEPLER használta fel „praktikus” célok hasonló az eset az atomhasadásnál is.

E tény fel nem ismerése jelenti az egyik legsúlyosabb hiányt a kutatómunka megszervezése terén a mai társadalmunkban. Számos szerv, amely a

kutatási alapítványok intézéséért felelős, képtelen megérteni azt a tényt, hogy a gyakorlati kérdések többnyire a *meglevő* elméletek alapján nyernek megoldást, míg a tisztán tudományos felfedezések gyakorlati felhasználása időbelileg meglehetősen eltolódva szokott megtörténni. Egyetemeinken még folynak kutatómunkák, amelyek nem közvetlenül szolgálnak hasznossági célt, de ezeket a kutatómunkákat fenyegeti a megszűnés veszélye, annyira eláraszották a kutató szervezetet olyan alapítványi összegekkel, amelyek csakis oly kutatómunkákra fordítandók, amelyek közvetlenül szolgálnak bizonyos hasznossági célokat. Anyagi támogatásaikkal magánosok és kormányzati szervek hasznossági célt szolgáló rövid határidejű kutatómunkára kényszerítik a kutató intézményeket, s ezzel a tudományos haladás vezetőerét vágják el, s elszívják a tudományos munkaerőket, akik egyébként az alaptudományok körébe vágó kutatómunka végzésére lennének hivatottak.

A kutatómunka megszervezése és feladatának megjelölése

A kutatómunka célját a kutatás irányítására és megszervezésére rendelt szervek állapítják meg. Ebben a tekintetben az ipar és kormányzat részéről követett módszernek sikerült elriasztani a kutatókat az alaptudományok körébe tartozó és eredeti kutatómunkáktól, viszont felbátorította őket a másodrangú kutatómunkák végzésére. Ezt elősegíti az a téves nézet is, hogy a kutatóintézet igazgatója tartozik teljesen megérteni a kutatómunka célját és módját, mielőtt a kutatómunka elvégzését elvállalnák. Így azután az a kutatómunka, amelynek célját és módját még a tudományosan esetleg, kevésbé képzett igazgatónak is sikerült megérteni, nyilván nem lesz sem magasfokú, sem eredeti.

Egy másik ok az a hiedelem, hogy az eredményesség érdekében a kutatómunkát be kell ütemezni, határidőhöz kell kötni és kutatóbrigádokat kell szervezni a kutatómunka elvégzésére. Más szóval, a kutatómunka olyan üzlet, amelyre az azt követő gyártás alapulhat, s ennek az üzletnek az árucikke a kutatási jegyzőkönyv. Ilyen légkörben a kutatómunka számára nem választják ki és nem jelölik meg megfelelően és érdemlegesen a kérdéseket, és nincsenek tekintettel a kutató személyek képességeire és tudományos felkészültségére. Tehát az lenne a helyes, hogy a kutatómunka számára a kérdéseket ne az igazgató üzleti alapokra helyezett szempontjai és kisebb szakmai ismeretéhez képest állapítsák meg, hanem bízzák azt rá kellő tudományos felkészültséggel rendelkező szakreferensekre.

Azzal az ürüggyel, hogy a kutatómunkát éppúgy „adminisztrálni” kell, mint egyéb tevékenységet, sikerült a kutatómunka adminisztrációját annyira „felfejleszteni”, hogy azt olyan emberek intézik, akiknek ugyan nincs személyes kutatási tapasztalatuk, de ragaszkodnak ahhoz, hogy kutatáspolitikai döntéseket hozzanak, a kutatómunka kérdéseinek kitűzését is beleértve. Így

ezek az emberek aláaknázzák a tudományos kutatótevékenységet. A kutatómunka kérdéseinek helyes kitűzése (problémamegfogalmazás) igen fontos feladat. Csakis a kutatómunkában jártas személy tudja, hogy a kutatómunka lényegében véve olyan, mint egy találos játék, ahol a kérdésre adandó feleletet meg kell sejtteni, mielőtt még a probléma megoldódnék, sőt mielőtt még a probléma teljesen meg lenne fogalmazva. Az előre való megsejtés nagy jártasságot kíván meg a kutatótól az illető tudományágban. És amikor a kutató már ismeri a problémát annyira, hogy azt kellőképpen meg tudja fogalmazni, akkor még kvalitatíve helyesen meg is kell sejttenie a kérdésre adandó választ. Ez nemcsak a természettudományokban van így, hanem a matematikában is. Bizonyos összefüggés van a probléma megfogalmazásának élessége és a megsejtett alternatív megoldási módok között. A megfogalmazás nehézsége tárgykörönként változik.

Problématípusok

A matematikában a problémák megfogalmazása viszonylag egyszerű, mert a fogalmak élesen definiáltak, s az elfogadható megoldások egyértelműek, mert ha nem egyértelműek, akkor a megoldások nem minősülnek megoldásoknak.

A geometriai problémák megfogalmazásánál definiálni kell a teret, amelyben a probléma meg van fogalmazva. Egy bizonyos tér esetében, mint-hogy a geometriai probléma megfogalmazása éppoly szigorú, mint a matematikai probléma megfogalmazása, a megoldás egyértelmű, de a tér különböző definíciójának megfelelően, a geometriai problémának többféle megoldása lehetséges.

A geometriai probléma fizikai problémává válik, ha a tér már nem mint geometriai tér, hanem mint fizikai tér definiált. Ehhez az szükséges, hogy összefüggést állapítsunk meg a geometriai tér és a fizikai valóság között. Ezen összefüggés felvétele több-kevesebb bizonytalanságot tartalmaz. Következésképpen ilyenkor akitűzött kérdésekre adott válasz is több-kevesebb bizonytalanságot fog tartalmazni. Tehát kisebb-nagyobb kikerülhetetlen ellentmondás van a definiált tér és valóságos tér között, vagyis az elméleti modell és a valóság között.

Az elméleti modell lehet tisztán geometriai (csak térfogalmat tartalmaz), fizikai (tér-, anyag- és mezőfogalmat tartalmaz) vagy valószínűségi (alternatív bekövetkező jelenségek gyakoriságát tartalmazza). Minthogy az állandónak tekintett geometriai vagy fizikai paraméter nem más, mint a várható érték szűkre szabott gyakoriságú mértéke (valószínűségi korlát), minden megoldás, amelyet a modell alapján vezetünk le, bizonytalanságot tartalmaz abból kifolyólag, hogy a modell állandó paraméterekkel vétetett számításba. Tehát a valóságos térre, valóságos anyagra és valóságos mezőre vonatkozó problémák

megfogalmazásánál meg kell fogalmazni azt a bizonytalanságot is, amely a paraméterek bizonytalanságát fejezik ki.

A műszaki problémák megfogalmazása

A fizikai problémák megfogalmazásánál általában a valóságból indulnak ki, a valóság absztrakciója révén modellt alkotnak, erre a modellre vonatkozólag oldják meg a problémát, s azután a megoldást a valóságra alkalmazzák, amelyre a problémát megfogalmazták. Minthogy ez így szokásos, mindig tisztában kell lennünk azzal, hogy a problémát a valóságra vonatkoztatva vagy valamely modellre vonatkoztatva fogalmazták-e meg. Minden jóslás, ami az ilyen modellekre vonatkozik, a valóságra alkalmazva több-kevesebb bizonytalanságot tartalmaz.

A műszaki és ipari problémák megfogalmazása abban különbözik a fizikai problémák megfogalmazásától, hogy nagyobb mérvű absztrakció alkalmazását teszi szükségessé, ha azt akarjuk, hogy a modell kezelhető legyen, s abban is különbözik, hogy műveleti (működési, szerkezeti, használhatósági), valamint társadalmi és gazdaságossági kikötéseket is szokott tartalmazni. E kikötések révén az alkalmazott tudományok körébe eső kutatómunkák lényegesen eltérőek az alaptudományok körébe eső kutatómunkáktól, s ilyen különbség van a fizikai tudomány és a műszaki tudomány között is. Tehát a kutatómunka kérdéseinek megfogalmazása erősen függ attól, hogy melyik tudománykörbe eső problémáról van szó. Ebből az is kitűnik, hogy a műszaki problémák megoldása már nem egyértelmű, hanem több megoldás van, amelyek mindegyike egy-egy túlegyszerűsített, azaz számos absztrakcióval kapott modell alkalmazásából eredt. A feltett kérdésre adott válaszok a műszaki problémák esetében tehát még több bizonytalansággal vannak terhelve, mint a fizikai kérdésekre adott válaszok, s éppen ezért alkalmaznak a mérnökök elég nagy „biztonsági tényezőket”, amelyeket „nemismerési” tényezőknak is lehetne nevezni.

A problémamegfogalmazás szempontjai

Az alkalmazott fizikának és a műszaki tudományoknak problémáit a következő négyféle fogalom felhasználásával kell megfogalmazni:

leíró (jelentéstani) fogalmak,
 analitikus fogalmak (modellmegfogalmazás vagy hipotézis),
 műveleti fogalmak (a kísérlet megfogalmazása),
 statisztikai fogalmak (a modell és valóság közötti összefüggés leírása műveleti fogalmakkal kifejezve).

A műszaki vagy ipari kutatást végző személy, amikor ily módon fogalmazza meg a problémát, arra kényszerül, hogy figyelmét erősen ráirányítsa a

kutatási módszer elméleti elveire. Ez hátráltatja abban, hogy a problémának legmegfelelőbb megfogalmazását és megoldását megtalálja, annál is inkább, mivel ezek a módok nem a legnyilvánvalóbbak és nem a legközvetlenebbek.

A mérnökök nagyrészt inkább a konkrét, mint az absztrakt fogalmak használatához vannak szokva, s így nem tudnak kellőképpen absztrahálni. Ez hátrányt jelent a műszaki kutatómunka számára, ahol számos tényező befolyását kell figyelembe venni, amikor a probléma megoldását előállítják. Ez a tény veszélyt rejt magában, amit Alfred North WHITEHEAD a „félreértett konkrétság veszélyének” nevez, s ami abban rejlik, hogy nem eléggé ismert jellemzőkkel próbálnak leírni valamely jelenséget. Amikor egy bonyolultabb jelenségre járható fejtegetési módot találnak, többnyire számos jellemzőt figyelmen kívül hagynak, vagy azért mert el akarják hanyagolni, vagy azért mert nem ismerik azokat.

A félreértett konkrétság veszélyének gyakori formája az, hogy a fejtegetések során valamely fogalom helyett egy más fogalmat használnak, amelyet „egyenértékűnek” tekintenek. Az efféle fejtegetések általában megtévesztő eredményekre vezetnek, kivéve, ha egy egész tudománykör bizonyos absztrakciókkal van körülhatárolva, mint például a matematikában vagy az elméleti fizikában, ahol ugyanis nem lenne értelme annak, hogy a fejtegetés elejétől egészen a végkövetkeztetésig mindent kísérletileg igazoljanak, mert ilyen eljárást nyilván csak a műszaki problémák komplex jelenségeinél kell követni.

A félreértett konkrétság veszélyét jelenti még az is, ha egy részleges szemléletet fogadunk el teljes szemlélet helyett. Ehhez hasonló hibát követünk el akkor is, amikor elfelejtkezünk arról, hogy egy bizonyos időpontban bizonyos nézőpontból eszközölt megfigyelés még nem nyújt teljes szemléletet; a teljes kép csakis a minden időben és minden nézőpontból eszközölt megfigyelések eredményeinek koordinálásából adódik. Nem elég egy-egy jelenséget élesen (vagyis egyéb jelenségektől elzártan) szemlélni, hanem a jelenséget mindazzal együtt kell szemlélni, ami hozzá tartozik. Mert mennél élesebben (vagyis mennél elzártabban) szemlélünk valamit, annál részletesebben látunk meg egy kis területet, s tovább fokozván az élességet, végül teljesen részletesen látjuk a „semmit”.

Ahhoz tehát, hogy helyes képet alkossunk valamely jelenségről, nem elég a nézőpontot változtatni, hanem a fókusz-távolságot is változtatni kell úgy, hogy a részlet koordinálható legyen az egészszel. Az, hogy a mérnök az anyagot bizonyos esetekben részecskékből összetettnek tekinti, csak azért van, mert előfordul olyan távolság, amelyből nézve, egyes jelenségek észrevétlenek vagy láthatatlanok maradnának.

A mérnök, minthogy a konstansai a valóságra vonatkoznak, gyakran nincs tudatában annak a ténynek, hogy megfigyeléséből és kísérletéből nincs teljesen kiküszöbölve a megfigyelő és a műszer. Hogy mit látunk meg, az attól függ, hogy mit keresünk, és hogy milyen jól és milyen soká nézünk. Sőt sokszor

még attól is függ, hogy mit akarunk vagy mit szeretnénk látni. Ezért tehát az idegrendszerünktől függő megfigyelést méréssel, mégpedig megfigyelést regisztráló készülékkel kell helyettesíteni. S ily módon kiküszöbölvén megfigyeléseinknek az idegrendszerünktől függő előítéleteken alapuló tudatalatti értelmezését, a tudatos értelmezésnek és a regisztrált leolvasásokból vont következtetésünknek helyessége már csak attól fog függni, hogy mily sok megfelelő információt (mérést és megfigyelést) szereztünk, és hogy az előzetes megsejtéseink (hipotéziseink) mennyire voltak helyesek a jelenség lefolyását illetően. Amennyiben pedig nem is voltak előzetes megsejtéseink (hipotéziseink), akkor a szerzett információink csupán egy rendezetlen halmazt jelentenek.

Problémamegfogalmazás és kísérlet

Három általános elv alkotja az alapját azon probléma megfogalmazásának, melyre választ akarunk adni:

1. A kérdésre adandó válasz végső fokon kifejezhető legyen a regisztráló készülékből kapható adatokkal, s a készülék olyan legyen, amely alkalmas megbízható adatok nyújtására.

2. Olyan feltételeket kell biztosítani, hogy véges számú megfigyelés alapján választ lehessen szerkeszteni a feltett kérdésre.

3. Feltételeket kell biztosítani ahhoz, hogy a kísérletek számának növelése révén az adandó válasz approximációját, vagyis a valószínűségi határt érijük el.

A tudományos kutatásban végzett megfigyelés azonban sohasem passzív állapota a megfigyelőnek. A feladat célja szükségessé teszi minden időpontban egy nagy terület megfigyelését, hiszen sokszor éppen az elhanyagolt elemek lehetnek jelentősek, mint például azok, amelyeket éppen az absztrakció érdekében hanyagolunk el. A megfigyelő szemszögének szűk volta arra vezethet, hogy figyelmen kívül maradnak olyan elemek, amelyek nincsenek közvetlen kapcsolatban a kitűzött céllal.

Ezért a megfigyelés eredményessége jelentősen függ attól, hogy a megfigyelő mennyire ismeri a problémát, annál is inkább, mivel a megfigyelés nem mindig csak egy egyszerű mérés vagy számítás, hiszen a megfigyeléshez hozzátartozik az oksági összefüggések megfigyelése is, amikor a jelenség maga nem figyelhető meg közvetlenül, hanem csak az előidézett okozat. Minthogy a kutatómunka értéke függ a megfigyelési módszerektől, e módszerek hatásossága és a megfigyelő személyi képessége elsősorban mérlegelendő a kutatási probléma megfogalmazásánál.

Ismeretek szerezhetőek vagy közvetlen kísérlettel, vagy megfigyeléssel, vagy közvetett következtetéssel, vagy közvetlenül végzett kísérletek eredményeiből levont okfejtéssel. Akár közvetlen kísérletet, akár logikai eszközt

használunk valamely ésszerű megsejtésnek bizonyos fokig való igazolására, azt a következtetést kell elfogadni, amely jellemző a szemügyre vett problémára. Ennek a próbálkozásnak az a célja, hogy rendezzük a megszerzett ismereteinket az elkövetkező alkalmazásokra, előnyben részesítvén azt a formát, amely a jellemző mennyiségek közötti összefüggést matematikai alakban adja meg.

A statisztika jelentősége

A matematikai jelölésmódot azért használják, hogy a bemutatás mentes legyen lazaságtól, kétértelműségtől és felesleges sallangtól. Az, hogy a matematikai jelölésmód pontosságot és az állítás félreérthetlenségét biztosítja, csak egy hiedelem, ami nemegyszer okoz csalódást a mérnököknek. Akármennyire is pontosnak látszik valamely állítás, az elméleti okfejtés sohasem pontosabb és megbízhatóbb, mint az alapfeltevések, amelyek mindig mint a tapasztalatból levont következtetések általánosításai keletkeztek. Mennél összetettebb valamely probléma, és mennél többféle műveletből áll a megoldása, annál nagyobb a várható eredmények száma, s így annál nagyobb jelentőséghez jut a statisztikai módszer.

Teljesen helytelen eljárás lenne, ha a kísérletező részéről összegyűjtött adathalmazt egyszerűen csak kianalizálnánk a statisztikai képletekkel, anélkül, hogy tovább vizsgálnánk az eredeti problémát, valamint az összegyűjtött adatokat s ezen adatoknak jelentését és vonatkozásait, mert így a statisztikai módszer alkalmazása csupán matematikai feladatkidolgozás lenne. Hogy a statisztikai módszer a kísérletezéseknél létjogosult legyen, szükséges, hogy a statisztikai módszer hipotézisei helytállóak legyenek, például amikor a véletlen jellegű szórást felvesszük, vagy amikor bizonyos megoszlási függvényt bevezetünk. Ezeket a hipotéziseket, minthogy ezek a mérési adatok jelentésével és a kísérletező eljárás technikájával kapcsolatosak, statisztikai módszer használata nélkül, a probléma megfogalmazásához használt fogalmak segítségével kell megadni. Azt kell tehát megkövetelni, hogy a statisztikai módszer hipotézisei csupán a tudományos elmélet formális következményei legyenek, függetlenül a kísérletezési eljárástól.

A statisztikai módszerek hozzásegítik a kísérletezőt ahhoz, hogy ismerjen olyan, egyébként nem szembetűnő okokat, amelyek kihatnak a kísérletek adataira, és amelyek későbbi esetekben is befolyásolhatják a megfigyelési eredményeket. Tehát nem annyira az összegyűjtött adatoknak a jellemzői érdekesek, mint inkább annak a statisztikus „megoszlásnak” a jellemzői, amelyből az adatok le vannak származtatva.

Ha több tényező hat ki valamely jelenségre vagy vizsgálatra, akkor a statisztikai módszer alkalmazása fog minket hozzásegíteni ahhoz, hogy a tényezők közül kiválaszthassuk azokat, amelyek figyelembe veendőek lesznek.

A kísérletezőknek általában két fajtája van: az egyik az, aki a többváltozós jelenségből egy változót ragad ki s azt agyonvizsgálja; a másik az, aki a többváltozós jelenség összes változóját egyszerre akarja vizsgálni. Nagy különbség van e kétféle típus munkájában. Aki egyszerre akarja az egészet felölelni, nem tudja meglátni, hogy melyik változó hova tartozik, s a sok változótól nem fogja látni, hogy melyik vizsgálati utat kell követnie. A másik típus, amiből a tudományosan gondolkodó mérnökök között is elég sok akad, görcsösen ragaszkodik ahhoz, hogy mennél több vizsgálatot végezhesen, mert azt hiszi, hogy csakis így juthat eredményre. Ők azok, akik olyan túlzottan nagyszámú kísérletet oly sok próbadarabbal szoktak végrehajtani. A két szélsőség között, nyilván valahol a középen van a helyes út.

A probléma jól érthető, alaposan átgondolt és lehetőleg teljes megfogalmazása alkotja a kutatómunka első és legfontosabb részét, mind az alaptudományok, mind az alkalmazott tudományok körében. Azonban nincs még egy elv, amelyet oly sokszor sértenének meg, mint éppen ezt az elvet. Ezen elv megvalósítása a műszaki igazgató és a szakreferensek legkomolyabb feladatát alkotja. Az emberi észmunka ezen tevékenységét, a tudományos kutatás és az ipari fejlesztés mai állapotában, nem helyettesítheti és nem pótolhatja sem a gép- és műszerállomány szaporítása, sem az elektronikus berendezések alkalmazása, sem pedig a matematikai analízis sokat tudó módszerei, mert ezek, ha nem az alapos emberi észmunka irányítja őket, veszélyes téveredményekre vezethetnek. Gyakran már hamarabb készül el a kutatómunka terve, mint a probléma megfogalmazása. Az a probléma, amelyet csak sebtében fogalmaztak meg, hogy mielőbb meginduljon az „üzlet”, nem mindig az a probléma, amelyet valóban tárgyalni kell.

Általában könnyebb olyan embert találni, aki tud analitikusan gondolkodni, mint olyant, aki analitikusan és szintétikusan is tud gondolkodni, aki tehát nemcsak analizálni tudja a problémát, hanem azt meg is tudja fogalmazni. Furcsa az, hogy az emberek, akik belátják azt, hogy ahhoz, hogy valaki jó magasugró legyen, edző tanítása és a magasugrás folytonos gyakorlása szükséges, olyan embertől, aki még sohasem próbált és nem szokott rendszeresen gondolkodni, és csak értesüléseket, de nem ismereteket szokott szerezni, s ahhoz van szokva, hogy őt tanítsák, de nem ahhoz, hogy ő tanuljon, azt kívánják, hogy kutatómunkát végezzen, sőt kutatóintézeti igazgató legyen.

Igen valószínű, hogy csaknem minden ember megtanítható elektronikus számológéppel való számolásra, vagy a matematikai analízis számító módszereinek használatára, avagy valamely speciális műszer bonyolult alkatrészének kimunkálására. Mielőtt azonban még választ kérnének az elektronikus számológéptől, mielőtt még használnák az analízist, mielőtt még működésbe hoznák a műszert, a problémát kell megfogalmazni érthetően és egyértelműen, figyelembe véve a jellemző változókat. E téren az emberi észmunka, az egyéni rátermettség pótolhatatlan. Csakis az emberi agy tud választ adni arra a

kérdésre, hogy mi a probléma. És ha ez a kérdés már helyesen választ kapott, csakis akkor szabad pénzt és munkát fordítani a kutatásra, amelynek eredményétől azt kívánjuk, hogy a probléma megoldását jelentse.

A kérdés megválaszolásánál és a probléma megfogalmazásánál négyféle hibát kell gondosan elkerülni, mert a négyféle hiba mindegyike egy-egy kelepce, amibe az ember könnyen beleeshetik, ha azt idejében nem veszi észre. A négyféle hiba a következő:

Jelentéstani hibák

VOLTAIRE, igen szellemesen, a jelentéstani hibát így határozta meg: „Ha az emberek olyan dolgokról beszélnek, amit nem ismernek, olyan szavakat használnak, amelyeket nem értenek.” Az ilyen szavak kelepcebe csalják az embereket, mert kényszerítik őket analógiák, hasonlatok és definíciók elfogadására, amelyeknek vajmi kevés közük van a problémához. Kényszerítik őket arra, hogy a jelenségeket új névvel lássák el, ami abba a tévhitbe ringatja őket, hogy megmagyarázták a jelenséget. A szavakat pedig összetévesztik a fogalmakkal, amelyek megjelölésére a szavak szolgálnak. Például, az anyagok viselkedésének és tulajdonságainak leírása tele van jelentéstani zűrzavarral. Beszélünk például a fémek „határhúzószilárdságáról”, noha az nem is határ és nem is szilárdság, hanem csak egy hányados, amelynek a számlálójában az alakváltozás instabilitását előidéző erő, a nevezőjében a már nem létező keresztmetszeti terület van. Amikor tehát azt kérdezik, hogy valamely anyagnak mi a szilárdsága, és mi válaszképpen a határhúzószilárdságot adjuk meg, olyan választ adunk, amely sok tekintetben helytelen. Hiszen az anyag tulajdonsága más volt a kísérlet elején, és más volt a kísérlet végén, amikor a próbadarab már olyan állapotba került, amilyen állapot az anyag üzemszerű használatára során be sem következhetik. S mégis, a szerkezetek tervezéséhez a határhúzószilárdság értéke szolgál alapul.

Hasonlóképpen, amikor erő-alakváltozás-törvényről beszélünk, amely feszültség és nyúlás közötti összefüggést fejezi ki, gyakran megfeledkezünk arról, hogy ezen törvény attól is függ, hogy az anyag valamely pillanatnyi állapotában miképpen van definiálva a nyúlás. A nyúlás definíciója ugyanis meglehetősen önkényes. Például lehetséges így: $\varepsilon_1 = \Delta l / l_0$. De lehetséges így is: $\varepsilon_2 = \Delta l / l$. E képletekben Δl jelenti a megnyúlás hosszát, l_0 a kezdeti hosszát, l a megnyúlt hosszát. Amíg az ε_1 nyúlásmérték a végtelenig növekszik, ha Δl növekszik a végtelenig, addig az ε_2 nyúlásmérték l -hez közeledik, ha Δl növekszik a végtelenig. Ha tehát, például $\Delta l = 0,2 l_0$, akkor $\varepsilon_1 = 0,20$ és $\varepsilon_2 = 0,167$. Nagyobb nyúlásoknál még élénkebb ez a kétértelműség, például ha $\Delta l = 0,5 l_0$, akkor $\varepsilon_1 = 0,50$ és $\varepsilon_2 = 0,33$. Ezen kétértelműség következménye azután az a több ízben elkövetett hiba, hogy az egyik vagy másik értelmezés szerint felrakott erő-alakváltozás-diagramnak valamely kísérletileg megállapított sza-

kaszát (mondjuk: érintőlegesen) extrapolálták, amivel természetesen teljesen fiktív adatokat kaptak.

Néha azt hiszik, hogy a jelentéstani hibák elkerülhető azzal, hogy szavak helyett ábrákat használunk. De ez nem így van. Matematikában ugyan sokra lehet jutni megfelelő ábrák és matematikai jelek használatával. A fizikában azonban az állítás szigorú megfogalmazása többet mond, mint az ábrák, vagy akár a matematikai képletek. Mert hiába írjuk fel a matematikai képletet, amely kifejezi az összefüggést két változó között, amelyek X -szel és Y -nal vannak jelölve, ha nem adjuk meg a szabatos magyarázatát annak, hogy ez a két változó mit jelent fizikailag. A matematikai jelölések és képletek használata tehát még nem mentesít minket a gondolkodástól.

Analitikai hibák

Feltevések, melyek bizonyos idealizálásokon alapulnak, maguk után vonnak, illetve lehetővé tesznek bizonyos analitikus (számító) eljárásokat. Ilyen idealizálás például az, hogy a szerkezeti anyagot lineárisan rugalmasnak tételezzük fel, ami által a szerkezetek számításánál lineáris egyenletrendszert, illetve lineáris differenciálegyenleteket kapunk, amiknek megoldása összehasonlíthatatlanul könnyebb, mint a nemlineáris egyenletrendszerek és nemlineáris differenciálegyenletek megoldása. Ez azonban csak kényelmi szempont, aminek követésével erősen figyelmen kívül hagyjuk az anyag valóságos tulajdonságát s ezzel együtt a szerkezet valóságos viselkedését, amik bizonyos teher esetében már egyáltalában nem lineárisak. Vagy például, így volt ez az utóbbi években az atomreaktorok számításánál is, ahol ugyancsak a lineáris rugalmasság alapján számítottak, s így a számítási feltevések valóban messze álltak a valóságtól, attól a valóságtól, amelyet egyebek között időtől függő hőmérséklet, valamint progresszív és irreverzibilis alakváltozási folyamatok jellemeznek. A kényelmes, megszokott és egyszerű számítási módot a mérnökök igen sokszor nem akarják a bonyolultabb okfejtéseket kívánó újszerű és fáradtságosabb móddal felcserélni, noha azzal hűebben követnék a szerkezet valóságos működését, s végső fokon, gazdaságosabb vagy biztonságosabb szerkezetet létesítenének. A maradi számítási eljárásokhoz való ragaszkodás kényelmesebb tervezői munkát tesz lehetővé, de meg kell állapítanunk, hogy az így tervezett szerkezeteink vagy túlméretezettek (anyag- és helypazarlók), vagy pedig elégtelen biztonságúak.

Felszerelési hibák

A kutatási problémát gyakran aszerint fogalmazzák meg, hogy milyen felszerelés áll rendelkezésre, amellyel a megoldást megtalálni vélik, s nemegyszer

hallani, hogy effélel mondanak: „Bízzátok csak ránk a kutatást, hiszen vannak gépeink.” Az ilyen álláspont teljesen helytelen. Sajnos, még az egyetemi kutatóintézetekben is, ahol a kutatás külső anyagi támogatással a támogató kívánságához képest történik, a kutatást nem annyira a problémához, mint inkább a meglévő vagy beszerezhető felszereléshez szabják. Így tehát nem a tulajdonképpeni problémát, hanem csak egy bizonyos felszereléshez szabott problémát oldanak meg. Meg lehet állapítani azt a furcsa tényt, hogy mennél több géppel és laboratóriumi felszereléssel ellátott egy kutatóintézet, az alaptudományok körébe eső problémákat annál rosszabbul oldja meg. Ezért van az, hogy az angliai kutatóintézetek viszonylag jobban oldják meg a problémákat; ugyanis szűkében vannak a gépeknek és laboratóriumi felszereléseknek, s az angliai kutató hónapokig tartó gondolkodás árán jut ahhoz a döntéshez, hogy milyen eszközöket használjon a kutatáshoz. Ily módon sikerül neki a problémához jobban illő eszközöket kiválasztani és megszerezni.

Az alaptudományok körébe eső kutatások számára nagy veszélyt jelentenek a kommersz gépek és kommersz laboratóriumi eszközök. Ugyanis a nagy számban gyártott és a kereskedelembe vásárolható kutatási felszerelések legfeljebb csak a közönséges minősítő vizsgálatok sablonos elvégzésére alkalmasak, de nem alkalmasak az alaptudományok körébe vágó vizsgálatokhoz. Igen sok laboratórium túl van halmozva kommersz felszereléssel, s az emberek hajlamosak a meglévő felszerelés használatához ragaszkodni, ami által magát a problémát torzítják el. Viszont nagyon helyes az, hogy a kereskedelembe kapható sokféle szabványosított alkatrész, amelyből összeállítható kisebb-nagyobb kiegészítéssel olyan felszerelés, ami éppen legmegfelelőbb a probléma megoldásához még akkor is, ha a probléma az alaptudományok körébe esik.

Az elmondottakra példa gyanánt megemlíthetők a fásasztási kísérletek. Elég könnyű olyan gépet szerkeszteni, ami százszor vagy akár százmilliószor fejti ki ugyanazt az erőt ugyanabban a ciklusban, és elég könnyű ilyen géppel megállapítani valamely kiválasztott próbadarabnak fáradási élettartamát erre a megegyező nagyságban és megegyező ciklusokban ismétlődő erőhatásra. Sajnos, az ilyen kísérleti eredmény csak igen kevés képet nyújt a valóságos szerkezetnek a valóságban várható terhelésre bekövetkező fáradásáról, mint amilyenek például egyes repülőgéppalkatrészek vagy az autó hátsó tengelye. Már 1878-ban WOEHLEK végzett fásasztó kísérleteket megegyező nagyságban és megegyező ciklusokban ismétlődő terhelőerőre. A fásasztókísérletek végrehajtása azóta sem változott. A háború alatt ugyan a Battelle Memorial Institute több kötetre terjedő fásasztókísérleti adatot tett közzé, de még ez is igen kevés ahhoz, hogy szerkezeteket fásasztó igénybevételre méretezhessünk. A fásasztókísérletek vannak hivatva arra, hogy a szerkezetek valóságos viselkedéséről az eddiginél teljesebb képet nyújtsanak, de ehhez előbb korszerűsíteni kellene a fásasztókísérletek végzésére szolgáló gépeket.

Statisztikai hibák

Ma már mindenki egyetért abban, hogy a kísérleteket statisztikailag kell megtervezni és a kísérleti eredményeket statisztikailag kell értékelni. Mégis igen kevesen gondolkoznak azon, hogy egy-egy speciális problémához melyik statisztikai eljárást alkalmazzák. Az angliai választások során Winston CHURCHILLTŐL eredt ez a találó mondás: „A háborúban és a választásokon vannak kiugrások, amelyek számottevők, de nem szolgáltatnak átlagot.” Így van ez a tervezésnél is, mert vannak kiugró értékek a mérési eredmények szórásában, amelyek figyelembe veendők a tervezésnél, noha nem adnak képet az átlagról. Az átlag egy bizonyos normáeloszlásból adódik, s a statisztikus le van nyűgözve ettől az átlagtól, holott a mérnök nem sokat kezdhet ezzel az átlaggal, mert tudvalevő, hogy például az anyagvizsgálati kísérleteknél a mérési eredmények eloszlása lényegesen különbözni szokott a normáeloszlástól. Az anyagvizsgálati kísérleteknél legfeljebb elég nagyszámú megegyező mintadarabok csoportjaiból alkotott átlagértékek eloszlása lesz olyan, mint a normáeloszlás. Ez azonban az új problémákra vonatkozó kísérleteknél nem fordul elő. A tervezőt a kiugró értékek érdeklik; a legkisebb szilárdságot kívánja ismerni, hogy megnyugtatóan tervezhessen. Őt nem elégíti ki az, hogy valamely értéket 50—50 kísérleti esetben mindig elértünk vagy egyszer sem léptünk túl, mert ez csak a műszereink alkalmazásával kapott eredmény, aminek értékelésére megfelelőbb utat a statisztika sem tud nyújtani, még a kisminták esetére vonatkozó nemnormálmegoszlás figyelembevételével sem. A minősítési vizsgálatoknál alkalmazott statisztikus átlag tehát nem használható a tervezésre és új problémákra vonatkozó kutatásoknál. Szükség van tehát egy újabbfajta statisztikára, amelyben jelentőséghez fog jutni a *megoszlás*, amely nem szükségszerűen azonos a normálmegoszlással, valamint jelentőséghez fognak jutni a *megoszlás szélei* is, amik még fontosabbak, mint a megoszlás közbenső része, vagyis mint az átlag. Ezzel szemben, amikor kísérletezések statisztikájáról szóló könyveket nyitunk fel, azt látjuk, hogy azok kizárólag olyan fejtegetéseket és megállapításokat tartalmaznak, amelyek a normáeloszlás feltevésén alapulnak. POINCARÉ mondta: „A matematikusok elfogadják a normáeloszlást, mert azt hiszik, hogy az a fizikai valóság; a fizikusok pedig használják a normáeloszlást, mert azt hiszik, hogy az matematikai törvény.”

Egyidejűleg elkövetett többféle hiba

Hogy milyen könnyen el lehet követni egyidejűleg többféle hibát is, azt jól mutatja az anyagvizsgálati kutatások általános színvonala. Szép haladást értünk el abban, hogy bizonyos követelményeknek megfelelő anyagot állítsunk elő, de az, hogy a követelményeket az anyag viselkedésének jellem-

zõivel fejezzük ki, már sokkal nehezebb feladat. Hogy mennyire meg nem felelően teljesíthető ilyen feladat, arra példa gyanánt megemlíjtük a repülőgépvázakhoz használandó nagyszilárdságú alumíniumötvözetek fejlesztését. Az volt a feladat, hogy nagy folyási feszültséggel bíró anyagot kell előállítani; ez sikerült is, de ugyanakkor az anyag fáradási élettartamát két fokkal csökkentették.

Szerkezetek és szerkezeti elemek biztonsága és teherbíróképessége az a terület, ahol szintén összezavarták a valódi problémát a kutatás tárgyává tett problémával. E területen a dolgok tisztábatétele végett szükség lenne terhelési statisztikára és szilárdsági statisztikára, valamint a szélsőséges értékek közötti összefüggés megismerésére. A mérnöki körök általában nem nagyon fogták fel, hogy a problémát reális alapokon is meg lehet fogalmazni. Gyakran beszélünk mérnöki szerkezetek biztonságáról, de ha megkérdezzük statikus mérnököket vagy gépészmérnököket avagy kohómérnököket arra nézve, hogy mennyi a biztonság az általuk tervezett szerkezetben, akkor annyiféle választ fogunk kapni, ahány személyt megkérdeztünk.

Áttekintvén a kutatómunkát folytató személyek tevékenységét, azt láthatjuk, hogy a problémamegfogalmazásnál a fent megnevezett négyféle hiba egyikét sem kerülük ki: a szóhasználat jelentéstanilag homályos, a számítóanalízis nem nyugszik reális alapokon, a kísérleti eljárás nem a problémához tartozik, s a statisztikai feltevések igazolatlanok. És mégis, ilyen kutatómunka mellett is „biztonságos” szerkezetek létesülnek.

Véggövetkeztetés

A probléma megfogalmazásnak ideális módját tehát a következőképpen jelölhetjük meg: Előző ismereteink alapján helyesnek vélt feltevésekből kiindulva formális logikával (logikai okfejtéssel), megérzésünk alapján helyesnek vélt úton egy elméletet állítunk fel. Ez az elmélet olyan fogalmakat foglal magában, amelyek megfigyelés tárgyául szolgálhatnak, valamint olyan fogalmakat is, mint az eloszlásfüggvény, az esetlegesség és a számszerű valószínűség.

Azután a problémához tartozó kérdéseket fogalmazzuk meg, s ezek alternatív statisztikai hipotézisek alakjában is kifejezhetők; e hipotézisek a kiválasztott változóknak egy valamely időpontban való megfigyelésére vonatkoznak. E statisztikai hipotézisek kísérletileg nyernek igazolást, amennyiben a megfigyelésekből levont következtetéseket összekötjük a valószínűség mérvének megítélésével (a valószínűség alatt itt az egyes hipotézisek helyességének valószínűségét értjük). S azután elfogadjuk vagy elvetjük az eredetileg kigondolt elméletünket. De ez az elfogadás vagy elvetés már nem az „igaznak” vagy a logikai helytállóságnak a mérlegelésén alapul, hanem valószínűségi megfontolásokon.

Ez az utóbbi jellegzetesség alkotja a fő különbséget az úgynevezett *formális* tudományos szemlélet és a *tapasztalati*, vagyis *nemformális* tudományos szemlélet között: az elfogadás vagy el nem fogadás ismérve a formális tudományokban (pl. a matematikában) a logikai helytállóság, a tapasztalati tudományokban pedig a valószínűség. A tapasztalati tudományokban tehát az elvetett alternatívára nem azt mondjuk, hogy logikailag tarthatatlan vagy hogy hamis, hanem azt, hogy a tett feltevések alapján és a kísérletek tanúsága szerint valószínűtlen. Tehát az abszolút „igaz” ismérvét a viszonylagos valószínűség ismérvével helyettesítjük, amit még ki kell egészíteni a kísérletező jelentős mértékű megsejtőképességével, mert éppen ez a képesség az, ami az egzakt módszert teljessé teszi. S ez a képesség a probléma tárgykörében való alapos jártasságból ered, ami figyelemkoncentrációnak és munkakifejtésnek a gyümölcse, s amely nélkül sikeres problémamegoldás nem várható.

ÖSSZEFOGLALÁS

A műszaki kutatómunka, ha nem csak sablonos ipari minősítési vizsgálat elvégzéséről van szó, fokozott követelményeket támaszt mind a kutatómunkát végző személyek egyéni képességeit, mind a kutatómunka megszervezését, mind a laboratóriumi felszerelést illetően. A kutatót fűtse a tudományos elhivatottság érzése; a kutatóintézeti igazgatót a kutatás irányításában magasabbrendű szempontok vezessék, és ne vezesse őt a köznapi hasznosság.

A szerző megjelöli a tudományos felkészültséget és egyéni képességet, amiket a kutatómunkát végző személyektől meg kell követelni. A tudományos felkészültséget és a kutatómunkában való jártasságot a kutatóintézeti igazgatótól is meg kell követelni, mert teljesen téves az a nézet, hogy a kutatóintézeti igazgatónak csak adminisztrálnia kell, hiszen jó tudományos felkészültség és bőséges kutatási tapasztalat szükséges ahhoz, hogy ő a kutatómunka elvállalásakor helyesen tudja felfogni a kutatási problémát és helyesen tudja kitűzni a kutatás célját. Hangsúlyozza a szerző, hogy a kutatási probléma helyes megfogalmazása nehéz feladat, amit a kutatóintézeti igazgató csakis akkor tud teljesíteni, ha rendelkezik az ahhoz szükséges tudással és képességgel, s egyben fontos feladat is, mert a kutatási probléma helyes megfogalmazása döntően hat ki a kutatómunka sikeres elvégzésére.

A szerző osztályozza és analizálja azokat a hibákat, amiket a kutatómunka elvállalásánál, kijelölésénél, végrehajtásánál és műszerekkel való ellátásánál szoktak elkövetni, s megjelöli azt az utat, amelyen haladva a hibák kiküszöbölése remélhető.

A CIRKULÁCIÓSEBESSÉG SZÁMÍTÁSA FÜGGŐLEGES FŰTÖTT CSÖVEKBEN

RÁCZ ELEMÉR

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA
BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM, REPÜLŐGÉPEK TANSZÉKE

[Beérkezett 1962. április 6-án]

Határozzuk meg az 1. ábrán vázlatosan feltüntetett jól hőszigetelt berendezésben a cirkulációsebességet (v_0) az alábbi feltételek mellett. v_0 értéke 0,5—1,5 m/s határok közé esik és a hőcserélőben a fűtés olyan mértékű, hogy a gőzképződés csak a felszálló cső szabad (nem fűtött) szakaszán indul meg (az ábrán A pont). E feltételek természetesen korlátozzák az alábbi számítási eljárás használhatóságát, de sok gyakorlati esetben — nem annyira vízcsöves gőzkazánok, hanem elsősorban hasonló elrendezésű bepárló, desztilláló stb. berendezések esetében — teljesülnek, és ekkor a számítás a gyakorlati igényeket kielégítő eredményt ad.

Legyen az A ponttól x távolságban fekvő keresztmetszetben (2. ábra) az egyesítve képzelt gőzbuborékokkal elfoglalt keresztmetszeti terület (f a cső teljes keresztmetszeti területe):

$$f_g = \varphi f \quad (1)$$

a folyadék által elfoglalt keresztmetszeti terület ekkor:

$$f_f = (1 - \varphi)f. \quad (2)$$

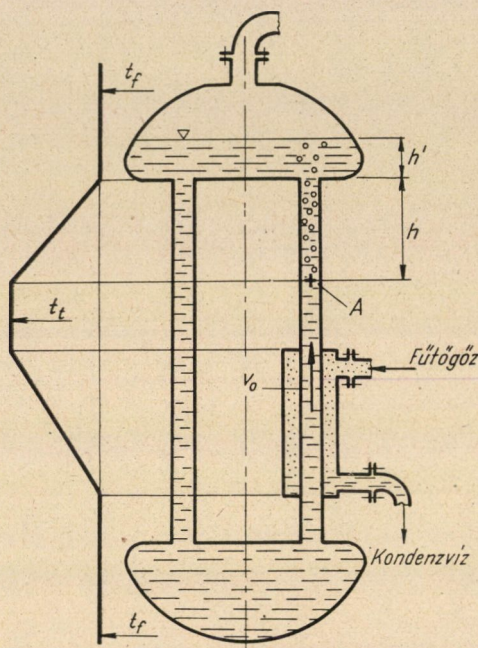
Legyen továbbá az x keresztmetszetben a folyadék sebessége: v , a gőz abszolút sebessége: w , tehát a gőznek a folyadékhoz viszonyított relatív sebessége: $u = w - v$. A megfelelő *dimenzió nélküli sebességeket* jelöljük az alábbiak szerint:

$$\left. \begin{aligned} \bar{v} &= \frac{v}{v_0} \\ \bar{w} &= \frac{w}{v_0} \\ \bar{u} &= \frac{u}{v_0} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

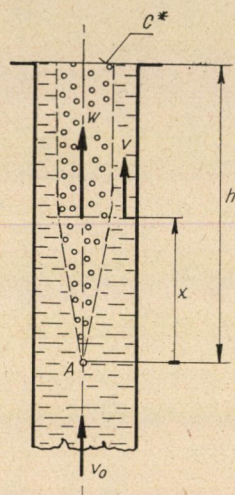
A csövön másodpercenként átáramló *keverék* súlyát a következőképpen írhatjuk fel:

$$G_k = f v_0 \gamma_f, \quad (4)$$

ahol γ_f a folyadék fajsúlya.



1. ábra



2. ábra

Az x keresztmetszetben mp-enként átáramló gőz súlyát fejezzük ki a keverék súlyával az alábbi módon:

$$G_g = c G_k, \quad (5)$$

ahol tehát c a *súlybeli viszonylagos gőztartalom* az x helyen.

Ugyanakkor az átáramló folyadék súlya:

$$G_f = (1 - c) G_k. \quad (6)$$

Az átáramló gőz, illetve folyadék súlyának a fentiek alapján felírható két-két kifejezését egyenlővé téve egymással, kapjuk (γ_g a gőz fajsúlya):

$$\left. \begin{aligned} f v_0 \gamma_f c &= \varphi f w \gamma_g \\ f v_0 \gamma_f (1 - c) &= (1 - \varphi) f v \gamma_f \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

illetve a $\gamma = \frac{\gamma_f}{\gamma_g}$ viszonylagos fajsúly bevezetésével:

$$\left. \begin{aligned} \gamma c &= \varphi \bar{w} \\ 1 - c &= (1 - \varphi) \bar{v} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

A (8) egyenletek az áramlásra jellemző dimenzió nélküli mennyiségek között állapítanak meg fontos összefüggéseket. γ lényegében a felső edényben, az ún. szeparátorban uralkodó nyomástól (p_{sz}) függ, csekély mértékű változásától a cső mentén eltekinthetünk.

(8)-ből kiküszöbölve φ -t és figyelembe véve, hogy $\bar{w} = \bar{v} + \bar{u}$, a folyadék, illetve a gőz dimenzió nélküli sebességére a következő kifejezéseket kapjuk:

$$\left. \begin{aligned} \bar{v} &= \frac{1}{2} [(\gamma - 1)c - \bar{u} + 1] + \sqrt{1/4[(\gamma - 1)c - \bar{u} + 1]^2 + \bar{u}(1 - c)} \\ \bar{w} &= \frac{1}{2} [(\gamma - 1)c + \bar{u} + 1] + \sqrt{1/4[(\gamma - 1)c - \bar{u} + 1]^2 + \bar{u}(1 - c)} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

A fentebb körvonalazott gyakorlati esetekben a következő egyszerűsítéseket tehetjük:

$$1 - c \approx 1 \quad \text{és} \quad \gamma - 1 \approx \gamma,$$

amivel:

$$\left. \begin{aligned} \bar{v} &= \frac{1}{2} (\gamma c - \bar{u} + 1) + \sqrt{1/4(\gamma c - \bar{u} + 1)^2 + \bar{u}} \\ \bar{w} &= \frac{1}{2} (\gamma c + \bar{u} + 1) + \sqrt{1/4(\gamma c - \bar{u} + 1)^2 + \bar{u}} \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Mint látjuk \bar{v} és \bar{w} adott szeparátornyomás (azaz adott γ esetén) csak c -től és \bar{u} -tól függ.

A keverék fajsúlya az x keresztmetszetben (8) figyelembevételével így írható:

$$\gamma_k = (1 - \varphi) \gamma_f + \varphi \gamma_g = \gamma_f \left[1 - (\gamma - 1) \frac{c}{\bar{w}} \right] = \gamma_f \left(1 - \frac{\gamma c}{\bar{w}} \right) \quad (11)$$

Tételezzük fel a továbbiakra, hogy a súlybeli fajlagos gőztartalom arányosan nő az A ponttól mért x távolsággal, azaz:

$$c = \zeta x, \quad (12)$$

ahol ζ állandó. Ez a feltevés leginkább akkor fogadható el, ha — mint azt már kiinduláskor felvettük — a gőzfejlődés szakaszán nincs hőátadás, tehát a gőzfejlődés pusztán a hidrosztatikus nyomás közel lineáris csökkenésének következményeként jön létre.

A cirkulációt a h szakaszon a leszálló csőben áramló folyadék és a felszálló csőben áramló gőz—folyadék—keverék *fajsúlyának különbsége* tartja fenn. (A folyadéknak a hőcserélőben történő néhány fokos felmelegedéséből származó, jóval kisebb felhajtóerőt figyelmen kívül hagyhatjuk.) A hidrosztatikai nyomáskülönbségből származó fajlagos felhajtóerő tehát — (11) és (12) figyelembevételével — a következőképpen írható fel:

$$P_f = \int_0^h (\gamma_f - \gamma_k) dx = \frac{\gamma_f \gamma}{\zeta} \int_0^{c^*} \frac{c}{\bar{w}} dc, \quad (13)$$

ahol c^* a viszonylagos gőztartalom a felszálló cső felső keresztmetszetében.

Számítsuk ki a felszálló cső h szakaszán a sűrűdési ellenállásból, valamint a folyadék és a gőz felgyorsításából származó nyomásesést.

A sűrűdési ellenállás okozta nyomásesés számításához írjuk fel az x keresztmetszetben *a keverék térfogategységének kinetikai energiáját*. A (8) összefüggések alapján ez a következő:

$$E = (1 - \varphi) \frac{\gamma_f v^2}{2g} + \varphi \frac{\gamma_g w^2}{2g} = \frac{\gamma_f v_0^2}{2g} (\bar{v} + c \bar{u}), \quad (14)$$

s így a sűrűdési ellenállás okozta nyomásesés:

$$\begin{aligned} P_s &= \frac{\lambda}{d} \int_0^h E dx = \frac{\lambda}{d} \frac{\gamma_f v_0^2}{2g} \int_0^h (\bar{v} + c \bar{u}) dx = \\ &= \frac{\lambda}{d \zeta} \frac{\gamma_f v_0^2}{2g} \int_0^{c^*} (\bar{v} + c \bar{u}) dc, \end{aligned} \quad (15)$$

ahol λ a sűrűdési ellenállási tényező, d a cső átmérője.

A keverék egységnyi térfogatát gyorsító erő — ugyancsak a (8) összefüggések figyelembevételével — így írható:

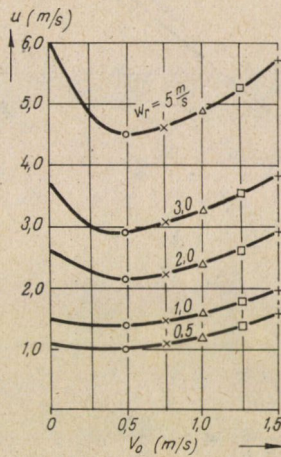
$$P_{gy} = (1 - \varphi) \frac{\gamma_f}{g} \frac{dv}{dt} + \varphi \frac{\gamma_g}{g} \frac{dw}{dt} = \frac{\gamma_f v_0^2}{g} \left(\frac{d\bar{v}}{dx} + c \frac{d\bar{u}}{dx} \right), \quad (16)$$

tehát a keverék felgyorsításához szükséges nyomásesés:

$$\begin{aligned} P_{gy} &= \int_0^h P_{gy} dx = \frac{\gamma_f v_0^2}{g} \int_0^h \left(\frac{d\bar{v}}{dx} + c \frac{d\bar{u}}{dx} \right) dx = \\ &= \frac{\gamma_f v_0^2}{g} \left(\bar{v}^* - 1 + \int_{\bar{u}_0}^{u^*} c d\bar{u} \right), \end{aligned} \quad (17)$$

ahol a *-gal jelzett mennyiségek a felszálló cső felső keresztmetszetére vonatkoznak.

A továbbiakhoz — hogy p_f , p_s és p_{gy} értékeit adott esetben numerikusan kiszámíthatjuk — olyan kísérleti eredményeket fogunk felhasználni, amelyek alapján összefüggést találhatunk a dimenzió nélküli sebességek és a fajlagos gőztartalom között. PETERSON szovjet kutató e célra alkalmas kísérleti eredményeit a 3. ábra foglalja össze. Ez az ábra megadja függőleges csőben a gőzbuborékok relatív sebességét u -t a cirkulációsebesség (v_0) függvényében a w_r redukált gőzsebesség — mint paraméter — különböző értékei mellett. A redukált



3. ábra

gőzsebességen PETERSON a teljes csőkeresztmetszetre vonatkoztatott gőzsebességet érti, amelynek kapcsolata w -vel a következő összefüggésből egyszerűen adódik:

$$\gamma_g \varphi f w = \gamma_g f w_r,$$

azaz:

$$w_r = \varphi w,$$

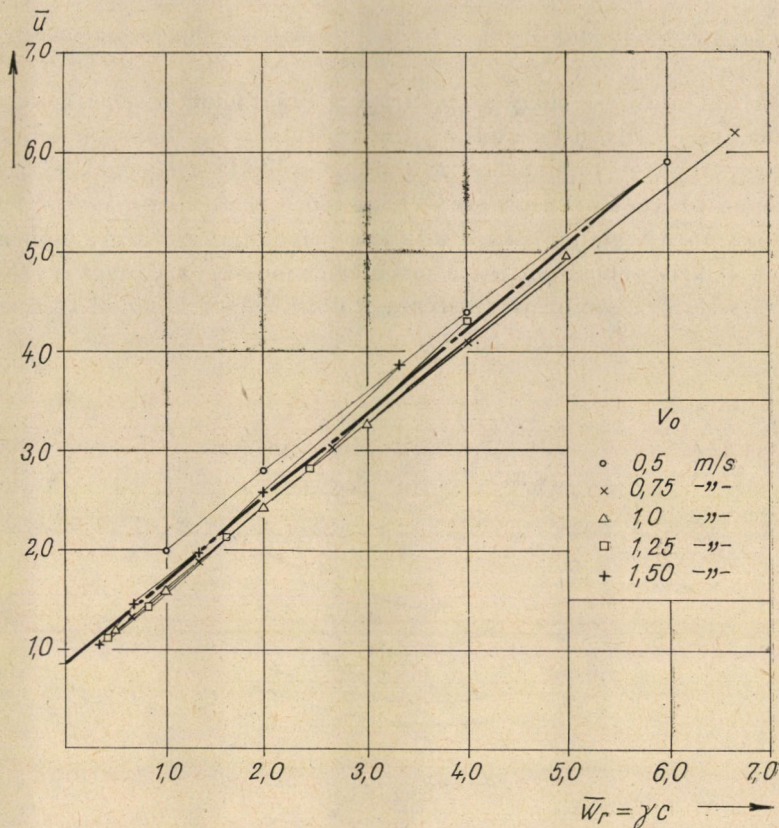
illetőleg (8) alapján:

$$\bar{w}_r = \varphi \bar{w} = \gamma c. \quad (18)$$

Rajzoljuk át a Peterson-féle görbesereget a $\bar{w}_r = \gamma c$, \bar{u} koordináta-rendszerbe v_0 -al, mint paraméter értékkel (4. ábra).

Látható, hogy $v_0 = 0,5 - 1,5$ m/s között igen jó közelítéssel egy összefüggést írhatunk fel \bar{u} és γc között, mégpedig:

$$\bar{u} = 0,85 (1 + \gamma c). \quad (19)$$



4. ábra

Ez az egységes összefüggés jelentősen megkönnyíti a további számítást. (19)-el a (13), (15) és (17) összefüggés a következőképpen alakul:

$$p_f = \frac{\gamma_f}{\zeta} \int_0^{c^*} \frac{\gamma c}{0,925(1 + \gamma c) + \sqrt{[0,075(1 + \gamma c)]^2 + 0,85(1 + \gamma c)}} dc, \quad (20)$$

$$p_s = \frac{\lambda}{d\zeta} \frac{\gamma_f v_0^2}{2g} \int_0^{c^*} \left[(0,075 + 0,85c)(1 + \gamma c) + \sqrt{[0,075(1 + \gamma c)]^2 + 0,85(1 + \gamma c)} \right] dc \quad (21)$$

és

$$p_{gy} = \frac{\gamma_f v_0^2}{g} [0,075(1 + \gamma c^*) + \sqrt{[0,075(1 + \gamma c^*)]^2 + 0,85(1 + \gamma c^*) + 0,425 \gamma c^{*2} - 1}]. \quad (22)$$

Látható, hogy p_f , p_s (ζ -on kívül) és p_{gy} most már csak γ_c -től, illetőleg c -től, a súlybeli viszonylagos gőztartalomtól függ. A (20) és (21) összefüggésekben kijelölt integrálást — noha az integrálás eredménye hosszadalmas képlettel zárt formában is kifejezhető — gyakorlatilag célszerűbb *grafikusan* elvégezni.

A számítást a továbbiakban iterációs módszerrel folytathatjuk. Vegyük fel kiindulásul a v_0 cirkuláció sebesség értékét v_{01} -re. Ezzel a hőcserélőben a cirkuláló folyadéknak óránként átadódó Q_1 melegmennyiség a hőátaszármaztatás ismert összefüggései szerint számítható. Q_1 ismeretében azonnal megkaphatjuk c_1^* -ot:

$$c_1^* = \frac{G_g}{G_k} = \frac{Q_1}{3,6 r f v_{01} \gamma_f} \cdot 10^{-3}, \quad (23)$$

ahol r a folyadék párolgási hője (vehetjük a szeparátor nyomáson).

Írjuk fel a folyadék stacionárius cirkulálásának egyensúlyi egyenletét:

$$p_f = p_s + p_{gy} + \sum p_h, \quad (24)$$

ahol $\sum p_h$ a cirkulációs körnek a felszálló cső forrasi szakaszán kívüli összes *hidraulikus ellenállásából* származó nyomásesés. $\sum p_h$ -t v_0 ismeretében a hidraulika ismert összefüggéseivel könnyen megkaphatjuk. A (24) egyenletben — (23) figyelembevételével — egyedül ζ ismeretlen, amely így, s vele a forrasi szakasz hossza:

$$h_1 = \frac{c_1^*}{s_1} \quad (25)$$

számítható. ($\sum p_h$ pontos számításához ismernünk kellene h értékét, de ha ezt csak becsüljük, jelentéktelen hibát követünk el.)

A hőmérséklet változását a felszálló cső mentén jó hőszigetelés esetén az 1. ábra szemlélteti. A forrasi szakasz kezdeti pontjában — az A pontban — a hőmérsékletet két oldalról számíthatjuk.

A folyadéknak a hőcserélőben történő felmelegedésére vonatkozóan írhatjuk:

$$\frac{Q_1}{3,6 f v_{01} \gamma_f} \cdot 10^{-3} = (t_{11} - t_f) c_f,$$

ahol t_f a keringő folyadék hőfoka a leszálló csőben, illetve a hőcserélőbe való belépés előtt, t_{11} pedig a folyadék hőfoka a hőcserélő után, c_f a folyadék fajhője (vehetjük a t_f hőfokon). Ebből az összefüggésből a folyadék hőfoka a hőcserélő után:

$$t_{11} = t_f + \frac{Q_1}{3,6 f v_{01} \gamma_f c_f} \cdot 10^{-3}. \quad (26)$$

Másrészt az A pontban a *hidrosztatikai nyomást* a következőképpen írhatjuk fel:

$$p_A = p_s + p_{gy} + (h + h')\gamma_f - p_f + p_{sz}. \quad (27)$$

A p_A nyomásnak megfelelő *telített gőzhőmérsékletnek*: t'_{t1} -nek meg kellene egyeznie t_{t1} (26) képlettel számítható értékével. Ez csak véletlenül fordulhat elő, általában nincs meg az egyezés, s ekkor v_0 további értékeivel megismételjük a számítást. t_t általában csökken v_0 növekedésével, t'_t pedig növekszik. A t_t és t'_t görbék metszéspontja megadja a tényleges v_0 cirkulációsebességet. Ugyanakkor h és Q változását is felrajzolva, v_0 -nál megkapjuk e mennyiségek valóságos értékét is, s így az egész jelenség lefolyásáról világos képet nyerünk.

A fenti számítási eljárás lényegében alkalmazható nagyobb v_0 határok között is, ha a szükséges kísérleti adatok rendelkezésre állnak. Ez esetben az \bar{u} és c közötti összefüggést valószínűleg nem a (19) képlettel megadott egyetlen görbe, hanem v_0 paraméterrel bíró görbesereg fogja megadni, ami azonban a számítás menetét lényegesebben nem érinti.

IRODALOM

- ПЕТЕРСОН Д. Ф.: К вопросу об относительной движении пара и воды в трубках паровых котлов. Сов. Котлотурбо, стр. 1936., №. 4.
 ТЕЛЕТОВ С. Г.: К методике расчета циркуляции. Известия ЗНИИ АН. СССР. Т. XI. 1940.
 MÜNZINGER, FR.: Dampfkraft. 2. Auflage. Berlin, 1933.
 BECKER, K.: Die Berechnung des natürlichen Wasserumlaufes in Dampfkesseln. München.

ÖSSZEFOGLALÁS

A függőleges fűtött csövekből álló zárt rendszerben kialakuló természetes cirkuláció sebességének számításához a szerző először összefüggéseket ad meg a forrási szakaszon a víz és a gőz dimenzió nélküli sebességei és a súlybeli fajlagos gőztartalom között, majd levezeti a fajsúlykülönbségből származó felhajtóerő és a sűrűlási és gyorsítási ellenállás képletét. A cirkulációsebesség numerikus számításához a továbbiakban Peterson szovjet kutató kísérleti eredményeit használja fel.

TÁVBESZÉLŐTECHNIKAI FEJLESZTÉSI PROBLÉMÁK*

KOZMA LÁSZLÓ
AZ MTA LEVELEZŐ TAGJA

I. Bevezetés

A távbeszélőtechnika — mint műszaki tudomány — olyan berendezésekkel foglalkozik, amelyek tehetővé teszik, hogy Földünk tetszőleges két pontján levő két telefonkészülék között beszélgetésre alkalmas — átmenetileg fenntartott — összeköttetés létesülhessen. A villamos távközlés alapelveinek megfelelően az ilyen műszaki berendezések tartozékai általában három fő csoportra oszthatók:

*előfizetői készülékek,
beszédcsatornák és
kapcsoló központok.*

1. Az előfizetői készülékek feladata a *hang-áram és áram-hang analóg módon végzett átalakítása*, valamint a kezdeményezett és fogadott hívásokkal kapcsolatos informatív jellegű *jelzések* létrehozatala, továbbítása, vétele stb., a telefonszolgáltatás mindenkori követelményeinek megfelelően.

2. A beszédcsatornák továbbítják a *beszédet képviselő áramot*, valamint közvetítik mindazokat a jelzéseket, amelyek az összeköttetés létrehozásához, fenntartásához és bontásához szükségesek. Maguk a beszédcsatornák lehetnek fémes vezetékek, a legkülönbözőbb típusú vivőhullámú, frekvenciaosztásos, analóg vagy digitális elven működő összeköttetések, továbbá vezeték nélküli csatornák, amelyeket mikrohullámok képeznek. A távbeszélőtechnika legfőbb követelménye, hogy mindezeket a beszédcsatornákat — a mindenkori előfizetői igényeknek megfelelően — tetszés szerinti kombinációban és mennyiségben sorba, azaz láncba lehessen kapcsolni és az így létrehozott összeköttetés a CCITT ajánlásait kielégítse csillapítás, átviteli idő, lineáris torzítás, nem lineáris zajok, áthallás, reflexió, stabilitás stb. szempontjából.

3. A kapcsoló központok feladata a hozzájuk csatlakozó beszédcsatornákat — az előfizetői vonalakat és a központok közötti ún. *trunköket* — a kapott információk alapján — a kívánt páros kombinációban beszédátvitelre alkalmas módon összekötni. *A trunkök lehetnek országos interurbán vonalak vagy nemzetközi összeköttetések is.* Ma a világon igen sokféle típusú telefonközpont van üzemben, így a legfőbb követelmény, hogy a jelenlegi, valamint a jövőben még kifejlesztésre kerülő kapcsoló központok biztosítsák a beszédcsatornák

* 1962. márc. 15-én megtartott akadémiai székfoglaló előadás.

láncbakapcsolásának lehetőségét a szokásos műszaki követelmények betartása mellett, amik kapcsolási időre, csillapításokra, veszteségi valószínűségekre, karbantartási szempontokra stb. vonatkoznak.

E beszámolómban röviden ismertetni kívánom a *távbeszélőtechnikai* berendezésekkel kapcsolatban világszerte folyó — rendkívül nagyméretű és szerteágazó — fejlesztő munkák aktuális problémáit, a várható fejlődés irányait az éppen vázolt hármas csoportosításnak megfelelően, miközben utalnék az e területekkel kapcsolatosan kifejtett saját szerény méretű tevékenységemre is.

II. Előfizetői készülékek

Az előfizetői készülékek a telefon feltalálása óta elvben alig változtak. A készülékek az automatizálás bevezetésével számtárcsát kaptak, de azután csak konstrukciós és gyártási tökéletesítések történtek. A hallgató ma is majdnem ugyanaz, mint Graham BELL idejében, a mikrofon szintén lényegében EDISON szénmikrofonja. Minthogy azonban egy összeköttetés átviteli veszteségei és nemlineáris torzításai — mikrofontól hallgatóig — elsősorban e két alkatrész módosításával javíthatók, ezért az utóbbi 10—15 év legfőbb fejlesztési munkái ezekkel kapcsolatosak. Sikerült elérni, hogy a szénmikrofon kimenő teljesítménye — jobb frekvencia karakterisztika mellett — kb. 0,6 népperrel emelkedett, míg ugyanakkor a hallgató viszonyított egyenértéke is konstrukciós változtatások révén kb. 0,8 népperrel javult (azaz csökkent). Ily módon egy összeköttetés átviteli viszonyított egyenértéke csökkent kb. 1,4 népperrel, ami azt jelentette, hogy a hálózat veszteségét — elsősorban az előfizetői vonal csillapítását — növelni lehetett a vezeték keresztmetszetének csökkentésével.

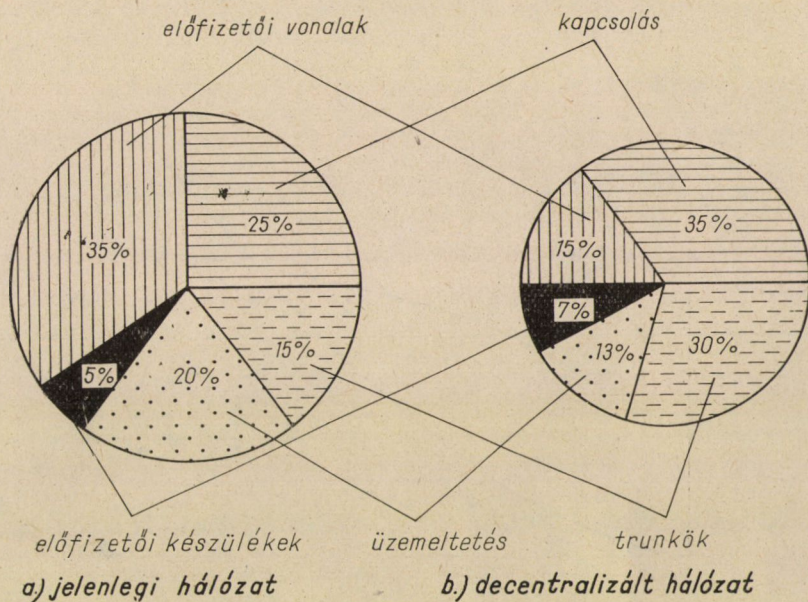
Egy helyi összeköttetés viszonyított egyenértéke ma valahol -1 és $+4,6$ néper között van. A kívánatos terület $+1$ és $+3$ néper között van. A -1 néper csillapítás, azaz 1 néper erősítés egyes esetekben a hang kellemetlen erősségét eredményezheti. Távolsági vonalakon az átviteli szint eléggé konstansul tartható, a változó elem tehát egy összeköttetésben maga az előfizetői vonal. Amikor tehát az előfizetői készülékek várható fejlődésével akarunk foglalkozni, akkor ezt csak az előfizetői vonalak egyidejű figyelembevételével lehet megtenni, és csak így lehet a telefonszolgáltatás modern követelményeire, a telefonközpontok várható alakulására, az üzem gazdaságossági vonatkozásaira rámutatni.

A jelenlegi helyzet az, hogy egy helyi — pl. a budapesti — telefonszolgáltatás amortizációs költségeiben a központ kb. 25%-kal, az előfizetői hálózat kb. 35%-kal, a trunkhálózat kb. 15%-kal, az előfizetői készülék pedig 5—6%-kal szerepel (a többi az üzemi költség). Az előfizetői vonal ára legalább 6—7-szerese a készülék árának (lásd 1a. ábrát).

A fő problémát tehát az előfizetői vonal jelenti. Jelenleg minden előfizetői készüléket egy fizikai érpár köt össze a legközelebbi központtal. Ennek a vonal-

nak a kihasználási foka igen rossz, a nap 24 órájára vonatkoztatva kb. 4%. Ezen a helyzeten igyekeztek már régóta javítani több-kevesebb sikerrel. Így pl.:

Több kísérlet történt az előfizetői vonalaknak más — nem telefon — céljaira való felhasználásával. Nyilvánvalóan ez a lényeg megkerülése. Pl. Svájcban rádióprogramot közvetítenek a vonalon át (az előfizető számtárcsájával 10 féle programból válogathat, a minőséget jó városon kívüli vétel bizto-



1. ábra

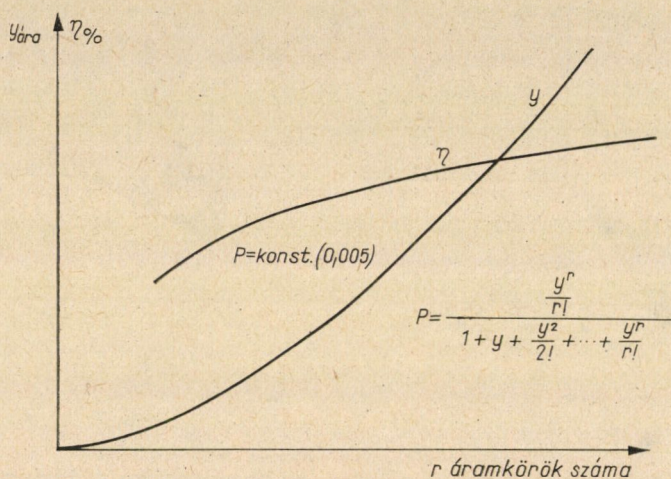
sítja). Persze az átvitt beszéd szinten kell tartani és így a hangszórót erősítő előzi meg; azonban nem kellemes, ha zeneszámokat egy beérkező hívás félbeszakít.

Kétségtelen, hogy a rossz kihasználási fokot csak úgy lehet megjavítani, ha a vonal nemcsak egy, hanem több előfizetőhöz tartozik. Így jöttek létre a különböző iker megoldások: kettes, négyes, sőt 10-es ikrek is. Ez utóbbi a Siemens-rendszerben terjedt el. Az ikernek is vannak hátrányai, elsősorban egymás kölcsönös kizárása, ami 10-es ikreknél rendkívüli mértékben kellemetlen lehet. A kettes iker megoldások azonban mindenfelé — így nálunk is — igen elterjedtek.

A központok decentralizálása az egyetlen járható út (az az elgondolás, hogy az előfizetői vonalakat valamilyen módon pl. frekvencia osztásos alapon többszörösen használjuk ki, ma nem látszik realizálhatónak). Mennél több

telefonközpont lát el egy bizonyos területet, annál rövidebbek lesznek az előfizetői vonalak. Természetesen ugyanekkor a sok központ közötti összekötő vonalak — az ún. trunkök száma — emelkedik. Minthogy azonban ezek a trunkök nagy — általában ideális — csoportokat képezhetnek, így teljesítményük az ismert Erlang-képletnek megfelelően nő

$$P_v = \frac{\frac{y^r}{r!}}{1 + y + \frac{y^2}{2!} + \dots + \frac{y^r}{r!}},$$



2. ábra

ahol P_v jelenti annak a valószínűségét, hogy y órányi forgalom a rendelkezésre álló r áramkörből nem talál szabadot.

A vonalak hatásfoka:

$$\eta = \frac{y}{r}.$$

Meghatározott — a szolgálat minőségére jellemző — P_v érték mellett η emelkedik r -rel, ahogyan az a 2. ábra görbéiből leolvasható. Ha azonban a központok számát túl nagyra növeljük, kicsi lesz a forgalom az egyes központok között és így — bár az előfizetői vonalak egyre rövidülnek — az egyes központok közti trunk nyálábok nagysága és ezzel a trunkök hatásfoka csökken. Kell tehát egy optimumnak lennie; ez a számításokból 300—400 előfizetős kis központokhoz és az ezeket összekötő néhány nagy központhoz vezet. A kis

központokat *koncentrátoroknak*, az összefogó nagy központokat *trunkközpontoknak* szokták nevezni.

A koncentrátor problémával magam is sokat foglalkoztam. Vizsgálataimmal arra jutottam, hogy a koncentrátor optimális méreteit minden esetben meg lehet határozni. 1960-ban Moszkvában és Leningrádban e témakörből előadásokat tartottam, és az eredményekről a *Periodica Polytechnica* 1961. évf. 3. számában beszámoltam.

Ilyen koncentrátor megvalósítása eddig számos nehézségbe ütközött. Elektromágneses szerelvények alkalmazásával a karbantartási problémákat nem lehetett kielégítően megoldani. A jelenleg használt forgógépes rendszerek karbantartása *5—8 óra/év · előfizető* körül van, ami 300 előfizető esetében 1 műszerészt jelent. Míg nagy központokban a karbantartókat *specializálni* lehetett, addig itt az egyetlen karbantartónak mindenhez értenie kellene, amit nem lehet elvárni tőle. Vagy ha igen, mint pl. vidéki kis központokban, akkor nem lehet *5—8 órával* számolni, hanem sokkal többel, esetleg *2—3-szoros* értékkel.

A korábbi decentralizálási törekvések csak az ún. *bérházközpontig* jutottak el. Ezek egy-egy nagyobb lakóháznak vagy lakótömbnek *20—30 előfizetőjét* szolgálják ki és a hívásokat *3—5* érpáron át közvetítik. Az ilyen kis áramkör-csoport határfoka nem kielégítő, a szükséges kapcsolószerelvények mint többletgépek jelentkeznek, a karbantartási nehézségek fennállnak, így a bérházközpontok — a sok befektetett fejlesztőmunka ellenére — nem terjedtek el számottevő mértékben.

Lényeges fordulatot jelentett a központok decentralizálásának realizálhatósága érdekében az elektronikus kapcsolóelemek megjelenése. A koncentrátor típusú központ megvalósítása több módon lehetséges és ez döntően visszahat az előfizetői készülékek jövőbeni alakulására.

A fő probléma az, hogy kell-e fémes — galvanikus — összeköttetés a központ — most már a koncentrátor — és az előfizetői készülék között. A beszéd számára a *300—3400 Hz* frekvenciák közti sáv szükséges, azonban a különböző jelzések számára a *0—50* periódus közötti sáv használata lényeges egyszerűsítéseket jelent: a hívás és bontás jelzése egyenárammal igen egyszerű; a csengetés *16²/₃* vagy *25*, esetleg *50* periódusos árammal történik, aminek előnye, hogy olyan magas szinten lehet küldeni — áthallás veszélye nélkül —, amely elégséges a csengőnek a kívánt hangerővel való megszólaltatására. Az egyenáram jelenléte biztosítja, hogy megmaradhatunk a szénmikrofon mellett, amely önmagában véve az őt érő hangenergiát kb. *3* néper erősítéssel alakítja át elektromos energiává; a mai konstrukciók nemlineáris torzítása már *10%* alatt van, ami beszéd számára kielégítő; és végül a szénmikrofon olcsó és robusztus szerelvény.

Amennyiben minden jelzést meg tudunk oldani a beszédsvon belül, akkor is szükség van egyenáramra; ha tehát nem lenne galvanikus összekötte-

tés, akkor helyi áramforrásra lenne szükség, mert a hálózati áramra nem lehet bízni az üzem vitelét. Ez az áramforrás lehet hosszúéletű száraz elem, vagy inkább könnyen tölthető akkumulátor, esetleg napelemféle megoldás. A szén-mikrofon helyett lehetne ugyan mágneses mikrofont alkalmazni, aminek a működése nem követel meg telepet, de a mágneses mikrofon kimenő teljesítményét még a készülékben erősíteni kell 3—4 néperrel, ami tranzisztorok alkalmazásával teljesíthető; a tranzisztorok működtetéséhez azonban ismét csak áramforrás szükséges. Látható tehát, hogy a *galvanikus összeköttetés elmaradása csak akkor engedhető meg, ha helyi áramforrásunk van*. Kérdés azonban, hogy ha van is megnyugtató válasz a telep kérdésre, mit tudunk elérni?

Mindenekelőtt figyelembe kell venni, hogy az előfizetői vonal primér paraméterei rendkívül változók, az idő függvényében is változnak. Az ilyen vonalak többszörös kihasználása akár frekvencia — akár időbeosztásos alapon igen nagy költségeket jelentene, ha ugyan egyáltalán megvalósíthatónak bizonyulna, de akkor is csak igen kevés számú előfizető számára lehetne egy vonalat közössé tenni.

Másrészt a koncentrátor típusú központ révén a szükséges trunkök számát az előfizetői vonalokhoz viszonyítva egyszerű kapcsoló eszközökkel redukálni lehet kb. 6 : 1 arányban. Ekkor megmaradhatnak a galvanikus fémes összeköttetések az előfizetők és a központ között, aminek számos előnyét ki lehet használni. Az egy előfizetőre eső vezeték ára ezek után csökken az előfizetői készülék kb. kétszeres árnívójára, és ennek tükrében kell megvizsgálni, hogy a mai készülékeket milyen módon tudjuk korszerűsíteni.

Kétségtelen, hogy a tranzisztorok hamarosan belekerülnek az előfizetői készülékekbe és ha az első — akármelyik okból — megjelenik, igen gyorsan továbbiakra fog sor kerülni. *Tranzisztorok alkalmazásával a következő fejlődés lesz biztosítható:*

1. Előbb-utóbb a telefonközpontok kapcsoló szerelvényei elektronikus elven fognak működni. Az ilyen kapcsoló elemek a magasszintű csengető váltóáramot nem tudják átvinni. A jövő készülékébe tehát a *csengető áram beszéd szinten* fog érkezni és erősítésre fog szorulni. Ugyanakkor mind a központ, mind az erősítés szempontjából előnyösebb, ha a csengetőáram frekvenciáját a beszédcsávba emeljük. A hangfrekvenciás csengő kellemesebb hangú, mint a jelenlegi éles hangú kisfrekvenciás csengő és amellet semmi akadálya, hogy az erősített hangfrekvenciával a hallgatót szólaltassuk meg, és a *csengőt egyáltalán elhagyjuk*. Az erősítést tranzisztorral eszközöljük.

2. A számtárca ma már az országos távválasztás bevezetésével túl lassú szerelvénynek bizonyul. Ilyen esetekben 7—8, *esetleg 10—11 számjegyet* kell majd tárcsázni és ez eléggé fárasztó. Amíg a központok viszonylag lassú működésű kapcsológépekkel rendelkeztek, addig a számjegyküldés gyorsításának nem sok értelme volt, mert a kapcsológépek elmaradtak volna mindenképpen a számjegyküldéshez képest és az előfizetőnek számjegyküldés után idegesítően

várakoznia kellett volna a kapcsolás befejezésére. Léptetőszerekben pedig nincs is mód a számtárcsa leváltására. *Billentyűzet és kódküldés* a helyénvaló megoldás. A különböző ismert kódküldő rendszerek közül eddig leginkább bevált az, amelyik a készülékben előállított *5-féle hangfrekvenciából* — egy-egy gomb lenyomására — *kettőt kapcsol a vonalra* a központ felé. Ez a módszer eléggé biztonságos beszédáthítás és a vonalon esetleg megjelenő zavaró áramok ellen. Oszcilláció céljaira tranzisztorok alkalmazása a legegyszerűbb. (Passzív szűrőkkel nem lehet próbálkozni, mert a központ az előfizetői vonalon keresztül kiküldött különböző frekvenciák felhasználásával nem tudná érzékelni az előfizetői készülékekben levő frekvenciafüggő lezárásokat.)

3. Ha a koncentrátor központot megvalósítjuk, akkor az előfizetői vonalak hossza redukálódik max. néhány száz méterre. Ez egyben azt fogja jelenteni, hogy mindenféle ikermegoldás elveszti gazdaságosságát, tehát csak „fővonalak” lesznek. Egy ilyen rövid érpár csillapítása elhanyagolhatóan kicsi. A készülék tápáramát a trunkközponttól lehet adni és így a koncentrátor és a trunkközpont közti trunkok határozzák meg a tápáram nagyságát és a megengedhető — azaz beiktatható toldalék — csillapítás értékét. A tápáramot egyszerű eszközökkel — akár trunkonként egy ellenállással — közel állandó értéken tarthatjuk, amivel kiküszöbölhetjük a jelenlegi max. 3—4,5 néperes színtingadozást és ezt egységesen 1—1,5 néper közé szoríthatjuk. A trunkközpontokat egymással összekötő trunkok maradék csillapítása nulla körüli érték lehet, különösen ha figyelembe vesszük, hogy ezeknél a *multiplex kihasználásra* hamarosan sor fog kerülni. Amennyiben néhány messzebb fekvő koncentrátor esetében az átviteli viszonylagos egyenérték a kívánatosnál nagyobb lenne, az erősítést a trunkbe lehet iktatni *negatív csillapítás* formájában, és emiatt nem kellene a készülékben erősítést alkalmazni. Ha azonban a készülékben más célokra a tranzisztorok megjelentek, célszerűnek bizonyulhat a jelenlegi szénmikrofon kicserélésére gondolni.

A mágneses mikrofon *karakterisztikája* lényegesen jobb, a *torzítása* kisebb, mint a szénmikrofoné és várható, hogy az *élettartama* is nagyobb. Használatához erősítés szükséges és az erősítés mértéke 3—4 néper, ami 2 tranzisztor alkalmazását követeli meg. Viszont ha már 2 tranzisztor van e célra készülékünkben, akkor az erősítést úgy lehetne beszabályozni, hogy a vonalra adott energia hivatkozási egyenértéke —1 néper körül legyen.

4. Kétségtelen, hogy a jövőben a vétel céljaira a hallgató mellett alternatív bekapcsolási lehetőséggel hangszóró alkalmazására is sor fog kerülni. E célra újabb tranzisztoros erősítés szükséges, ami mellett pedig felvetődik az akusztikus visszakapcsolás, a begerjedés megakadályozásának szükségessége. Kölesönösen kizáró elektronikus áramkörök ismereteseek.

5. Fontos probléma a *két- vagy négyhuzalos kapcsolás* kérdése. Az interurbán beszédcsatornák az erősítés miatt általában négyhuzalosak. Az előfizetői vonalak gazdaságossági okokból viszont kéthuzalosak, és így valahol

— rendszerint az interurbán központban — *át kell térni négyhuzalos kapcsolásról kéthuzalosra és viszont.* Az ilyen áttérés *hibrid kapcsolással* történik, amelyben az előfizetői vonalat valamilyen művonallal kell kiegyensúlyozni. Az előfizetői vonalak különbözősége miatt ez a kiegyensúlyozás csak kompromisszumos lehet. Ugyanakkor hasonló kapcsolás szükséges az előfizetői készülékekben is, ahol célszerű az adást és vételt szétválasztani, illetve úgy befolyásolni, hogy az adási energiának csak kis része jusson a vevő áramkörbe. Hibrid kapcsoláskor az adási energiának közel fele egy művonalba megy. Ennek az energiának egy része belejut a hallgatóba a nem tökéletes kiegyensúlyozás következtében és az ún. *önhangot* okozza. Ennek az önhangnak hatására a beszélő önkéntelenül változtatja a hangerőt; így túl erős önhang esetén halkan kezd beszélni, holott igen valószínű, hogy ugyanakkor az összeköttetés másik végén levő előfizető rosszabbul hall és fordítva, halk önhang esetén az előfizető hajlamos a kiabálásra. Az *önhangnak állandó szinten való tartása* igen nehéz feladat az előfizetővonalak változó paramétereire miatt.

Ideális megoldás lenne az adás és vétel hibrid nélküli szétválasztása, vagyis a négyhuzalos kapcsolás kiterjesztése az előfizetői készülékig, de csak *2 ér* alkalmazásával. Ilyen elképzelés pl., hogy csak az adás történne az alaphérvenczián, és jutna el ily módon a trunk vagy interurbán központig, ahol áttevődik egy magasabb hérvencziásávba, és így érné el a *2 huzalos* vezeték a másik előfizető felé, ahol szűrőkön és demodulátoron át jutna el a hallgatóig. Az előfizetői vonalon egy második beszédcatorna képzése más úton is elképzelhető. Mindenesetre az előfizetői vonalaknak nemcsak a vonalak ára miatt kell *2 eresnek* maradniuk, hanem azért is, mert a *4 huzalos* kapcsolóközpont is drágább, mint a *2 huzalos*. A *4 eres* kapcsolás a központokban igen költséges. Az interurbán vonalakat kapcsoló központokban a kapcsolás mindenképpen *4 huzalos* lesz, de e kapcsoló berendezések lényegesen kisebb terjedelműek; egyébként interurbán vonaloknál a csatorna ára uralkodó és nem a kapcsoló berendezésé.

Bármilyen megoldás valósítható is meg, az előfizetői készülékekben további tranzisztorokkal kell majd számolni.

Az előfizetői készülékekkel kapcsolatban még két megjegyzést teszek.

A jövő előfizetői készülékét elkerülhetetlenül ki kell egészíteni néhány segédszerelvénnel. A telefon elterjedésével egyre több olyan lakásban lesz telefon, ahol a nap különböző szakaszaiban, esetleg egész nap távol vannak (vagy egyáltalán huzamosabb időre — pl. szabadságra — mennek). Az ismételt eredménytelen hívások nemcsak a központokat terhelik feleslegesen, hanem a hívó félnek is kellemetlenek. Néhány megoldás ismeretes. A magnetofonos változat túl drága és nem elég rugalmas. Kielégítő megoldás jelenleg az ún. „koncentrált titkárnő”-i berendezés. Ha az előfizető *15—20 mp-en belül* nem felel, a hívás automatikusan egy ilyen titkárnőhöz megy. Ha az előfizető hazuról történő eltávozáskor egy billentyűt lenyom, akkor a feléje irányuló

hívások *késleltetés* nélkül váltódnak át a titkárnőhöz, aki esetleg a hívó félnek üzenetet vagy felvilágosítást is adhat, illetve kaphat. Az előfizető hazatértekor a billentyűt visszaállítja és egy *látjelzőféleről* vesz tudomást arról, hogy közben keresték-e? Ha igen, ő hívja fel a kezelőt és vehet át esetleges üzeneteket. Az ilyen segédszolgálat rendkívül hasznos, csak éppen ügyelni kell a szolgáltatás *jogi és esetleges bűnügyi vonatkozásaira*.

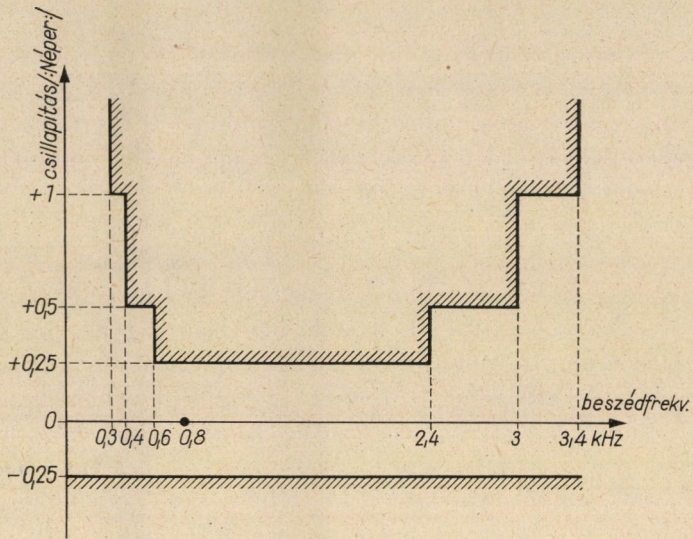
És végül még egyet a jövő előfizetői készülékéről. Ha lesz elég telefonunk, akkor a készülékekkel szemben *esztétikai követelményeket* is fogunk támasztani. A legkülönbözőbb színű készülékeket kell majd gyártani; a színt, a formát a lakás berendezéséhez kell majd illeszteni. Egyáltalán nem biztos, hogy a készülékeknek továbbra is a Posta tulajdonában kell maradniok. (Van már rá példa — külföldön —, hogy az előfizetői készülékek az előfizetők tulajdonában vannak és beszerezhetik azokat szaküzletekben.) Végül is az erősáramú fogyasztói berendezések sem az Elektromos Művek tulajdonában vannak, a rádió és TV készülékek szintén az előfizetőké. A telefonkészülékeknek meg kell felelniök egy bizonyos műszaki specifikációnak és ha nem, akkor szervízbe kell vinni. A készüléknek távolból, a *központból történő vizsgálatára* már most is van lehetőség, a jövő készülékének kódküldő frekvenciáit is mód lesz magából a központból ellenőrizni.

III. Beszédcsatornák

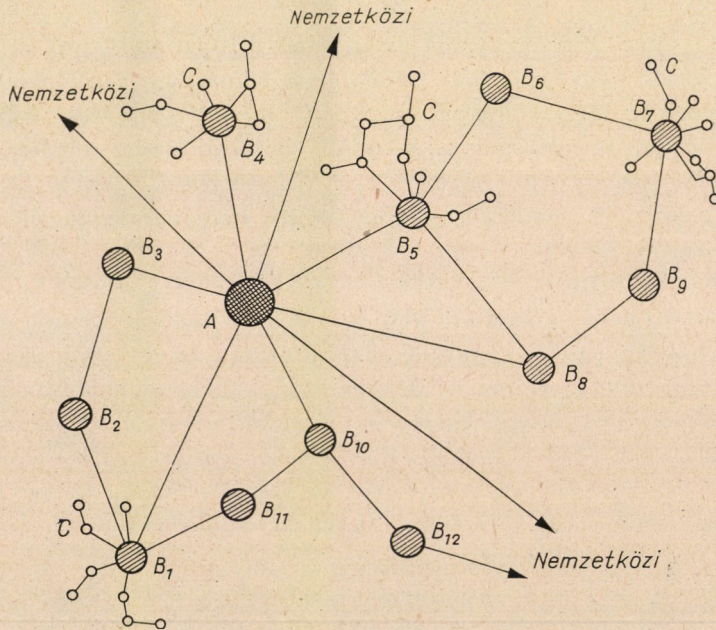
Beszédcsatornának nevezzük azt a létesítményt, ami egyrészt az *emberi beszédet képviselő hangfrekvenciás váltóáramot valamilyen formában továbbítja* bizonyos műszaki követelmények betartása mellett, másrészt közvetíti az üzemhez szükséges információkat. A CCITT ajánlásai szerint *egy beszédcsatorna maradék csillapításgörbéjének a frekvencia függvényében bizonyos határok közé kell esnie*, és az átvitt sáv a 300—3400 Hz frekvencia tartományba esik a 3. ábrán mutatottak szerint.

A telefonhálózat — akár helyi, akár országos vagy esetleg kontinentális — elvben mindig *gócpont képzésén* alapszik. A helyi hálózatokban a gócpontok a helyi telefonközpontok, az országos hálózatokban az egyes városok. Hogy a hálózat azután *csillag formájú vagy hurkos*, az lényegében mindegy: a gócpontokat össze kell kötni egymással beszédcsatornákkal, ahogy azt a forgalom megkívánja. Ha a forgalom két gócpont között elég nagy, akkor összekötjük őket közvetlenül, ha a forgalom kicsi, akkor az összeköttetés a két szóban forgó gócpont között más — egy vagy több — gócponton keresztül történik. A 4. ábra mutat egy elképzelt hálózatot.

A legegyszerűbb beszédcsatorna a galvanikus összeköttetés, ami megtalálható még ma is a mi helyi hálózatainkban és sok kisebb vidéki góc között. A telefon őskorában egy távolsági összeköttetés ára gyakorlatilag 100%-ban



3. ábra



4. ábra

rézből adódott. (A légvezetékek szilárdsági okokból 3 mm átmérőjűek voltak és pl. egy 100 km-es összeköttetés ily módon 12 tonna rezet jelentett.) A fejlődésre jellemző, hogy egy-egy beszédcsatornára eső vezetéksúly egyre csökkent. Pl. egy 12 csatornás vivőhullámú berendezés egyik egyirányú csatornájára eső vezetéksúly már csak kb. 15 kg/100 km. A mikrohullámú összeköttetéseknel már nincs összekötő vezeték. Ugyanakkor azonban a berendezések volumenje egyre növekedett. A galvanikus összeköttetéseknel a végberendezések ára elhanyagolható, a vivőhullámú berendezéseknél a közbenső erősítők és a végberendezések ára már számottevő, a mikrohullámú összeköttetéseknel minden költség a vég- és közbenső állomások árából tevődik össze.

Tekintve, hogy a helyi telefonforgalom még ma is mindenhol többszöröse az interurbán forgalomnak, így a helyi hálózat számára szükséges rézsúly csökkentése a legfontosabb feladat. Budapesten pl. egy előfizetőre átlagosan kb. 15—20 kg súlyú rézvezeték jut. A kezdeti 0,8 mm-es vezeték átmérő 0,6, majd 0,5 mm-re csökkent és így adódott ki az átlagos 15—20 kg-os súly. A városi hálózat árában a vezeték mellett, ezeknek szerelése, illetve kábel esetén a földbe való fektetése is jelentős tétel. A kábeleket betoncsatornába húzzák és igen fontos, hogy a betoncsatornákat minél hosszabb ideig fel lehessen használni. Ezért fontos, hogy ugyanolyan átmérőjű kábelbe minél több érpár férjen bele. Az erek keresztmetszetének csökkentése csak a központok fokozott decentralizációjával érhető el.

A CCITT ajánlásai meghatározzák, hogy egy telefonösszeköttetés átlagos veszteségéből mennyi eshetik az előfizetői vonalra. Ez közel 0,5 néper. Ha tehát az egy-egy telefonközpontra eső területet egyre csökkentjük, az előfizetői vonalak hossza is rövidülni fog, ami a rézsúlynak nem lineáris csökkenését vonja maga után, mert hiszen a megengedett 0,5 néper csillapítás lehetővé teszi a keresztmetszet egyidejű csökkentését is. Így már a 40-es években kezdték használni a 0,4 mm átmérőjű kábeleret, és ma már kísérleteznek 0,3 mm-es huzallal is, amely érték alá szilárdsági okokból nemigen lehet menni.

A másik törekvés a műanyag szigetelés általános felhasználása, még a kábelek köpenye számára is, ólom helyett. Az alumínium mint vezetékanyag kábelben nem vált be, két okból is: szilárdsági és a már említett betonkábelcsatornák miatt.

Így, ha az előfizetői vonalak a központok decentralizálása következtében erősen megrövidülnek és a bennük felhasznált réz súlya 1—2 kg-ra csökken, akkor a hálózat súlyának nagyobb része áttevődik a trunkhálózatra és nyilván hamarosan kialakulnak majd olyan gazdaságos rendszerek, amelyek a trunkvezetéseket többszörösen tudják kihasználni. A helyi hálózatok rézsúlya lényegesen csökkenni fog, és az olcsóbbítható telefonszolgáltatásban a telefonközpontok tétele nagyobb jelentőségre fog szert tenni, mint jelenleg. A helyi hálózat egyes központjai között a fémes összeköttetésnek nincs nagy gyakorlati haszna, mert minden központnak megvan a saját áramforrása, a jelzéseket

pedig a működési sebesség fokozása érdekében amúgy is át kell tenni a beszéd-sávba vagy esetleg fölé. *A helyi trunkhálózat galvanikus összeköttetéseinek megszüntetése* valószínűleg *lényeges költségcsökkentést* fog maga után vonni.

Ilyen decentralizált telefonhálózat üzemi költségei lényegesen csökkennek és az egyes tételek %-os részesedése is eltolódik, ahogyan azt az 1b ábra mutatja. Az előfizetői vonalak rézsúlya a koncentrátor központok használata következtében jelentősen csökken, aminek ellenértékeként valamelyest emelkedik a trunkhálózat mennyisége. *A jövő olcsóbb telefonszolgáltatásának költségeiben a telefonközpontok képviselik majd a legnagyobb tételt.* (Az interurbán hálózattól eltekintve.)

Most rátérnék az interurbán beszédcsatornák kérdésére, amiről eddig nem volt szó. Az interurbán forgalom, ami magában foglalja a nemzetközi forgalmat is, országonként erősen változó mértékű; az ország terjedelme és földrajzi helyzete, az iparosodás foka, az ipar decentralizáltságának mértéke, valamint az átlagos nemzeti jövedelem azok a főbb tényezők, amelyek meghatározzák, hogy az összforgalom hány százaléka interurbán. (Amellett az interurbán összeköttetés fogalma sem pontosan meghatározott: nagyobb városok környékének forgalmát néha interurbán, máskor pedig helyi forgalomnak tekintik.)

Az interurbán forgalom ma egy-két országban az összforgalom 25—30%-áig emelkedik, általában azonban 10% alatt szokott lenni, így nálunk is. Míg az előfizetőnkénti helyi forgalom 100 000-es nagyságrendű városokban is kb. ugyanazon a szinten mozog, mint a több milliós lakosú városokban és itt változás nem is várható, addig az interurbán forgalom óriási mértékű emelkedését lehet megjósolni az elkövetkező 1—2 évtizedben. Ez összefügg a nagyszámú beszédcsatornát biztosító berendezések legújabb fejlődésével.

Ha át akarjuk tekinteni az interurbán beszédcsatornák számos változatát, akkor legcélszerűbb azokat 3 fő csoportba osztani:

1. Hangfrekvenciás összeköttetések

2- és 4-huzalos pupinizált összeköttetések pár száz kilométer áthidalására. Ma az a törekvés, hogy a pupincsevék kiemelésével a határfrekvenciát megszüntessük, hogy ily módon frekvenciaosztásos alapon több csatornát lehessen átvinni.

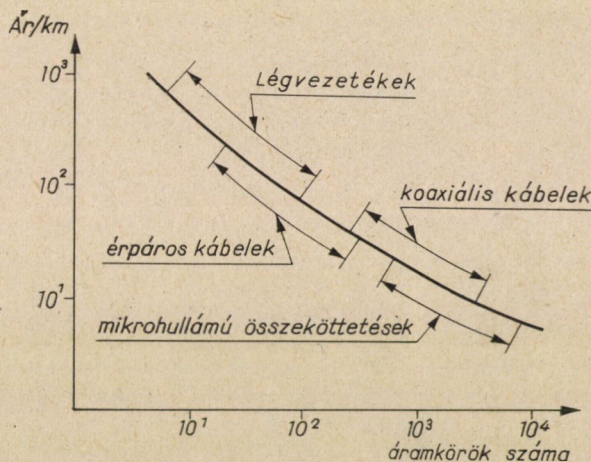
2. Vivőhullámú berendezések

Gondosan keresztezett légvezetékben 12 csatornát kapunk, szimmetrikus kábelen pedig az átvihető legmagasabb frekvencia 252 kHz, sőt ennek duplája, ami frekvenciaosztásos alapon 60, illetve 120 csatornát jelent.

Koaxiális kábelen a felső határ jelenleg 12 MHz, ami azt jelenti, hogy 4 kHz-es osztással kb. 2700 csatorna létesíthető. Az ilyen koaxiális kábel TV program és kb. 600 beszéd (esetleg 1000) egyidejű átvitelére alkalmas. Ennek a kábelnek 4,5 km-ként van erősítője, azonban ezeknek túlnyomó többsége távtáplált és felügyelet nélkül működik.

3. Mikrohullámú berendezések

A szélessávú mikrohullámú rádióösszeköttetések jelenleg elsősorban a 4000 és 6000 MHz-es tartományokban működnek, és frekvenciamodulációt



5. ábra

használnak. A további fejlődés függvénye a mikrohullámú csövek (klystron-haladó hullámú csövek stb.) terén elért eredményeknek.

Ilyen — 6000 MHz-en működő — szélessávú rendszer 8 db, egyenként 10 MHz-es csatornát tartalmazhat, amelyek közül 2 tartalék. A 6 csatorna mindegyike 1920 telefonösszeköttetést tud biztosítani, ami összesen $6 \times 1920 = 11\,520$ beszédcsatornát jelent. Belátható időn belül nálunk ilyen nagy beszédcsatornamennyiségre egy-egy nyomvonalon nem lesz szükség, sőt még arra sem, ami megmarad néhány fehér-fekete vagy színes TV-csatorna levonása után.

A teljesség kedvéért megemlítem, hogy jelenleg nagyszabású kísérletek folynak kontinensek közötti olyan mikrohullámú összeköttetések létrehozására, amelyek a Földünk körül forgó műbolygókat használnák fel a hullámok reflektálására.

Az 5. ábra illusztrálja, hogy a különböző beszédcsatornák létesítési költségei — végberendezések nélkül — nagyságrendileg hogyan viszonylanak egymáshoz.

Beszédcsatornák létesítésére tehát ezek a megoldások állnak rendelkezésünkre. A fejlődés várható alakulásáról nehéz beszélni, különösen ha a mikrohullámú összeköttetésekről van szó.

Az ún. „rövidtávú”, azaz néhány száz kilométeres összeköttetések céljaira a most már igen fejlett állapotban levő 12—60—120 beszédcsatornás berendezések igen kielégítőek. A félvezető elemek alkalmazása ezeken az itt előforduló frekvenciákon nem okoz nehézséget, várható tehát, hogy a félvezetők olcsóbbodásával ezek a berendezések *volumenben és árban is csökkenni fognak*. Hazai viszonylatban ezek a berendezések fogják — az egyszerű fémes összeköttetéseken túlmenően — az *országos telefonhálózat* nagy részét képezni.

Hogy milyen csatornaszámokra lesz nálunk szükség, pl. 10 év múlva, azt elég nehéz előre megmondani. Az előfizetők száma évi 4% átlagos emelkedést mutat. Az összforgalom kb. 10%-át vesszük interurbán forgalomnak, és azt valamilyen paraméterek figyelembevételével osztjuk el az ország többi városa felé. Ilyen alapokon kalkulálva azt találjuk, hogy Budapest—Miskolc viszonylatban kb. 400 csatorna, tranzit forgalomra pedig további 100 csatorna, azaz *összesen kb. 500 beszédcsatorna lesz szükséges*. Ebből az következik, hogy míg nagyon sok vidéki relációban a szimmetrikus kábelek 12—60—120 csatornás berendezéseikkel elégségeseknek fognak bizonyulni, addig néhány nagyobb vidéki város és Budapest közötti telefonforgalom lebonyolítására már több száz csatornás rendszerekre lesz szükség. És így felvetődik a sokat vitatott kérdés, hogy *koaxiális kábel vagy mikrohullámú összeköttetés előnyösebb-e az országos telefon gerinchálózat számára*.

Kétségtelen, hogy a koaxiális kábel beszédcsatornák készítésére alkalmasabb, mint a mikrohullámú, TV közvetítésre viszont a mikrohullámú lánc felel meg jobban. A mikrohullámú lánc építése folyamatban van, és így a *közeljövő sok száz beszédcsatorna szükségletét a mikrohullámú láncok fogják biztosítani*.

Azonban a mikrohullámú láncoknak van néhány fogyatékoságuk, amik televíziónál kevésbé, de távbeszélőtechnikában nagyobb súllyal jelentkeznek. Ilyenek pl.:

a) A mikrohullámú állomások tornyai biztonsági szempontból sebezhető célpontok; a koaxiális kábel erősítő állomásainak nagy többsége a kábellel együtt föld alatt van.

b) E tornyok áramellátása nehéz feladat. Vagy helyben kell áramot termelni, vagy vezetéken át hozni. A vezetéket biztonsági okokból földbe kell fektetni, tartalék áramforrásról azonban így is gondoskodni kell. A koaxiális kábel erősítőinek áramellátását a kábelen át lehet biztosítani.

c) A mikrohullámú átvitel gyenge pontja a lehallgathatóság lehetősége, amit megakadályozni csak bonyolult kódoló berendezéssel lehet, de ezzel sem 100%-os biztonsággal.

d) A koaxiális kábel átviteli berendezései lényegében egyszerűbbek és könnyebben karbantarthatók, mint a mikrohullámú láncok átviteli berende-

zései. (A beszédcsatornákra való szétbontás, illetve szintézis ugyanaz a feladat mindkét rendszerben.)

e) Mikrohullámú összeköttetéseknel az egyes városok interurbán központjába való bejutás nem mindig oldható meg egyszerű módon. Koaxiális kábellel mindenesetre egyszerűbben. Rendszerint azt csinálják, hogy a városi szakasz mindenképpen már koaxiális kábel.

Igen valószínű, hogy ha a távbeszélőtechnikusok szabadon választhatnának mikrohullámú lánc és koaxiális kábel között, akkor ez utóbbit választanák. Azonban a mikrohullámú lánc létezését tudomásul kell venni, és gazdaságossági okokból be kell kapcsolni az országos telefonhálózatba. Ez azonban nem zárja ki, hogy a jövőben számos nyomvonalon koaxiális kábel fektetése válik majd szükségessé.

Egyébként a távoli jövő általános — minden célra kielégítő — megoldását valószínűleg hullámvezető cső fogja biztosítani.

Országos viszonylatban van tehát *több százezer előfizetői vonalunk, több tízezer helyi hálózaton belüli trunkünk, néhány ezer országos és nemzetközi interurbán összeköttetésünk*, amelyeknek közös gyűjtőneve: *beszédcsatorna*; a *kapcsolóközpontok* feladata a mindenkori igényeknek megfelelően e csatornákat a beszélgetés időtartamára úgy láncba kapcsolni, hogy az összeköttetés két végén levő két előfizető egymással, az előírt műszaki feltételeket kielégítő módon, beszélgetést folytathasson.

IV. Kapcsolóközpontok

A telefonközpont gondolata a telefonkészülék feltalálásával egyidős. A gépesítésre vonatkozó elképzelések valamivel későbbben születtek — a századforduló idején — és az első megoldások természetesen a kezelőnőket helyettesítő gépekkel próbálkoztak. A manuális központoknál *a kezelőnők miatt az előfizetők nagyméretű koncentrációjára* volt szükség és így nagy, 20—40 ezer előfizetőt befogadó központok keletkeztek. Elképzelhető, hogy a hosszú előfizetői vonalak, amelyeket ezenfelül rendszerint légvezetékekből képeztek, milyen óriási értékeket képviseltek. A gépesítésnek nem az volt a gazdasági előnye, hogy a kezelőnőket nélkülözhetővé tette, hanem az, hogy a manuális központok nagy kapcsolómezejét több központra és ezeken belül is *kisebb méretű kapcsológépekre parcellázta*. Az így kifejlődő automata telefonközpont úgy tekinthető, mint *párhuzamosan és sorba kapcsolt kapcsológépek komplexuma*.

Az automata telefonközpontok belső szerkezete a *csoporképzés* elvén nyugszik. A kapcsológépek *fokozatokat* képeznek; egy fokozat gépei az általuk fogadott hívásokat bizonyos számú, továbbmenő irányok egyike felé terelik, miközben minden irányban egy csoport továbbkapcsolásra alkalmas kapcsológép található, amelyek közül egy éppen szabadot kell kiválasztani. Ennek a

rendszernek teljesítményét az akkor ismert elosztási képletek (BERNOUILLI, POISSON) alapján határozták meg, illetőleg fordítva, az *elérendő teljesítmény érdekében meghatározták a szükséges gépek számát és a gépkapacitás értékét*. Később ERLANG levezette a még ma is általában használt méretezési képletét. A méretezésnek egyébként ma már igen nagy irodalma van: a dán, svéd, holland szakemberek tevékenysége e téren külön kiemelendő.

A mai automata telefonközpontokban *jelfogók és kapcsológépek nagy változata* található. A jelfogók két állapotú kapcsolóelemek, amelyek érintkezőket zárnak és nyitnak, míg a kapcsológépeket úgy foghatjuk fel, mint egy nagy-számú jelfogókból összerakott gépet. A multiplikáció képzés konstrukciós egyszerűsítésekre adott alkalmat, és így keletkezett egy vagy több irányban, egyenesen mozgó vagy forgó, kapcsológépek *több száz változata*.

A telefonközpontok fejlődésére jellemző, hogy a gépek *mechanikai mozgását* idők folyamán igyekeztek *egyszerűsíteni*. A központok funkcióiban szétválasztották az *összeköttetés felépítéséhez* szükséges szerelvényeket a *beszélgetés* biztosítására szolgáló berendezéstől. *Ez a szétválasztás egyre nagyobb mérvű lett*. Pl. a Rotary-rendszerű telefonközpontokban — ez van Budapesten is — a számjegyek fogadása és a kapcsológépek működtetése közös áramkörökben: ún. regiszterekben történik. (Egy 10 000 előfizetős központban kerekén 100 regiszter van, ami azt jelenti, hogy egyidejűleg ennyi — a központban kezdeményezett — összeköttetés lehetséges.) A fejlődésre az jellemző, hogy a kapcsológépek egyre *egyszerűbb* konstrukciójúak lettek, miközben az egyre *növekvő áramköri komplikációkat centralizálni lehetett kevés számú közös áramkörökben*. Míg pl. az említett Rotary-központban a regiszterek és átmeneti bekapcsolásukhoz szükséges gépek mennyisége a teljes központ volumenjének 8—10%-a körül van, addig egy modernebb, de még mindig elektromágneses elven működő központban az összerendezésnek esetleg 30%-a már közös áramkörökben van koncentrálni. *A mechanikai bonyolultság kiküszöbölése áramköri komplikációk növekedésének árán* azért nagy jelentőségű, mert egyszerű gépeket könnyen, gyorsan és olcsón lehet gyártani, viszont a kapcsolás bonyolultsága a gyártás során csak a *kábelezésben* jelentkeznek, ami megfelelő vezetéktáblázatok készítését jelenti csupán. Természetes, hogy a bonyolultabb kapcsolások megtervezése *másfajta mérnököket* követel, mint amilyenek kellett korábban a mechanikailag bonyolult berendezések konstruálására és gyártási eljárásának kidolgozására.

A mechanikai mozgás szempontjából egyszerűsített kapcsoló szerelvények a különböző típusú *cross-bar* kapcsológépek. Ezeknél a maximális elmozdulás már csak jelfogó jellegű, amit elektromágneses működtetés szemszögéből minimumnak tekinthetünk. Ez a technika 30 év alatt világszerte döntően elterjedt.

A távbeszélő központok fejlődését a háború után befolyásolta az elektronika vagy pontosabban az *elektronikus számológépek megjelenése*. Egy számoló-

gép információkat kap, tárol, kiértékel, átalakít, továbbít, ugyanígy utasításokat kap, közvetít stb., tehát olyanfajta műveleteket végez, mint amelyeneket egy telefonközpontban találunk. Kb. 10—15 év intenzív fejlesztési munkái után ma ott tartunk, hogy a világon igen sokféle elképzelésű megoldás mintapéldányai vannak próbaüzemben, de gyakorlatilag bevált, *gyártásra alkalmas elektronikus központ még eddig nem ismeretes.*

Ennek az eddigi eredménytelenségnek több oka és néhány súlyos következménye van, amikre most rá fogok mutatni.

Egy pl. 200 000 előfizetős telefonhálózat, mint amilyen a budapesti és egy közepes teljesítményű számológép beépített szerelvény mennyiségei úgy aránylanak egymáshoz, mint 3000 : 1-hez. A budapesti telefonhálózat ugyanúgy egy egység, mint egy számológép, a különbség e tekintetben az, hogy a budapesti telefonhálózatban egyidejűleg 15—20 ezer beszélgetés folyhat, míg a számológépben csupán egy feladat elvégzése folyik egy időben. A számológép meghibásodása esetén a számítást meg lehet ismételni, egy telefonhívás hibás létrejötté azonban véglegesen hiba. (Persze az előfizető újból hívhat, de ez ekkor már egy új hívás.) Telefonközpontok szerelvényeivel kapcsolatban a megbízhatósági követelmények lényegesen nagyobbak, mint a számológépeknél.

Az elektronikus elemek közül a rádiócsövek megbízhatósága elég nagy, de az élettartamuk kicsiny és ezért gazdaságossági okokból nem alkalmasak telefonközpont céljaira. Egy csövekkel megépített számológép csőállománya évente akár kétszer is kicserélhető, egy telefonközpont esetében ez nem képzelhető el a költségek miatt.

A félvezetők megbízhatósága csak gondos válogatás után érheti el a csövékéét. Azonban egy 10 000 előfizetős telefonközpontban — mai ismereteink szerint — legalább 300 000 félvezető kapcsoló elemre — tranzisztorra és diódára — lenne szükség. A tömegszerűen gyártható szerelvények megbízhatósága erre a célra ma még messze nem elégséges.

Több másfajta elektronikus építőelem alkalmazásával történtek kísérletek (hidegkatódú gáztöltésű csövek, ferrites kapcsolóelemek, mágneses erősítők), de egyelőre komolyabb eredmény nélkül.

A 10 év előtti optimizmus, amellyel az elektronikus telefonközpont közeli jövőjében lehetett hinni, azzal a következménnyel járt, hogy világszerte elhanyagolták a sikeres *Cross-bar* típusú telefonközpontok továbbfejlesztését. Pedig ezek a 30-as évek elejétől üzemben voltak és karbantartásuk is megoldottnak bizonyult. Még ha nem is lehet *Cross-bar* típusú központtal olyan decentralizációt elérni, amelyik az előfizetői vonalak minimális hosszát biztosítja, mégis 1—2 ezres *Cross-bar* típusú központokkal a helyi hálózatok optimális gazdaságosságát meg lehet közelíteni. És ez esetben az elektronikus központ az ismert előnyeivel — kis volumen és gyorsaság — a telefonszolgáltatás megjavításához nem sokkal járulna hozzá. A *Cross-bar* típusú telefonközpontok

karbantartása egy nagyságrenddel kisebb, mint a forgógépes rendszereké; működési sebességük kielégítő, még billentyűzettel felszerelt előfizetői készülékek esetén is; az árban pedig — a kisebb volumen miatt — lényegtelen különbségek adódnának.

A helyzet ma az, hogy a tisztán elektronikus elemekből felépítendő telefonközpontok kifejlesztésének eredménytelensége miatt a világszerte e téren folyó munkák *a Cross-bar típusú központok vezérlő áramköreinek részleges vagy teljes elektronizálására összpontosulnak.* Ilyen irányú nagyszabású fejlesztés folyik most KGST együttműködés keretében is. E munkákban a BHG igen komoly részt vállalt magára, különösen nagy jelentőségű az elektronikus vezérlésű *2000 vonalas* Cross-bar típusú központ fejlesztési munkája. Ezzel a központ típussal is meg lehetne oldani a hálózat decentralizálását.

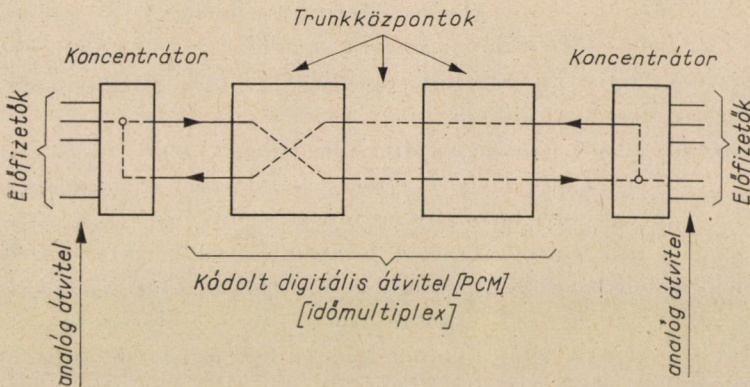
Hogy ezek a munkák milyen sikeresek lesznek, ma még nem tudni; igen valószínű, hogy a jelenlegi Cross-bar típusú gépek és az elektronikus vezérlés közötti együttműködés kidolgozása során nehézségek fognak keletkezni, mert a jelenlegi Cross-bar gépek nem elektronikus vezérlésre készültek. Nem lenne tehát meglepő, ha új Cross-bar típusú kapcsológépek látnának napvilágot. Ilyen irányú fejlesztésre ösztönöz az a körülmény, hogy a Cross-bar gépek konstrukcióját és gyártási módját lényegesen meg lehetne javítani. Ha sikerülne ilyen új típusú elektromágneses elven működő kapcsológépet összhangba hozni részben vagy teljesen elektronizált vezérlő berendezéssel, akkor ez a helyi telefonközpontok fejlesztési irányát megszabná az elkövetkező *15—20* évre, egyúttal azt jelentené, hogy *a tisztán elektronikus telefonközpontok megjelenése néhány évtizeddel eltolódnék.*

Magam is foglalkozom évek óta olyan új típusú kapcsológép megtervezésével, amely alkalmas lenne elektronikusan vezérelt optimális méretű koncentrátor típusú telefonközpont céljaira. Az ezzel kapcsolatos számításokat és eredményeket a BHG Telecommunication Review angol nyelvű folyóirat 1961 őszi számában közöltem; magyarul megjelent a Műszaki Egyetem 1961-es tudományos évkönyvében. Maga a kapcsológép dugaszolható kivitelben, nyomtatott áramkörrel, huzalból készült érintkezőkkel van elképzelve, megfelel tehát a modern technológiai követelményeknek; megvalósítására eddig még nem került sor.

Ha el is ismerjük az elektronikus telefonközpont összes előnyeit az elektromágneses Cross-bar típusú központokkal szemben, marad, mint igen nagy probléma, a karbantartás kérdése. Erről a külföldi szaklapok nemigen szoktak cikkezni. Elektronikus központokban a működés vizualitásának teljes kimaradása nagy nehézséget fog jelenteni a mozgó alkatrészekhez szokott karbantartó személyzet számára. Az elektronikus telefonközpont nem egy rádiókészülék *1—2 tucat* félvezető alkatrészszel. A vezérlő berendezésen *üzem közben* méréseket eszközölni nem lehet, a hibát pedig legtöbbször nem lehet *önjelzővé* tenni. Már az elektronikus vezérlés megtervezésénél eleve új áramköri tervezési

alapelveket kell alkalmazni, így: minden művelet *önellenőrző* legyen, vagy ahol lehet, egymástól független *párhuzamosan működő* áramköröket kell alkalmazni, amelyek egymást ellenőrzik, és eltérő működés esetén *riasztanak*. Az áramköröknek *dugaszolható* kivitelben kell készülniük, és a hibás áramkört pillanatok alatt ki kell tudni *cserélni*; tartalék áramkörök automatikus bekapcsolásáról gondoskodni kell.

A jövő telefonhálózatát úgy képzelem el, ahogyan azt a 6. ábra mutatja. Az előfizetői vonalakat koncentrátor típusú központok gyűjtik össze. Az előfizetői vonalak galvanikus vezetékek, és a beszédet analóg módon hangfrekvenciás váltóáram alakjában közvetítik. A koncentrátorok trunkközpontokhoz



6. ábra

csatlakoznak. A hangfrekvenciát vagy a koncentrátorban, vagy pedig a trunkközpontban átalakítjuk valamilyen kódolt digitális átviteli formára. A két beszélő fél koncentrátor között egy vagy több trunkközpont, valamint egy vagy több interurbán csatorna is lehet. Az előfizetői vonalnak négyhuzalossá tételét úgy valósíthatjuk meg — mint ahogyan már korábban utaltam rá —, hogy az előfizetői készülék felé menő beszédet külön csatornán közvetítjük.

A PCM alapon működő csatornák láncakapcsolása időmultiplexszerűen működő központokban nagyon nehéz feladat lesz, minthogy a kapcsolóberendezés és a csatornák impulzus jeleit szinkronizálva kellene továbbítani. Több kapcsolási fokozat esetén ez beláthatatlan bonyodalmat jelent. Térosztásos alapon a feladat lényegesen egyszerűbb lenne, de ilyen célra alkalmas elektronikus kapcsolóelemekkel gazdaságos megoldás egyelőre nincs.

Ez a telefonközpontrendszer sokáig csak vágyálom fog maradni; még ha léteznék is, ilyen rendszer akkor tudna érvényesülni, ha csak ez az egyféle rendszer lenne. A világon azonban ma már közel 140 millió telefonelőfizetőt kiszolgáló berendezés van üzemben hagyományos elektromágneses rendszerben. A beszédcsatornák túlnyomó többsége 4 kHz sáv szélességű, és így csak

vivőhullámú átvételre alkalmas. A koncentrátor típusú központ sincs még meg. Egyelőre tehát csak azt lehet tenni, hogy helyi hálózatok viszonylatában olyan koncentrátor típusú központok felé törekszünk, amelyek a jelenlegi meglévő nagy központokkal tudnak együttműködni.

Az elkövetkező években az interurbán forgalom jelentősége egyre fokozódó mértékben emelkedni fog. Az ipar decentralizálását követelik a lakásviszonyok és biztonsági szempontok. A mezőgazdaság gépesítése nagyon sok dolgozót szabadít fel, akik számára a közelükben kell munkaalkalmat biztosítani. *A decentralizált ipar interurbán forgalomra vonatkozó igénye egyre nagyobb lesz.* A meglévő hálózatunkat figyelembe véve most még meg kell maradnunk a vivőfrekvenciás analóg átviteli mód mellett és a kapcsolástechnika feladata arra törekedni, hogy egy összeköttetés számára szükséges beszédcsatornákat — beleértve a hívott előfizetőhöz vezető útvonalat is — *a lehető leggyorsabban kapcsolja össze.* Ez felveti az alkalmazandó jelzésrendszert, és ezzel a kérdéssel óhajtok még röviden foglalkozni.

Egy beszédcsatorna akkor alkalmas beszéd átvitelére, ha a CCITT előírásainak megfelel, azaz *300—3400 Hz frekvenciák* között a maradékcillapítás a frekvencia függvényében bizonyos megadott szélső értékek között marad. Ezt mutatja a 3. ábra. Minthogy a beszédcsatornákat az igényelt összeköttetésnek megfelelően kell tovább kapcsolni, *a beszédcsatorna bejövő végének információit kell kapnia a követendő irányt illetően.* Ez az információ rendszerint egy vagy több számjegy, amit alkalmas módon kell a beszédcsatornán továbbítani. Amennyiben az információt olyan frekvenciák segítségével továbbítjuk, amelyek beleesnek a beszéd tartományba, akkor a csatorna elvben alkalmas az információ átvitelére. Gyakorlatilag a jelzésre használt frekvencián küldött jelnek a *szintje* nem lehet magasabb a megengedett beszéd szintnél, ezért minden további nélkül csak olyankor lehet jelezni, amikor a csatornán nem folyik beszélgetés. Viszont vannak jelzések, amelyeket *beszéd alatt* kell továbbítani (pl. hívott fél válaszának, bontásnak, kisegítő kezelő behívásának stb. jelzése), ilyenkor a jelzőfrekvencia és a beszéd hasonló frekvenciája között késleltetéssel (időtartamban) tudunk különbséget tenni. A jelzőfrekvenciát csak akkor fogadjuk el jelzésnek, ha egy bizonyos minimális ideig tart, amely ideig a beszédben a jelző frekvencia vagy frekvenciák csak igen kis valószínűséggel fordulhatnak elő.

A frekvenciaosztásos több beszédcsatornás rendszerekben az egyes csatornák osztástávolsága *4 kHz*. E rendszernek jellegzetessége, hogy az egyes csatornák közti középfrekvenciát is szükség szerint át lehet vinni vagy el lehet nyomni. Ebből következik, hogy a beszéd sávától függetlenül egy jelzőcsatorna áll rendelkezésünkre, amelyet a *beszéd nem zavarhat.*

A külön jelzőcsatorna sávzélessége csak egyetlen frekvencia (3850 Hz) átvitelét teszi lehetővé. Egyetlen frekvenciával a követendő irány, majd a hívott előfizető azonossági számának továbbítása, mindenképpen hosszú időt

venne igénybe, mert az átvitel csak impulzusok alakjában történhetik és az impulzusküldés sebességét a gazdaságosan felhasználható alkatrészek, valamint a csatornában előforduló zajok gyakorisága, időtartama és feszültsége korlátozzák. Másrészt a külön jelzőcsatornának kizárólagos felhasználása ellen szól még az az érv, hogy minden igénybevételkor meg kell győződni a beszédcsatorna használhatóságáról, és ez csak úgy lehetséges, ha valamilyen beszéd-frekvenciás jelet továbbítunk. A jelzéseket tehát — jó minőségű automatikus interurbán szolgálathoz kb. egy tucatnyi különböző jelzés szükséges — két csoportba osztjuk. Az elsőhöz tartoznak azok a jelzések, amelyeknek továbbítására beszélgetés alatt van szükség. Erre a célra felhasználjuk a külön jelzőcsatornát, amelyet a beszélgetés frekvenciái nem zavarnak. Ezek a jelzések egyszerű „igen-nem” információk, így a jelzéstovábbítás egyszerű és kielégítően gyors lehet. A másik csoportba tartoznak a kapcsolás létesítéséhez szükséges jelzések. Minthogy magát a kapcsolást minden modern rendszerben a csatornát kapcsoló szerelvényen kívül álló közös ún. vezérlőáramkörök hozzák létre, minden — a kapcsolás létrehozatalára vonatkozó információt — ez a vezérlő használ fel. Ilyen vezérlő igénybevétele a mp töredéke hívásonként, tehát egyetlen áramkör elégséges nagyobb csatornaszám számára. A beszédcsatornán át érkező jelzéseket maga a vezérlő fogadja, és semmi akadálya nincs a jelzéseküldés sebességének fokozására. A számjegyek továbbítására a teljes beszéd-sáv rendelkezésre áll, tehát vagy beépítünk 10-féle jelzőfrekvencia fogadására alkalmas berendezést (elvből 24 egyfrekvenciás távíró csatorna fér egy beszéd-sávba), vagy valamilyen biztonságos kódot alkalmazunk pl. 2 az 5-ből, melynek előnye, hogy két frekvenciát továbbítva egy időben, megkapjuk a 10 számjegynek megfelelő 10 kombinációt, csupán 5 féle frekvencia használata mellett. Egy számjegy továbbításához tehát mindössze annyi idő kell, amennyi a jelzést fogadó szerelvény biztonságos megszólalásához szükséges, ami néhány ms.

Ha ezek után elektronikusan vezérelt elektromágneses kapcsolómezőt tételezünk fel, akkor is egy tranzitközpont átkapcsolási ideje $0,1 mp$ alatt marad, aminek következtében a készenléti és végrehajtási jelzések figyelembevételével 3—4 tranzitkapcsolás fejezhető be mp -ként és ez teljesen kielégítő. Az előfizetői számjegyek továbbítása (5 vagy 6 tizesrendszerű számjegy) szintén megvan $1 mp$ -en belül, és így a teljes kapcsolás ideje attól függ, hogy milyen típusú a hívott előfizető központja; ha régi típusú, akkor ennek kapcsolási sebességén változtatni nem tudunk.

ÖSSZEFOGLALÁS

Távbeszélő hálózatunk mennyiségi fejlesztéséhez a beruházási költségek csökkentése az egyik fontos tényező. Az elektronikus vezérlés bevezetése lehetővé teszi a telefonközpontok nagyméretű decentralizálását, aminek következtében az előfizetői vonalak megrövidülnek, és ezáltal a költségek legsúlyosabb tétele lényegesen csökken. A következő feladat a meglévő trunk és interurbán vezetékhálózat többszörös kihasználásának biztosítása; a most épülő mikro-

hullámú gerinchálózaton és a még fektetendő szimmetrikus és koaxiális kábeleken nagyszámú, viszonylag olcsó beszédcsatornát kell létesíteni. Ha ez meglesz, akkor nem lesz akadálya annak, hogy az egységes országos — automatikusan működő — telefonhálózatot megvalósítsuk.

Beszámolómban nem tértem ki a díjelszámolás kérdésére, bár ezen a téren is — éppen a számológépek alkalmazása révén — szintén nagyszabású fejlesztő munka folyik. A díjelszámolás automatizálásának fontossága azonban ámeneti jellegű, legalábbis népi demokratikus országokkal kapcsolatban. Ha országos viszonylatban bőven fogunk rendelkezni beszédcsatornákkal, akkor az egész ország egyetlen egységes telefonhálózatnak lesz tekinthető, előbb még valamilyen egységes tarifával, majd később a telefonszolgáltatás is — ugyanúgy, mint egyéb közszolgáltatások — ingyenes lesz. Persze ennek az ideális állapotnak a megvalósulásáig még igen sok munka vár ránk, de a realizálás feltételei adva vannak, és így remélhetjük, hogy az ideális telefonhálózat létrehozása belátható időn belül meg fog történni.

Az elektronikus számológépek technikájából sok minden lesz átvehető. Hogy csak egy példát említsek: ha ma egy előfizető úgy változtat lakást, hogy egy másik központ körzetébe kerül, akkor előfizetői száma megváltozik. A ma ismert olcsó tárolási lehetőségek módot nyújtanak majd arra, hogy az előfizető megtarthassa számát, bárhova is költözik.

A távbeszélés óriási fejlődés előtt áll. Számos országban a telefonstatisztika a lakosok számához viszonyítva elérte a 25–30%-ot, és telítés nyomai még nem észlelhetők. Nálunk ez az érték 4,6% körül van, ami a világtátlagnak felel meg, de az európai 7%-os átlag alatti érték. A 25% eléréséhez telefoniparunknak — jelenlegi kapacitásával — 30–40 évi produktumára lenne szükség. Ugyanakkor számos ország telefonstatisztikája a mienknél sokkal rosszabb, igen kis értéken van. Gyakorlatilag tehát az a helyzet, hogy a távbeszélőtechnika termékeit gyártó vállalatok bármilyen mennyiséget gyártsanak, arra mindenkor felvevő piacot találnak.

A telefonhálózat az ország gazdasági életének idegrendszere; telefon nélkül mai életünket már el sem tudnók képzelni. Népgazdaságunk fejlődése, az általános jólét emelkedése hozzá fog járulni a telefon általános elterjedéséhez, és az országos automatikus telefonhálózat — az egyéb híradástechnikai szórakoztató berendezések mellett — fogja lehetővé tenni, hogy a különbség a városi és falusi élet között végleg eltűnjék.

A SOKSZÖGELÉS KIEGYENLÍTÉSÉNEK MÓDSZEREI ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE

FIALOVSKY LAJOS

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

[Beérkezett 1962. március 9-én]

I. Bevezető

A sokszögelés kiegyenlítésével a szakirodalom több mint száz éve behatóan foglalkozik, e helyen fel sem sorolhatók mindazok a tanulmányok, amelyek a sokszögelés optimális kiegyenlítésének módszerét vizsgálják. Hogy csak néhány fontosabbat említsünk, utalunk GERLING [1], VORLAENDER [2], F. G. GAUSS [3], HELMERT [4], EGGERT [5], FÖRSTNER [6, 7], SCHUMANN [8, 9], ULBRICH és SÉBOR [10], NITTINGER [11], TÁRCZY-HORNOCH [12, 13, 14, 15, 16, 17], ZAMBO [18], MÁJAY [19], CSEBOTARJEV [20], ZELCSÉNYI; [21] és HARTNICK.[22] munkáira. A kérdés vizsgálatát három ok teszi most szükségessé.

Az egyik ok az, hogy az eddig közzétett vizsgálatok többnyire egy meghatározott kiegyenlítési módszert tárnak fel vagy világítanak meg. Általában — egyes tanulmányok [6, 7] kivételével — nem tárgyalják együttesen kritikailag a különböző ismert vagy kevésbé ismert módszereket, és bizonytalan-ságot hagynak hátra az alábbi kérdésekben.

a) Szükség van-e a sokszögvonallal szigorú kiegyenlítésére, avagy elegendő-e minden esetben valamely közelítő kiegyenlítő eljárást alkalmazni, amint ezt a gyakorlat általában teszi is?

b) Van-e olyan közelítő kiegyenlítő eljárás, amely a sokszögvonallal alakjától, a szögmérések és a hosszmerések abszolút és relatív mérési pontosságától, a sokszögvonallal hosszától és rendeltetésétől függetlenül mindig jól használható?

c) Milyen szempontokat kell figyelembe venni adott esetben a legmegfelelőbb kiegyenlítési eljárás kiválasztásánál?

A második ok, amely a sokszögmérés kiegyenlítésének vizsgálatát időszzerűvé teszi, az, hogy az utóbbi időben előtérbe lépett a sokszögelésnek nagyobb távolságok áthidalására való alkalmazása. Míg korábban 1000—1500 m-ben volt a különböző földmérési előírásokban a sokszögvonallal teljes hossza korlátozva [23, 326. o.], az újabb német előírás 3 km hosszú sokszögvonallal mérését, csomóponttal összekapcsolt sokszögelésnél a 4—5 km hosszú sokszögvonallal is megengedi [24]. A szovjet Sokszögelési Utasítás még ennél hosszabb sokszögvonallal tervezését is előírja [20]. Ekképp

a sokszögelés igen gyakran pótolhatja a IV. rendű háromszögelést, és ilyenkor megtakarítja a háromszögelési munka hosszas előkészítő munkálatait (magasépítmények létesítését). Ezen túlmenően az igen hosszú sokszögelésnek némelykor a magasabbrendű háromszögelést kiegészítő és helyettesítő jelentősége is lehet háromszögelési láncolatvázakban a lánckoszorúk összekötésére [25, 714. o.]. Az ilyen hosszú sokszögvonala akár több 100 km is lehet. Nyilvánvaló, hogy hosszú sokszögvonalak esetében szabatosabb mérés mellett szabatosabb kiegyenlítésre is van szükség, mint a rövid, legfeljebb 1,5 km hosszú sokszögvonalnál.

A harmadik ok, amely a vizsgálatot indokoltá teszi, az, hogy a jelenlegi sokszögelés-kiegyenlítési eljárások még a régi mechanikai távolságmérésen alapulnak, és a [7] kivételével nem terjednek ki az optikai távolságmérés használt módszereire és az elektromos távolságmérésre.

2. A mérési eredmények hibái

Mindenekelőtt vessünk tekintetet a mérési eredmények hibáira. A sokszögelés β_i törésszögeinek μ középpontját általában azonos nagyságúnak szokás venni egy sokszögvonalon belül, a sokszögoldalok hosszától függetlenül. Jóllehet a műszerfelállítás és a pontjelzés külpontosságának hatása a szögmérésre a távolsággal fordítva arányos — ezt a tényt használta fel HAZAY a sztatikai kiegyenlítés módszerének kidolgozására [23, 46. o.] —, de az újabban alkalmazott kényszerközponosítás [16] esetén ez a hiba elenyésző kicsiny még rövid oldalhosszaknál is. Ezért a szögmérés középpontját nyugodtan vehetjük állandónak.

A hossz mérés μ_t teljes középpontja gyakorlatilag is függ a mérendő távolságtól és általában

$$\mu_t = \pm \sqrt{a^2 + e^2 t^2 + c^2 t^{2a}}. \quad (1)$$

Ebben az a állandó hiba a távolság két végpontján jelentkező beállítási, illetve leolvasási hibából keletkezik. Az állandó hiba mechanikai és optikai hossz mérésnél csak egész kis távolságon érvényesül, ezért a kiegyenlítő számításban elhanyagolható.

A távolsággal lineárisan változó et hibarészt, amelyben e az egység-hosszra eső lineáris szabályos hiba, a mérőeszköz komparálási hibája, az időjárás hatása, a mérőszalag behajlása és áthajlása stb. okozzák. A hossz mérésnek különböző okokból származó nem lineáris szabályos hibáját nem tudjuk általánosan kifejezni. Ezt vagy esetenként kell számítanunk és mint hossz-korrektíót figyelembe vennünk, vagy a véletlen hibákba foglaljuk be.

Külön fogunk majd később foglalkozni a sokszögvonala kezdőpontjaként és zárópontjaként felhasznált háromszögelési pontok viszonylagos helyzet-hibájának, az ún. kerethibának a hatásával.

Az (1) képlet harmadik tagja a hossz mérés közép véletlen hibája, amelyben az a kitevő a távmérés módszere szerint más-más értékű, természetesen más-más értékű c együtthatóval.

Mechanikai (mérőszalaggal vagy léccel végzett) hossz mérésnél: $a = 0,5$.

Optikai távmérésnél különböző esetek vannak.

Változó bázissal, állandó parallaktikus szöggel működő távmérésnél (fix távmérőszálak, diagramtachiméter, kettős képes nem redukáló vagy kettős képes redukáló tachiméter használatánál): $a = 1$

Állandó bázissal, változó parallaktikus szöggel működő távmérési eljárásnál: $a = 2$

Segédbázis alkalmazásakor, ha a segédbázis hosszát a mérendő távolsághoz képest optimálisan, vagyis a B bázisléghossz és a mérendő t távolság \sqrt{Bt} mértani középarányosával közel egyenlőnek választjuk, akkor is, ha a segédbázist a mérendő távolság egyik végén, és akkor is, ha a távolság közepén alkalmazzuk: $a = 1,5$

Elektromos távolságmérésnél, ha az időjárás tényezői okozta szabályos hibahatást külön figyelembe vesszük: $a = 0$

3. A szabad sokszög vonal végponti koordinátáinak hibái és középhibái

Az i -edik törésponton mért β_i törésszög v_i hibája a szabad sokszög vonal Z zárópontjának x koordinátájában

$$\frac{v_i}{\rho} (y_z - y_i)$$

hibát okoz (1. ábra). A t_i sokszögoldal $e t_i$ lineáris szabályos hibája a Z zárópontot az x irányban

$$e \Delta x_i$$

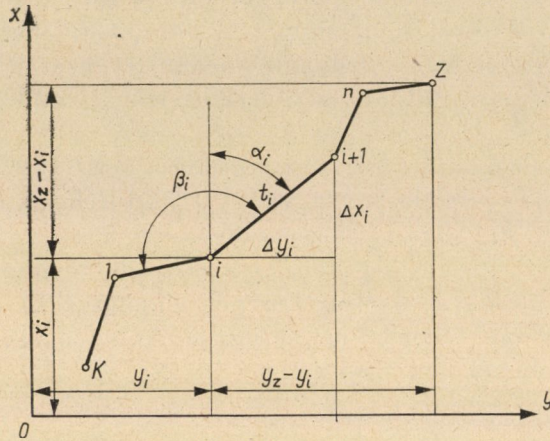
értékkel tolja el. A t_i sokszögoldal λ_i véletlen hibája a Z zárópontra az x irányban

$$\lambda_i \cos \alpha_i = \lambda_i \frac{\Delta x_i}{t_i}$$

eltoló hatást fejt ki [15]. Szemléletesen azt mondhatjuk, hogy a Z zárópontnak az i -edik törésszög v_i hibájával okozott x irányú eltolódása egyenlő a törésponton át képelt v_i/ρ nagyságú x irányú vektornak a Z záróponton átmenő x irányú egyenesre vonatkoztatott nyomatékával. A t_i oldal $e t_i$ lineáris szabályos és λ_i véletlen hibájának hatása pedig egyenlő a t_i oldal egyenesében képelt, az oldal lineáris szabályos és véletlen hibájával azonos nagyságú vektor-

nak az x irányra vonatkoztatott vetületével ([16], 31. o.). A Z pontnak a β_t törésszög v_i hibája, a t_i sokszögoldal $e t_i$ lineáris szabályos, valamint λ_i véletlen és nem lineáris szabályos hibája okozta x irányú elmozdulása ekként

$$f_{xi} = \frac{v_i}{\varrho} (y_z - y_i) + e \Delta x_i + \lambda_i \frac{\Delta x_i}{t_i}.$$



1. ábra

Az összes β_i törésszögek v_i véletlen hibáinak, az összes t_i oldalhosszak $e t_i$ szabályos hibáinak, valamint λ_i véletlen és nem lineáris szabályos hibáinak együttes hatására a Z zárópont az x irányban

$$\left. \begin{aligned} f_x &= \left[\frac{v_i}{\varrho} (y_z - y) \right] + e [\Delta x] + \left[\lambda \frac{\Delta x}{t} \right] \\ \text{és az } y \text{ irányban} \\ f_y &= \left[\frac{v}{\varrho} (x_z - x) \right] + e [\Delta y] + \left[\lambda \frac{\Delta y}{t} \right] \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

teljes elmozdulást szenved.

Az előbbi bekezdésben felsorolt összes hibák a Z zárópontra a 2. ábrán alkalmazott jelölések felhasználásával a K kezdőpont és a Z zárópont összekötő egyenese, vagyis a H záróoldal irányában

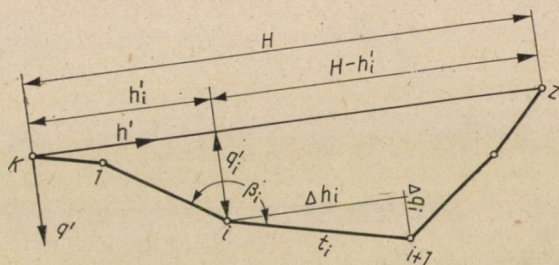
$$\left. \begin{aligned} f_h &= \frac{1}{\varrho} [v q'] + e H + \left[\lambda \frac{\Delta h}{t} \right] \\ \text{hosszhibahatást és az} \\ \text{erre merőleges } q \text{ irányban} \\ f_q &= \frac{1}{\varrho} [v (H - h')] + \left[\lambda \frac{\Delta q}{t} \right] \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

kereszthibahatást fejtenek ki.

Ha a szög mérés középhibáját μ -vel, az oldalhosszaknak az oldalhossztól függő középhibáját μ_t -vel jelöljük, akkor tisztán a véletlen mérési hibák hatására a zárópont x, y, H és q irányú középhibájának négyzete a (2)—(3)-ból a hibaterjedési törvény szerint

$$\left. \begin{aligned} \mu_x^2 &= \frac{\mu^2}{\rho^2} [(y_z - y)^2] + \left[\mu_t^2 \frac{\Delta x^2}{t^2} \right] \\ \mu_y^2 &= \frac{\mu^2}{\rho^2} [(x_z - x)^2] + \left[\mu_t^2 \frac{\Delta y^2}{t^2} \right] \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_H^2 &= \frac{\mu^2}{\rho^2} [q'^2] + \left[\mu_t^2 \frac{\Delta h^2}{t^2} \right] \\ \mu_q^2 &= \frac{\mu^2}{\rho^2} [(H - h')^2] + \left[\mu_t^2 \frac{\Delta q^2}{t^2} \right] \end{aligned} \right\} \quad (5)$$



2. ábra

A (4) és (5) kifejezésekből megállapítható, hogy:

a) nyújtott sokszögvonalnál, amikor q' és Δq értékek kicsinyek, a hossz-záróhibára csak az oldalhibáknak, a keresztzáróhibára csak a szöghibáknak van hatása,

b) nem nyújtott sokszögvonalnál, mikor is a q' és Δq értékek nem kicsinyek, a szöghibák és a véletlen oldalhibák egyaránt okoznak hossz áróhibát és keresztzáróhibát,

c) az oldalak lineáris szabályos hibái nyújtott és nem nyújtott sokszögvonalnál egyaránt csak hosszáróhibát okoznak.

4. A kétszer tájékozott, kétszer csatlakozó sokszögvonal kiegyenlítése

4.1. Szigorú kiegyenlítés

Térjünk most rá a kétszer tájékozott és kétszer csatlakozó sokszögvonal szigorú kiegyenlítésére a legkisebb négyzetek módszere szerint.

4.1.1. A törésszögjavítások és a sokszögoldaljavítások számítása a véletlen mérési hibák figyelembevételével

(I. szigorú kiegyenlítési eljárás)

Ha csak a véletlen mérési hibákat vesszük figyelembe, akkor EGGERT ismert módszere szerint járhatunk el ([5], [26]., 127. §), amelynek lényege a hossz mérés szokásos módszereire kiterjesztve a következő. A csoportos kiegyenlítés módszerének alkalmazásával ([28], 153—154. o.) a szögzáróhibának az egyes törésszögekre való egyenletes elosztása után három feltételi egyenlet írható fel: az első a $v_1 \dots v_z$ szögjavítások zárlatára, a második és a harmadik a 3. pontban ismertett nyomatéki és vetületi tétel alkalmazásával a két koordinátazáróhibára a (2) szerint.

$$\left. \begin{aligned} [v] &= 0 \\ \frac{1}{\varrho} [v(x_z - x)] + [\lambda \sin \alpha] - f_y &= 0 \\ -\frac{1}{\varrho} [v(y_z - y)] + [\lambda \cos \alpha] - f_x &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

amelyekben v_i értékei a törésszögek keresett javításai, a λ_i értékek a sokszög-
oldalak keresett javításai, f_x és f_y a koordinátazáróhibák. Azokat a v_i , λ_i
javításokat kell keresnünk, amelyek kielégítik a (6) feltételi egyenleteket,
amellett minimummá teszik a javítások súlyozott négyzetösszegét. EGGERT
ismert egyszerűsítése az, hogy kiszámítja a töréspontok súlypontjának y_0 ,
 x_0 koordinátáit, s a „csoportos kiegyenlítés átalakított feltételi egyenletekkel”
eljárás alkalmazásával ([28], 156. o.) a töréspontoknak a súlypontra vonat-
koztatott ($\eta_i = y_i - y_0$), ($\xi_i = x_i - x_0$) koordinátáit (3. ábra) viszi be a (6)
feltételi egyenletekbe. Ezzel a fogással a (6) feltételi egyenletek a következő
alakot veszik fel

$$\left. \begin{aligned} [v] &= 0 \\ [\lambda \sin \alpha] - [v\xi] \frac{1}{\varrho} - f_y &= 0 \\ [\lambda \cos \alpha] + [v\eta] \frac{1}{\varrho} - f_x &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

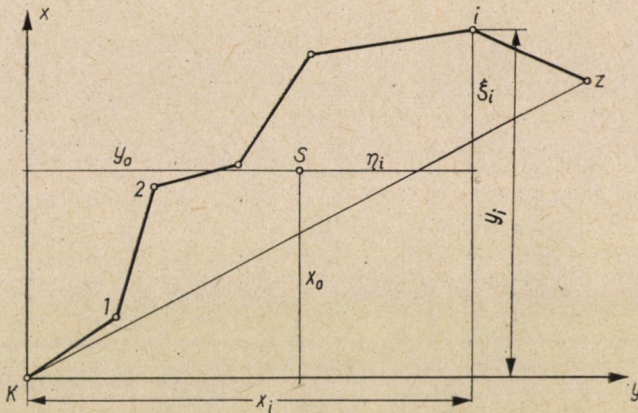
A (7) feltételi egyenletekből alkotott normálegyenletek

$$\left. \begin{aligned} a_1 k_1 + d_1 k_2 - f_y &= 0 \\ d_1 k_1 + b_1 k_2 - f_x &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Abból a célból, hogy az eljárást az optikai és elektromos távmérésre is kiterjesszük, vezessük be az alábbi jelöléseket:

$$A = Q\varrho^2, \quad B = Q\varrho^2 \frac{c^2}{\mu^2},$$

ahol a Q érték 10 valamely negatív egész számú hatványa, pl. $Q = 10^{-6}$, c = az alkalmazott hosszmerési eljáráshoz és műszerhez tartozó középvetetlen hiba állandója a 2. pont szerint.



3. ábra

Válasszuk az azonos μ középhibájú törésszögek reciprok súlyául (súlykoefficiensül) az A értéket. A t_i oldalhossz γ_i reciprok súlya ekkor a 3. pontban megadott távmérési véletlen középhiba képletek figyelembevételével:

$$\left. \begin{array}{l} \text{mechanikai távolságmérésnél} \dots\dots\dots \gamma_i = B_1 t_i \\ \text{optikai távolságmérésnél} \\ \quad \text{állandó parallaktikus szög esetén} \dots\dots \gamma_i = B_2 t_i^2 \\ \quad \text{bázisléces távmérésnél} \dots\dots\dots \gamma_i = B_3 t_i^4 \\ \quad \text{segédbázis használatánál} \dots\dots\dots \gamma_i = B_4 t_i^3 \\ \text{elektromos távolságmérésnél} \dots\dots\dots \gamma_i = B_5 \cdot | \end{array} \right\} \quad (9)$$

Az A és γ_i reciprok súlyok felhasználásával a (8) normálegyenletek együtthatói

$$\left. \begin{array}{l} a_1 = [\gamma \sin^2 a] + [\xi^2]Q \\ b_1 = [\gamma \cos^2 a] + [\eta^2]Q \\ d_1 = [\gamma \sin a \cos a] - [\xi \eta]Q. \end{array} \right\} \quad (10)$$

A normálegyenletekből a korreláták:

$$\left. \begin{aligned} k_1 &= \frac{1}{N} (f_y b_1 - f_x d_1) \\ k_2 &= \frac{1}{N} (f_x a_1 - f_y d_1) \\ N &= a_1 b_1 - d_1^2. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

A törésszögek javításai ívmértékben:

$$v_i = (-k_1 \xi_i + k_2 \eta_i) Q. \quad (12)$$

Az oldalhosszjavítások:

$$\lambda_i = (k_1 \sin a_i + k_2 \cos a_i) \gamma_i. \quad (13)$$

Az irányszögjavítások ívmértékben:

$$w_i = [v] = (-k_1 [\xi]_K^i + k_2 [\eta]_K^i) Q. \quad (14)$$

A koordinátakülönbségek javításai:

$$\left. \begin{aligned} d\Delta y_i &= w_i \cdot \Delta x_i + \frac{\lambda_i}{t_i} \Delta y_i \\ d\Delta x_i &= -w_i \cdot \Delta y_i + \frac{\lambda_i}{t_i} \Delta x_i. \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Megjegyezzük, hogy az általunk alkalmazott kis számítástechnikai módosítás nemcsak azzal az előnnyel jár, hogy az eljárás bármely távmérési módszer esetén alkalmazható, tehát univerzális jellegű, hanem valamelyest egyszerűbbé is teszi a számítást.

4.1.2. A véletlen mérési hibák és az egységösszra eső ismeretlen lineáris szabályos hosszhiba figyelembevételével

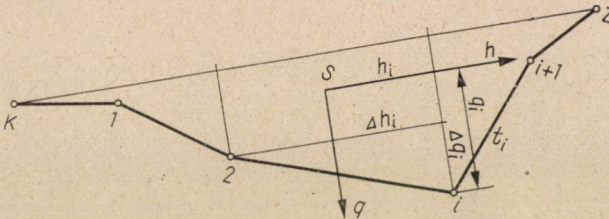
(II. szigorú kiegyenlítési eljárás)

Az I. szigorú kiegyenlítés abból a feltevésből indul ki, hogy csak véletlen mérési hibáink vannak. A valóságban általában ez nincs így, mert számolni kell a hossz mérés szabályos hibájával. Ezért fejlesztette tovább FÖRSTNER 1933. évben a sokszögelés szigorú kiegyenlítését a hossz mérés lineáris szabá-

lyos hibájára is kiterjesztve [6]. Eljárásának lényege az, hogy az EGGERT alkotta három feltételi egyenletbe beillesztette az egység hosszra eső e lineáris szabályos hosszhibának mint meg nem mért ismeretlennek a hatását is. A feltételi egyenletek a nyomatéki és vetületi tétel alkalmazásával a (2)-nek megfelelően

$$\left. \begin{aligned} [v] &= 0 \\ [(x_z - x)v] \frac{1}{\rho} + [\lambda \sin a] + [\Delta y] e - f_y &= 0 \\ -[(y_z - y)v] \frac{1}{\rho} + [\lambda \cos a] + [\Delta x] e - f_x &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

A megoldást most a meg nem mért ismeretleneket is tartalmazó feltételek módszere, vagyis a kiegyenlítő számítás V. csoport szabályai szerint kell



4. ábra

keresni. FÖRSTNER a normálegyenletek teljes szétesését, vagyis azt, hogy minden normálegyenlet csak egyetlen ismeretlen korrelátát tartalmazzon, azzal éri el, hogy ugyancsak az átalakított feltételi egyenletek módszerét alkalmazva:

a) EGGERT eljárását követve a koordinátarendszer kezdőpontját a töréspontok súlypontjába helyezi és ezen felül

b) a koordinátatengelyek egyikét a záróvonallal párhuzamosnak, másikat erre merőlegesnek választja, vagyis áttér a súlyponttól mért h és q koordinátákra, valamint az f_h hossz- és f_q keresztzáróhibára (4. ábra).

E két lépés végrehajtása után a feltételi egyenletek:

$$\begin{aligned} [v] &= 0 \\ -\frac{1}{\rho} [vh] + \left[\lambda \frac{\Delta q}{t} \right] - f_q &= 0 \\ \frac{1}{\rho} [vq] + \left[\lambda \frac{\Delta h}{t} \right] + He - f_h &= 0. \end{aligned}$$

Ezekből a normálegyenletek, ha a szögérés reciprok súlyát most is A értékűnek, a távolságok reciprok súlyait pedig a (9) szerint számított γ_i -nek választjuk,

$$\begin{aligned} k_0 &= 0 \\ a_2 k + d_2 k_1 - f_q &= 0 \\ d_2 k + b_2 k_1 + H \cdot e - f_h &= 0 \\ Hk_1 &= 0, \end{aligned}$$

ahol

$$a_2 = Q[h^2] + \left| \frac{\Delta q^2}{t^2} - \gamma \right|. \quad (17)$$

A b_2 és d_2 együtthatók kiszámítására nincs szükség.

A normálegyenletekből

$$k_0 = k_1 = 0$$

és a megmaradó egyetlen korreláta:

$$k = \frac{f_q}{a_2}. \quad (18)$$

A törésszögjavítások ívmértékben és az oldaljavítások a szabályos hiba hatása nélkül

$$\begin{aligned} v_i &= -kh_i Q \\ \lambda_i &= k \frac{\Delta q_i}{t_i} \gamma_i. \end{aligned}$$

Az irányszögjavítások ívmértékben

$$w_i = [v]_K^i = -kp_i, \quad (19)$$

ahol

$$p_i = [h]_K^i Q. \quad (20)$$

A koordinátakülönbségek javításai a véletlen hibák miatt

$$\left. \begin{aligned} d\Delta y'_i &= -kp_i \Delta x_i + k \frac{\Delta q_i}{t_i^2} \gamma_i \Delta y_i & (+ e\Delta y_i) \\ d\Delta x'_i &= kp_i \Delta y_i + k \frac{\Delta q_i}{t_i^2} \gamma_i \Delta x_i & (+ e\Delta x_i). \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

Az egység hosszra eső e lineáris szabályos hiba meghatározásához kiszámítjuk a (21) jobb oldalai első és második tagjaival meghatározott első javí-

tások felhasználásával a maradék koordinátazáróhibákat:

$$f'_x = f_x - [d\Delta x'], \quad f'_y = f_y - [d\Delta y']. \quad (22)$$

Ezekből az egységhosszra eső lineáris szabályos hosszhiba:

$$e = \frac{f'_x}{[\Delta x]} = \frac{f'_y}{[\Delta y]}. \quad (23)$$

A (21) szerint kiszámított első koordinátajavításokhoz még hozzá kell adnunk a

$$\left. \begin{aligned} d\Delta y_i'' &= e \cdot \Delta y \\ d\Delta x_i'' &= e \cdot \Delta x \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

második, lineáris javításokat.

Az ismertetett II. szigorú kiegyenlítési eljáráshoz következő megjegyzést fűzzük.

a) Az eljárás fejlődést jelent a számítás egyszerűsítésének irányában, amennyiben az I. szigorú eljárással szemben itt csak egyetlen korrelátát kell kiszámítani, s ezért a számítási munka kisebb.

b) Az egységhosszra eső e lineáris szabályos hosszhibának mint meg nem mért ismeretlennek a feltételi egyenletekbe való beillesztése azzal a hátrányos kihatással jár, hogy a kiegyenlítés eredményeként kapott lineáris szabályos hosszhibák — a véletlen hibák négyzetösszegének minimumára felállított követelmény teljesítése következtében — tartalmazzák a véletlen hosszhibák egy részét is, sőt magukban foglalnak olyan fiktív hosszhibákat is, amelyek a záróhibákra gyakorolt hatás szempontjából helyettesíteni tudják a szöghibák egy részét.

Fontosnak tartottam a II. szigorú eljárást is ismertetni, nemcsak azért, mert vele a számítás egyszerű, de főképpen, mert ebből az eljárásból többféle közelítő eljárás származtatható. (Lásd a 4.2.6. pontot.)

4.1.3. A lineáris hosszhiba meghatározása több sokszögmenetből

(III. szigorú kiegyenlítő eljárás)

Most röviden ismertetem TÁRCZY-HORNOCH javaslatát a sokszögoldalok lineáris szabályos hibájának meghatározására ([17], 243—244. o.). Megbízhatóbb értéket kapunk az egységhosszra eső lineáris szabályos hibára, ha azt több sokszögmenetből vezetjük le, amelyeket azonos körülmények között, azonos vidéken, azonos észlelővel, azonos műszerrel és mérőeszközökkel mérünk. Alapgondolata a következő. Ha a sokszögelést csak a lineáris szabályos hibák terhelnék, ezek hatása az f_h hosszazáróhibában érvényesülne, amely

4.1.4. A kerethibák figyelembevétele

(IV. szigorú kiegyenlítési eljárás)

A sokszögvonalak szög- és koordinátazáróhibái nem kizárólag a szög-mérés és a hossz-mérés hibáinak hatásai, hanem számottevő részben következményei az ún. kerethibáknak is. A sokszögelés szempontjából alábbi kerethibákat különböztethetjük meg:

a sokszögvonálnak az alapfelületre (gömbfelületre) való vetítéséből származó torzulást,

az alapfelületnek a vetítősíkra való vetítéséből származó torzulást és a csatlakozópontként felhasznált háromszögelési pontok terepen kijelölt helye és a koordinátákkal megadott helye közti véletlen relatív eltérést (relatív koordinátahibák).

A hosszú és igen hosszú sokszögvonalaknál felmerülő vetítési torzulások egyszerű kiszámítására és figyelembevételére eljárást dolgoztam ki, ezt azonban részben hely hiánya miatt, részben azért, mert ez a feladat — bár hozzátartozik a sokszögelés számításához — nem kiegyenlítési probléma, későbbi tanulmányban fogom közölni. Itt részletesen csak a csatlakozópontok ismeretlen relatív koordinátahibáinak hatásával foglalkozom.

Az alább ismertetendő eljárás egyelőre csak kísérletnek tekintendő elméleti vizsgálat. Lényege az, hogy csak az egyik csatlakozópont, pl. a kezdőpont y_K, x_K koordinátáit tekintjük hibátlan értékeknek, míg a másik csatlakozópont, pl. a zárópont y_z, x_z koordinátáit a háromszögelés kiegyenlítéséből levezetett μ_y, μ_x viszonylagos koordinátaközépphibákkal terhelt értékeként vesszük figyelembe. Egyszerűség okából tételezzük fel, hogy a Z zárópont hibaellipszise kör, mikor is a zárópont bármely irányú koordinátaközépphibája egyenlő a zárópont K közepes ponthibájával. Minthogy a zárópont y_z, x_z koordinátáinak kiszámítására felhasznált háromszögelési mérési eredmények függetlenek a sokszögelés mérési eredményeitől, az y_z és x_z számított értékeket fiktív mérési eredményeknek tekinthetjük, amelyek pontosságát a $\mu_y = \mu_x = K$ fiktív mérési középhiba jellemzi.

Keressük a sokszögoldaloknak olyan λ_i javításait és a törésszögeknek olyan v_i javításait, továbbá a zárópont koordinátáinak olyan dy_z, dx_z hibáit, amelyek súlyozott négyzetösszege minimumot alkot. Ezeknek a javításoknak és hibáknak ki kell elégíteniük az alábbi követelményeket:

a) a keresett törésszögjavítások összege 0 legyen,

b) a törésszögjavítások és a hosszjavítások Z pontra kifejtett y irányú eltoló hatásának, valamint az y irányú, de megváltoztatott előjelű ($-dy_z$) lokális kerethibának összege egyenlő legyen az f_y záróhibával,

c) a törésszögjavítások és a hosszjavítások Z pontra kifejtett x irányú eltoló hatásának, valamint az x irányú, de megváltoztatott előjelű, vagyis a ($-dx_z$) lokális kerethibának az összege egyenlő legyen az f_x záróhibával.

Írjuk fel ezt a három követelményt feltételi egyenletként a 3. pontban ismertetett „nyomatéki és vetületi tétel” alkalmazásával:

$$\left. \begin{aligned} [v] &= 0 \\ \frac{1}{\varrho} [v(x_z - x)] + [\lambda \sin \alpha] - dy_z - f_y &= 0 \\ \frac{1}{\varrho} [v(y_z - y)] + [\lambda \cos \alpha] - dx_z - f_x &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

A feladat most is a III. kiegyenlítési csoportba (a korrelátakiegyenlítés módszerébe) sorol. Könnyű meggyőződni arról, hogy ha a normálegyenletek számának csökkentése végett az I. szigorú eljárást követve áttérünk az η_i , ξ_i súlyponti koordinátákra, akkor a

$$\left. \begin{aligned} [v] &= 0 \\ [\lambda \sin \alpha] - [v\xi] \frac{1}{\varrho} - dy_z - f_y &= 0 \\ [\lambda \cos \alpha] + [v\eta] \frac{1}{\varrho} - dx_z - f_x &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

módosított feltételi egyenleteket kapjuk.

A mért törésszögek reciprok súlyát most is a 4.1.2. pont szerint $A = Q\varrho^2$ értékűnek, az oldalhosszak γ_i reciprok súlyait ezzel összhangban a távolságmérés módszerének megfelelően (9) szerint, a zárópont y_z és x_z koordinátáinak reciprok súlyát ugyancsak az előbbiekkal összhangban $R = A \frac{K^2}{\mu^2}$ értékűnek választjuk. A (27) módosított feltételi egyenletekből a normálegyenletek:

$$\begin{aligned} a_3 k_1 + d_3 k_2 - f_y &= 0 \\ d_3 k_1 + b_3 k_2 - f_x &= 0, \end{aligned}$$

amelyekben az együtthatókat az

$$\left. \begin{aligned} a_3 &= [\gamma \sin^2 \alpha] + [\xi^2]Q + R \\ b_3 &= [\gamma \cos^2 \alpha] + [\eta^2]Q + R \\ d_3 &= [\gamma \sin \alpha \cos \alpha] - [\xi\eta]Q \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

képletek alapján kell számítani.

A normálegyenletekből a korreláták:

$$\left. \begin{aligned} k_1 &= \frac{1}{N} (f_y b_3 - f_x d_3) \\ k_2 &= \frac{1}{N} (f_x a_3 - f_y d_3) \\ N &= a_3 b_3 - d_3^2. \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

A törésszögjavítások ívmértékben:

$$v_i = (-k_1 \xi_i + k_2 \eta_i) Q. \quad (30)$$

Az oldalhosszjavítások:

$$\lambda_i = (k_1 \sin a_i + k_2 \cos a_i) \gamma_i. \quad (31)$$

Az irányszögjavítások ívmértékben:

$$w_i = [v]_0^i = (-k[\xi]_0^i + k_2[\eta]_0^i) Q. \quad (32)$$

A koordinátakülönbségek javításai:

$$d \Delta y_i = w_i \Delta x_i + \lambda_i \sin a_i \quad (33)$$

$$d \Delta x_i = -w_i \Delta y_i + \lambda_i \cos a_i.$$

A Z zárópont adott koordinátáinak kerethibái

$$dy_z = -k_1 R \quad (34)$$

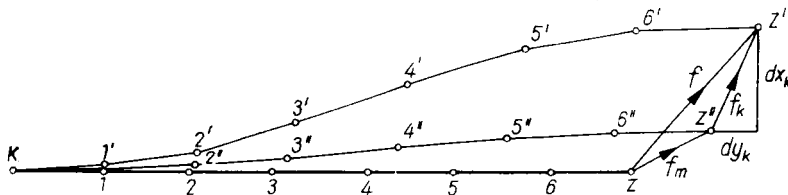
$$dx_z = -k_2 R.$$

Ellenőrzés:

$$[d \Delta y] - dy_z = f_y$$

$$[d \Delta x] - dx_z = f_x. \quad (35)$$

A fentiekben leírt kiegyenlítési eljárás alkalmazása magyarázatot ad a 4.1.1. pontban tárgyalt I. szigorú kiegyenlítő eljárás használatakor gyakran tapasztalt arra a rendellenességre, hogy bármilyen pontos szögmérés esetén is



5. ábra

a törésszögjavítások bizonyos fokig deformálják a sokszögvonalat. Különösen szembeütően látszik ez a deformáció a teljesen nyújtott sokszögvonalnál és abban nyilvánul, hogy az 5. ábrán az eredeti $K, 1, 2, \dots, Z$ sokszögvonal a kiegyenlítés után a $K, 1', 2', \dots, Z'$ kétszer ívelt (S alakú) vonalat veszi fel. Ennek oka a legtöbbször az, hogy az f vonalas záróhiba egy része, illetőleg egy komponense a kerethiba. A most javasolt eljárás során kiadódik a vonalas záróhibának a kerethibából származó valószínű f_k komponense és a mérési hibákból származó valószínű f_m komponense. Ha a Z zárópont koordinátáit a valószínű dy_z, dx_z kerethibákkal megjavítanók, vagyis az 5. ábrán a Z' záró-

pontot a Z'' pontba tolnók el, a kevésbé deformált K , $1''$, $2''$, ... Z'' kiegyenlített sokszögvonalat kapnók.

Abban az esetben, ha a zárópont adott koordinátáit kell kiindulópontul vennünk, vagyis helyesnek elfogadnunk, akkor szó lehet arról, hogy az összes töréspontok koordinátáit javítjuk a koordinátakülönbségek számított javításain kívül a $(-dy_z)$, $(-dx_z)$ értékekkel. Talán még helyesebb, ha a kerethibára kapott értékeket elosztjuk a zárópontra és a kezdőpontra, vagyis az összes közbenső töréspontok koordinátáit $\left(-\frac{dy_z}{2}\right)$, $\left(-\frac{dx_z}{2}\right)$ értékkel javítjuk meg.

Az ismertetett eljárás alkalmazása azt eredményezi, hogy a sokszögvonala kiegyenlített adatai közelebb fognak állani a sokszögvonala valóságos alakjához és méreteihez. Ugyanakkor azonban az egyik vagy mindkét csatlakozóponton eltérés mutatkozik a csatlakozópontok adott koordinátáival szemben. Ez az eltérés azonban természetesen nem jogosít fel a csatlakozópontok koordinátáinak megváltoztatására, de felvilágosítást ad az optimálisan kiegyenlített sokszögvonálnak a kerethibás csatlakozópontokkal való nem egyezésére.

4.2. Kétszer tájékozott, kétszer csatlakozó sokszögvonala közelítő kiegyenlítése.

A gyakorlatban a sokszögelés mint részletpontmeghatározási és alappontsűrítési eljárás olyan tömegmunka, hogy azt nem mindig gazdaságos a 4.1. pontban tárgyalt szigorú kiegyenlítési eljárásokra alapozni. Ezért keresni kell olyan közelítő kiegyenlítő eljárásokat, amelyeknek alkalmazása lényegesen kevesebb munkát jelent, de csak lényegtelenül csökkenti a kiegyenlítés pontosságát.

4.2.1. A koordinátazáróhibák elosztása az oldalhosszak arányában

(I. közelítő kiegyenlítési eljárás)

Vizsgáljuk a legegyszerűbb és nálunk legjobban elterjedt hibaelosztási eljárást, mely abból áll, hogy előbb az I. szigorú eljárásnak megfelelően egyenletesen elosztjuk a szögzáróhibát a törésszögekre, azután a javított törésszögekből és a mért oldalhosszakból kiszámítjuk az oldalak javított a_i irányszögeit, majd a koordinátakülönbségek

$$\Delta y_i = t_i \sin a_i$$

$$\Delta x_i = t_i \cos a_i$$

közelítő értékeit. Ezután kiszámítjuk a koordinátazáróhibákat:

$$\left. \begin{aligned} f_y &= y_z - y_k - [t \sin a] \\ f_x &= x_z - x_k - [t \cos a]. \end{aligned} \right\} \quad (49)$$

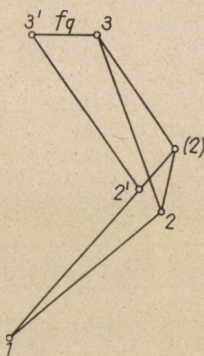
A koordinátazáróhibákat a t_i sokszögoldalak arányában elosztjuk a Δy_i és Δx_i koordinátakülönbségekre:

$$d\Delta y_i = \frac{f_y}{[t]} t_i, \quad d\Delta x_i = \frac{f_x}{[t]} t_i. \quad (50)$$

Az eljárás az I. szigorú kiegyenlítés elvéhez alkalmazkodva

a) csak véletlen mérési hibákat tételez fel,

b) igyekszik a legkisebb javításokat alkalmazni. Elterjedtségét ez az eljárás egyszerűségének és annak köszönheti, hogy EGGERT elméleti indokolást adott hozzá ([26], 117. §.). Az indokolás során azt a közelítést alkalmazza, hogy az irányszögek azonos súlyúak. Ezenfelül az eljárás figyelmen kívül hagyja a szögmérés és a távolságmérés középpontjának, illetve súlyának arányát.



6. ábra

Az indokolásban említett feltétel a valóságban nem teljesül, mert a mért törésszögek az egyenlő súlyúak, míg az irányszögek súlyai a kétszer tájékozott sokszögoldal kezdőpontjától és végpontjától a közép felé csökkennek.

A szögmérés és a hosszúságmérés súlyaránya kihatásának vizsgálatához tegyük fel, hogy a két sokszögoldalból álló, a 6. ábrán 1, 2, 3 sokszögoldal megmérése a 3 zárópont helyét a hibás 3' pontban adja és így f_q keresztzáróhiba adódik. Ha a kiegyenlítésnél $\mu \neq 0$ szögmérési középpontot és $\mu_t = 0$ hosszúságmérési középpontot tételezünk fel, vagyis

$$\frac{\mu}{\mu_t} = \infty,$$

akkor a 2' hibás töréspont a kiegyenlítés után a 2 helyzetbe kerül. Ha viszont $\mu = 0$ szögmérési hibát és $\mu_t \neq 0$ hosszúságmérési hibát veszünk alapul, vagyis

$$\frac{\mu}{\mu_t} = 0,$$

akkor a kiegyenlítés után a 2' pont a (2) pontba kerül. Ha a μ/μ_t arányt e két szélső érték között választjuk, akkor a 2 pont kiegyenlítés után a 2, (2) egyenesdarab valamelyik pontjába jut. A 2, (2) vonaldarab jelenti a szög mérés és a hossz mérés középhibái arányának bizonytalansága miatt előálló kiegyenlítési bizonytalanságot.

4.2.2. A hossz záróhiba elosztása a koordinátakülönbségek arányában, a kereszt záróhiba elosztása az oldalhosszak arányában

(II. közelítő kiegyenlítési eljárás)

Az I. közelítő kiegyenlítő eljárás módosítása az a FÖRSTNER ajánlotta eljárás ([6]; 109. o., [7]; 184. o.), amely az f_h hossz záróhibát a koordinátakülönbségek arányában, az f_q kereszt záróhibát a sokszög oldalak arányában osztja el. Ekként a koordinátakülönbségek javításai:

$$\left. \begin{aligned} d\Delta y_i &= \frac{f_q \cos \varphi \cdot t_i}{T} + \frac{f_h \sin \varphi \cdot \Delta y_i}{[\Delta y]} \\ d\Delta x_i &= -\frac{f_q \sin \varphi \cdot t_i}{T} + \frac{f_h \cos \varphi \cdot \Delta x_i}{[\Delta x]} \end{aligned} \right\} \quad (51)$$

vagy

$$\left. \begin{aligned} d\Delta y_i &= \frac{f_q [\Delta x] t_i}{H \cdot T} + \frac{f_h}{H} \Delta y_i \\ d\Delta x_i &= -\frac{f_q [\Delta y] t_i}{H \cdot T} + \frac{f_h}{H} \Delta x_i \end{aligned} \right\} \quad (52)$$

Itt $T = [t]$ a sokszög vonal hossza, H a záróoldal hossza.

Ennek az eljárásnak nincs elméleti indokolása, de az eljárás alkalmazkodik a II. szigorú kiegyenlítő eljáráshoz, amennyiben a hossz záróhibát teljes egészében lineáris szabályos hosszhiba hatásaként kezeli.

4.2.3. A lineáris szabályos hosszhiba és a valószínű irányszög hibák figyelembevételével

(III. közelítő kiegyenlítési eljárás)

Legyen a 7. ábrán az $(i, i + 1) = t_i$ sokszög oldal irányszöge a_i , a t_i sokszög oldal hosszhibája

$$dt_i = e \cdot t_i, \quad (53)$$

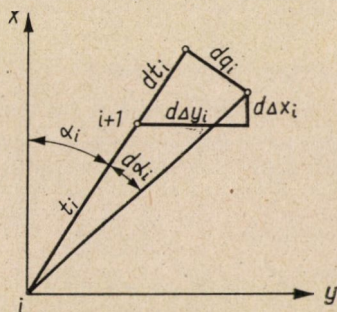
ahol e az egység hosszra eső lineáris szabályos hosszhiba. Legyen továbbá

$$da_i = k \cdot p_i$$

az α_i irányszög ívmértékben kifejezett hibája, avagy szükséges javítása, amelyben k egyelőre ismeretlen arányossági tényező ($k \ll 1$) és p_i a töréspont i számától függő „irányszöghibatényező”. Az $(i+1)$ pontnak a t_i sokszög-oldalra merőleges eltolódása $d\alpha_i$ hatására:

$$dq_i = (t_i + dt_i) d\alpha_i = k p_i t_i + k p_i dt_i. \quad (54)$$

Az (54) jobb oldalának második tagja elhanyagolható.



7. ábra

A 7. ábra szerint

$$\begin{aligned} d\Delta x_i &= dt_i \cos \alpha_i - dq_i \sin \alpha_i \\ d\Delta y_i &= dt_i \sin \alpha_i + dq_i \cos \alpha_i, \end{aligned}$$

vagy behelyettesítve (53)-et és (54)-et,

$$\begin{aligned} d\Delta x_i &= e t_i \cos \alpha_i - k \cdot p_i t_i \sin \alpha_i \\ d\Delta y_i &= e t_i \sin \alpha_i + k p_i t_i \cos \alpha_i, \end{aligned}$$

avagy

$$\begin{cases} d\Delta x_i = e \cdot \Delta x_i - k \cdot p_i \Delta y_i \\ d\Delta y_i = e \cdot \Delta y_i + k \cdot p_i \Delta x_i. \end{cases} \quad (55)$$

Az (55) egyenleteket az összes sokszögoldalakra összegezve:

$$\begin{cases} [d\Delta x] = e [\Delta x] - k [p\Delta y] = f_x \\ [d\Delta y] = e [\Delta y] + k [p\Delta x] = f_y. \end{cases} \quad (56)$$

Ezekből:

$$e = \frac{1}{N} (f_x [p\Delta x] + f_y [p\Delta y]) \quad (57)$$

$$k = \frac{1}{N} (f_y [\Delta x] - f_x [\Delta y]) \quad (58)$$

$$N = [\Delta x] [p\Delta x] + [\Delta y] [p\Delta y].$$

A koordinátakülönbségek javításai az e és k arányossági tényezők felhasználásával az (55) szerint számíthatók.

A fenti egyszerű levezetéssel kapott (55), (57) és (58) képletek azonosak CSEBOTARJEV más módon levezetett képleteivel. A szovjet hivatalos városmérési utasítás ennek az eljárásnak a használatát írja elő a sokszögelés kiegyenlítésére bizonyos meghatározott feltételek esetén [20].

Ugyanezt a közelítő eljárást fejlesztette ki más kiinduló alaptól és más tényezőkkel F. G. GAUSS is [3]. Később, a 4.2.6. pontban be fogjuk mutatni, hogy ez az eljárás leszámaztatható a II. szigorú kiegyenlítési eljárásból is.

Szorozzuk és osszuk az (57) és (58) képletek N nevezőjét $H \cdot H'$ szorzattal. Itt H a sokszögoldal záróoldalának hossza, H' pedig a Zelcsényi-féle fiktív sokszögoldal záróoldalának hossza, amelynek irányszögei azonosak a vizsgált sokszögoldal irányszögeivel, oldalai pedig sorban:

$$t'_1 = p_1 t_1, t'_2 = p_2 t_2, \dots, t'_i = p_i t_i.$$

Az (57) és (58) nevezője ekként:

$$N = H \cdot H' \left(\frac{[\Delta x]}{H} \frac{[p \Delta x]}{H'} + \frac{[\Delta y]}{H} \frac{[p \Delta y]}{H'} \right) = H \cdot H' \cos(\vartheta - \vartheta'), \quad (59)$$

ha ϑ a vizsgált sokszögoldal záróoldalának irányszöge és ϑ' a fiktív sokszögoldal záróoldalának irányszöge. Az (59) felhasználásával és a

$$\Delta x'_i = p_i \Delta x_i, \Delta y'_i = p_i \Delta y_i$$

jelölések bevezetésével az e és k arányossági tényezők, vagyis az (57) és (58) képletek így is felírhatók:

$$e = \frac{[\Delta x'] f_x + [\Delta y'] f_y}{HH' \cos(\varphi - \varphi')} \quad (60)$$

$$k = \frac{[\Delta x] f_y - [\Delta y] f_x}{HH' \cos(\varphi - \varphi')}. \quad (61)$$

Ezek azonosak ZELCSÉNYI geometriai szemlélettel megállapított képleteivel [21].

Foglalkozzunk most a p_i irányszöghibatényezőkkel. E tényezőkkel lényegében azt fejezzük ki, hogy az irányszögeknek a szögzáróhiba egyenletes elosztása után különbözők a hibái. Kimutatható, hogy az irányszög középhibája a kezdőponttól a sokszögoldal közepéig növekszik, s ezután a zárópontig csökken. Ha egy félkörív átmérőjét n sokszögoldal esetén $(n + 1)$ egyenlő részre mint egységre osztjuk, az i -edik osztóponthoz tartozó

$$\sqrt{i(n + 1 - i)}$$

ívmagasság arányos az i -edik irányszög M_i középhibájával ([26], 124. §.).

Célszerű ezért az irányszöghibatényezőt az irányszög M_i^2 reciprok súlyával arányosnak, azaz

$$p_i = i(n + 1 - i) \quad (62)$$

értékűnek választani.

CSEBOTARJEV [20] az irányszöghibatényezőre

$$p_i = \frac{6i(n + 1 - i)}{(n + 1)(n + 2)} \quad (63)$$

értéket alkalmaz. Utóbbi lényegében azonos (62)-vel. Ugyanis (63) így is írható:

$$p_i = c \cdot i(n + 1 - i), \quad (64)$$

ahol

$$c = \frac{6}{(n + 1)(n + 2)}$$

a sokszögvonalra állandó érték. Ha a (64)et alkalmazzuk, c az (55)-ből kiesik.

A p_i irányszöghibatényezőik értékeit a következő megfontolás alapján is meg lehet határozni. Mivel az egység hosszra eső e lineáris hosszjavítás a Z zárópontot mindig csak az f_h hossz záróhiba irányában tolja el, ezért a törésszögjavításokkal kell a teljes f_q kereszthibát kiküszöbölni. Ezzel természetesen együtt jár, hogy a szögjavítások a Z zárópontot az f_h irányában is eltolják. Az f_h hossz záróhiba megmaradó részét kell az egység hosszra eső e lineáris hosszjavításnak megszüntetnie.

Az i -edik törésponton mért törésszög javításának f_q irányú eltoló hatása a Z zárópontra a 3. pontban tárgyalt nyomatéki tétel alapján a 2. ábra jelölései szerint

$$v_i(H - h'_i).$$

Akkor jönnénk ki a legkisebb törésszögjavításokkal, ha az i -edik törésszög javítását a $(H - h'_i)$ távolsággal arányosnak vennők. Mivel azonban ki kell elégítenünk a $[v] = 0$ szögzárlati feltételt, gondoskodnunk kell arról, hogy az összes törésszögjavítások összege 0 legyen. Ezért a törésszögjavítást a $(H - h'_i)$ érték helyett a töréspontok S súlypontjától mért, a 4. ábra jelölései szerint h_i távolsággal arányosnak választjuk, mikor is az összes törésszögjavítások összege

$$[v] = [kh] = 0.$$

Az a_i irányszög javítása ekkor

$$da_i = k[h]_K^i,$$

vagyis az irányzöghibatényezőre a

$$p_i = [h]_K^i \quad (65)$$

pontosabb érték adódik.

Ha a sokszögoldal t_i oldalainak a H záróvonalra vonatkoztatott Δh_i vetületei egyenlők, azaz

$$\Delta h_1 = \Delta h_2 = \dots = \Delta h_i \dots = \Delta h,$$

akkor a (65) pontosabb irányzöghibatényező értéke

$$p_i = [h]_K^i = \Delta h \left(\frac{n}{2} + \frac{n-2}{2} + \dots + \frac{n-2i+2}{2} \right) = \Delta h \cdot i(n+1-i),$$

vagyis azonos (62)-vel. A (65) irányzöghibatényező tehát általános érvényű.

4.2.4. A véletlen hosszhibák és a lineáris szabályos hosszhiba figyelembevételével

(IV. közelítő kiegyenlítési eljárás)

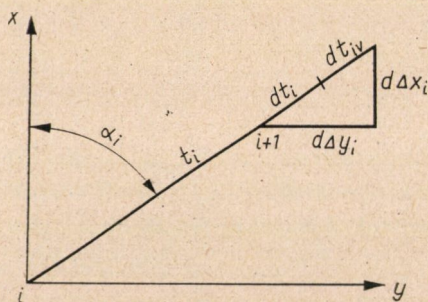
Legyen a 8. ábrán ismét az $(i, i+1) = t_i$ sokszögoldal irányszöge α_i , a t_i sokszögoldalnak a lineáris szabályos hosszhiba miatt szükséges javítása

$$dt_{it} = e \cdot t_i,$$

a véletlen hosszmérési hibák miatt szükséges javítása

$$dt_{iv} = k \cdot r_i t_i,$$

amelyben k egyelőre ismeretlen arányossági tényező és r_i a töréspont i számától függő véletlen hosszhibatényező.



8. ábra

A 8. ábráról

$$d\Delta y_i = (dt_{it} + dt_{iv}) \sin \alpha_i = e t_i \sin \alpha_i + k r_i \sin \alpha_i,$$

vagy

és ugyanígy

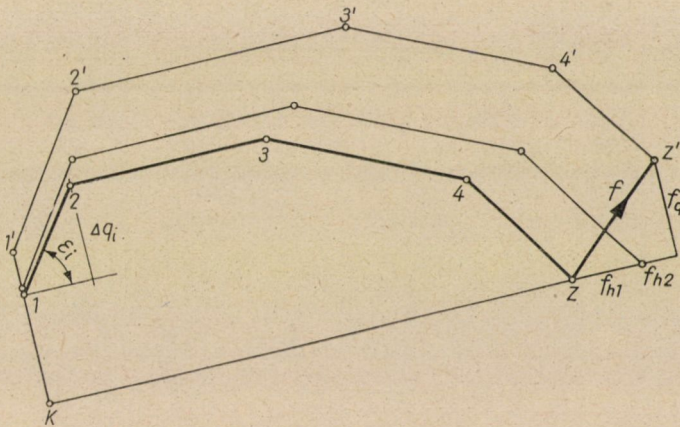
$$\left. \begin{aligned} d\Delta y_i &= e \cdot \Delta y_i + k \cdot r_i \Delta y_i \\ d\Delta x_i &= e \cdot \Delta x_i + k \cdot r_i \Delta x_i \end{aligned} \right\} \quad (66)$$

A (66)-ot összegezve valamennyi koordinátakülönbségjavításra,

$$\left. \begin{aligned} [d \Delta y] &= k[r \Delta y] + e[\Delta y] = f_y \\ [d \Delta x] &= k[r \Delta x] + e[\Delta x] = f_x, \end{aligned} \right\}$$

honnan

$$\left. \begin{aligned} k &= \frac{1}{N} (f_y [\Delta x] - f_x [\Delta y]) \\ e &= \frac{1}{N} (f_x [r \Delta y] - f_y [r \Delta x]) \\ N &= [r \Delta y] [\Delta x] - [r \Delta x] [\Delta y]. \end{aligned} \right\} \quad (67)$$



9. ábra

A r_i véletlen hosszhibatényezők értékének meghatározásánál vegyük tekintetbe, hogy az egység hosszra eső e lineáris szabályos hosszhiba beállítása az f_h hosszáróhiba egy, f_{h1} részét kiküszöböli (9. ábra). A véletlen hosszhibáknak megfelelő hosszjavításokkal a teljes f_q keresztzáróhibát és a maradék f_{h2} hosszáróhibát kell kiküszöbölnünk. Az f_q kiküszöböléséhez akkor jövünk ki a legkisebb hosszváltoztatásokkal, ha a H záróvonallra merőleges oldalaknak (ilyen a 9. ábrán a $K, 1$ oldal) a legnagyobb javítást adjuk, s a záróvonallal párhuzamos oldalakat (pl. a 9. ábrán a 2, 3 oldalt) egyáltalában nem javítjuk.

A többi oldalt a záróvonallal bezárt ε_i szög szinuszának arányában célszerű javítani. Ekként az f_q kiküszöböléséhez a t_i oldal legjobb javítása:

$$t_i \sin \varepsilon_i = \Delta q_i.$$

Válasszuk ezért a véletlen hosszhibatényezőre az

$$r_i = \Delta q_i$$

értéket, amelyet pozitív előjellel látunk el, ha haladási iránya a záróvonaltól bal felé mutat és negatív előjellel, ha jobbra mutat.

A koordinátakülönbségek javításait a (66) képletekkel kell számítani.

Később, a 4.2.6. pontban ki fogjuk mutatni, hogy ez az eljárás is leszár-
mazzatható a II. szigorú eljárásból.

4.2.5. A valószínű irányszöghibák és a nem lineárisnak vett hosszhibák figyelembevételével

(V. közelítő kiegyenlítési eljárás)

Ne törődjünk most azzal, hogy a sokszögvonala f vonalas záróhibájának létrejöttében mekkora befolyásuk van a véletlen hosszhibáknak és mekkora a lineáris szabályos hosszhibáknak. Ehelyett keressünk olyan hossz- és szögjavításrendszert, amely az I. szigorú eljárás elvéhez hasonlóan a legkisebb javításokból áll. A 10. ábra alapján felismerhetjük, hogy az $(i, i + 1) = t_i$ sokszögoldal javítása annál nagyobb hatást gyakorol a Z zárópont valódi, f irányú eltolódására, mennél kisebb a t_i oldal és az f irány által bezárt δ_i szög. Helyes tehát a t_i javítását a

$$t_i \cos \delta_i = \Delta f_i$$

vetülettel arányosnak venni, azaz

$$dt_i = k_z \Delta f_i. \quad (68)$$

Másrészt a β_i törésszög v_i javításának hatása a Z pont f irányú elmozdulására a 3. pontban ismerttetett nyomatóki tétel szerint

$$v_i \cdot g'_i.$$

Ennélfogva helyes lenne a törésszögváltoztatás nagyságát az i töréspontnak az f vonalas záróhiba egyenesétől mért g'_i távolságával arányosnak venni. A szögzárlati feltétel teljesítése végett azonban a v_i törésszögjavítást a g'_i érték helyett a töréspontok S súlypontján átmenő, f -fel párhuzamos f' egyenesétől mért g_i távolsággal vesszük arányosnak. Ekkor ugyanis az összes törésszögjavítások összege

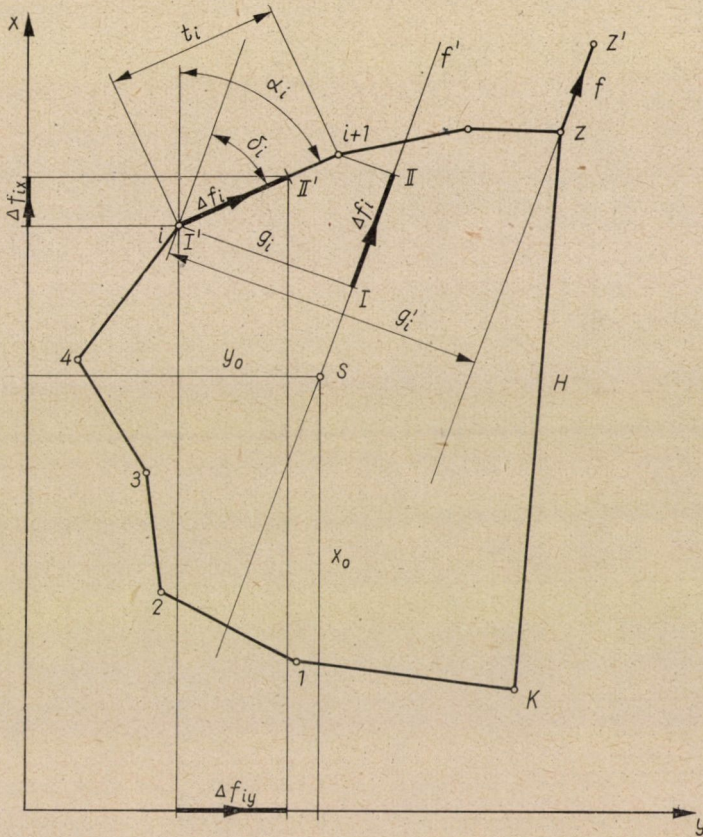
$$[v] = [k_1 g_i] = 0.$$

Az a_i irányszög javítása ekkor

$$da_i = k_1 [g_i]_K^i, \quad (69)$$

vagyis az irányszöghibatényező

$$p_i = [g]_K^i. \quad (70)$$



10. ábra

A III. közelítő eljárásnál használt 7. ábra alapján

$$dq_i + (t_i + dt_i)da_i,$$

melybe (69)-et és (70)-et behelyezve

$$dq_i = k_1 p_i t_i + k_1 p_i dt_i. \quad (71)$$

A (71) jobb oldalának második tagja II. rendű kicsiny, tehát elhanyagolható. Ugyancsak a 7. ábráról

$$\begin{aligned} d\Delta y_i &= |dt_i| \cdot \sin \alpha_i + dq_i \cos \alpha_i \\ d\Delta x_i &= |dt_i| \cdot \cos \alpha_i - dq_i \sin \alpha_i. \end{aligned}$$

Azért kellett itt a dt_i javítások abszolút értékeit alkalmaznunk, mert a dt_i a (68) szerint negatív előjelű, ha $270^\circ > \delta_i > 90^\circ$, és ilyenkor a negatív dt_i javítás a Z zárópontot az f egyenesében ugyancsak pozitív irányban tolja el. Behelyettesítve az előbbi kifejezésekbe (68)-at és (71)-et,

$$\begin{cases} d\Delta y_i = k_1 p_i t_i \cos \alpha_i + k_2 |\Delta f_i| \cdot \sin \alpha_i \\ d\Delta x_i = -k_1 p_i t_i \sin \alpha_i + k_2 |\Delta f_i| \cdot \cos \alpha_i. \end{cases} \quad (72)$$

Vezessük be a 10. ábrán feltüntetett

$$\begin{cases} \Delta f_{iy} = |\Delta f_i| \cdot \sin \alpha_i \\ \Delta f_{ix} = |\Delta f_i| \cdot \cos \alpha_i \end{cases} \quad (73)$$

jelöléseket és vegyük figyelembe, hogy

$$\begin{aligned} t_i \cos \alpha_i &= \Delta x_i \\ t_i \sin \alpha_i &= \Delta y_i, \end{aligned}$$

majd összegezzük a (72) egyenleteket az összes sokszögoldalakra,

$$\begin{aligned} [d\Delta y] &= k_1 [p\Delta x] + k_2 [\Delta f_y] = f_y \\ [d\Delta x] &= -k_1 [p\Delta y] + k_2 [\Delta f_x] = f_x, \end{aligned}$$

honnan

$$\begin{cases} k_1 = \frac{1}{N} (f_y [\Delta f_x] - f_x [\Delta f_y]) \\ k_2 = \frac{1}{N} (f_x [p\Delta x] + f_y [p\Delta y]) \\ N = [\Delta f_x] [p\Delta x] + [\Delta f_y] [p\Delta y]. \end{cases} \quad (74)$$

A koordinátakülönbségek keresett javításai:

$$\begin{cases} d\Delta y_i = k_1 p_i \Delta x_i + k_2 \Delta f_{iy} \\ d\Delta x_i = -k_1 p_i \Delta y_i + k_2 \Delta f_{ix}. \end{cases} \quad (75)$$

Azonnal szembetűnik, hogy a (74) képletek abban különböznek a III. közelítő kiegyenlítési eljárás (57) és (58) képleteitől, hogy az utóbbiakban levő $[\Delta y]$ és $[\Delta x]$ összegek helyett a (74)-ben $[\Delta f_y]$ és $[\Delta f_x]$ összegek vannak. Ennek az eltérésnek a hatása azonban lényeges. Ugyanis a III. közelítő eljárásnál az e tényező az egész sokszögvonaltól területére önkényesen — a véletlen hibák terhére is — lineárisnak feltételezett, egységösszóra eső hosszhiba értéke, amelynek alkalmazása a sokszögvonaltól a záróvonal irányában és a keresztirányban azonos arányban változtatja. A most tárgyalt V. közelítő eljárásnál kapott k_2 hosszhibatényező a sokszögvonaltól a valódi f vonalhoz való záróhiba irányában nagyobb mértékben változtatja, mint az erre merőleges irányban. Ez összhangban van azzal, hogy a sokszögvonal zárópontja csak az f irányban van eltolva. Ugyanígy a Z zárópontnak elsősorban a vonalhoz való záróhiba irányában való eltolását biztosítják a most tárgyalt V. közelítő eljárás (70) irányszöghibatényezői is. Így ez a közelítő eljárás figyelembe veszi azt, hogy a gyakorlatban az f vonalhoz való záróhiba elsősorban a véletlen hosszhibák, a véletlen szöghibák, a véletlen kerethiba összehatásaként adódik, de számot vet azzal is, hogy a vonalhoz való záróhiba egy része a lineáris hosszhibáknak, vagy a kerethiba minden irányban egyformán lineáris részének is következménye. Ezek az előnyök ívelt sokszögvonalnál érvényesülnek.

Meg kell jegyezni, hogy az ismertetett V. közelítő eljárás alkalmazása valamivel több számítási munkát jelent a III. közelítő eljárással szemben. Ki kell ugyanis jelölni a felrajzolt sokszögvonalon a töréspontok S súlypontjának helyét, és ehhez ki kell számítani a súlypont koordinátáit:

$$y_s = \frac{[y]}{n+2}, \quad x_s = \frac{[x]}{n+2},$$

amelyekben n a közbenső töréspontok száma. Meg kell továbbá határozni a Δf_{ix} és Δf_{iy} értékeket, amelyek a t_i oldalhosszak kétszeres vetítéséből állanak elő:

$$\left. \begin{aligned} \Delta f_{iy} &= |t_i \cos \delta_i| \cdot \sin \alpha_i \\ \Delta f_{ix} &= |t_i \cos \delta_i| \cdot \cos \alpha_i. \end{aligned} \right\} \quad (76)$$

A 10. ábrán bemutattuk, hogy ezeket grafikusán is könnyen lehet meghatározni. Vetítsük a töréspontokat az S súlyponton keresztül az f vonalhoz való záróhiba irányával párhuzamosan rajzolt f' egyenesre. A vetítő merőlegesek kimetszik az f' egyenesen a

$$\Delta f_i = t_i \cos \delta_i$$

elsődleges vetületeket. Ezeket pozitív vagy negatív előjelűeknek tekintjük, aszerint, hogy haladási irányuk azonos f haladási irányával, vagy ezzel ellentett. Rakjuk fel a Δf távolságokat a megfelelő oldalakra éspedig az oldal

i kezdőpontjától kiindulóan előre, ha Δf_i pozitív, vagy az oldal $(i + 1)$ végpontjától visszafelé, ha Δf_i negatív előjelű. Vetítsük a t_i oldalakra felrakott $|\Delta f_i|$ elsőrendű vetületek I'_i és II'_i végpontjait merőlegesen az y és x tengelyekre. A vetítő merőlegesek kimetszik a tengelyeken a t_i oldalhosszak kétszeres vetítéséből előálló Δf_{iy} és Δf_{ix} hosszokat előjelhelyesen, amelyeket a rajz léptékében kell levonnunk 10 m pontossággal. Nem okoz azonban különösebb fáradságot, ha csak a $|\Delta f_i|$ értékeket határozzuk meg grafikusán és — mivel a $\sin a_i$ és $\cos a_i$ szögfüggvényértékeket már korábban ki kellett keresnünk a szögfüggvénytáblázatból, tehát ezek már ismeretesek —, a $\Delta f_{iy} = |\Delta f_i| \sin a_i$, $\Delta f_{ix} = |\Delta f_i| \cos a_i$ értékeket egyszerű szorzással számíthatjuk ki.

4.2.6. A II. szigorú kiegyenlítési eljárásból származtatható közelítő kiegyenlítési eljárások

A II. szigorú kiegyenlítési eljárás a Δy_i , Δx_i koordinátakülönbségek $d\Delta y_i$, $d\Delta x_i$ javítására a (21) képletet eredményezte. Vezessük be a p_i irány-szöghibatényezőt a (20) szerint és az

$$r_i = \frac{\Delta q_i}{t_i^2} \gamma_i \quad (77)$$

véletlen hosszhibatényezőt. Ekkor a (21)-ből

$$d\Delta y_i = k(p_i \Delta x_i + r_i \Delta y_i) + e\Delta y_i$$

$$d\Delta x_i = k(-p_i \Delta y_i + r_i \Delta x_i) + e\Delta x_i.$$

Összegezve ezeket az egyenleteket valamennyi koordinátakülönbségjavításra és bevezetve még az

$$\left. \begin{aligned} L_i &= p_i \Delta x_i + r_i \Delta y_i \\ M_i &= p_i \Delta y_i + r_i \Delta x_i \end{aligned} \right\} \quad (78)$$

jelöléseket,

$$\begin{aligned} f_y &= k[L] + e[\Delta y] \\ f_x &= k[M] + e[\Delta x], \end{aligned}$$

honnan

$$\left. \begin{aligned} k &= \frac{1}{N} (f_y[\Delta x] - f_x[\Delta y]) \\ e &= \frac{1}{N} (f_x[L] - f_y[M]) \\ N &= [L][\Delta x] - [M][\Delta y] \end{aligned} \right\} \quad (79)$$

és a koordinátakülönbségek javításai

$$\left. \begin{aligned} d\Delta y_i &= kL_i + e\Delta y_i \\ d\Delta x_i &= kM_i + e\Delta x_i \end{aligned} \right\} \quad (80)$$

A (79) és (80) alkalmazása a II. szigorú eljárásnak megfelelő szigorú kiegyenlítést jelent. Az eljárás egyszerűsíthető, ha

a) csak a véletlen szöghibákat és a lineáris hosszhibát ([6], 108. o.), avagy, ha

b) csak a véletlen hosszhibákat és a lineáris hosszhibát vesszük figyelembe ([6], 107. o.).

Az a) esetben $r_i = 0$. Ekkor (78)-ből

$$L_i = p_i \Delta x_i, \quad M_i = -p_i \Delta y_i$$

és (79)-ből

$$k = \frac{1}{N} (f_y[\Delta x] - f_x[\Delta y])$$

$$e = \frac{1}{N} (f_x[p\Delta x] + f_y[p\Delta y])$$

$$N = [p\Delta x][\Delta x] + [p\Delta y][\Delta y],$$

amelyek azonosak a III. közelítő kiegyenlítési eljárás képleteivel.

A b) esetben $p_i = 0$ és (78)-ből

$$L_i = r_i \Delta y_i, \quad M_i = r_i \Delta x_i.$$

Ekkor a (79)-ből

$$k = \frac{1}{N} (f_y[\Delta x] - f_x[\Delta x])$$

$$e = \frac{1}{N} (f_x[r\Delta y] - f_y[r\Delta x])$$

$$N = [r\Delta y][\Delta x] - [r\Delta x][\Delta y]$$

$$r = \frac{\Delta q_i}{t_i^2} \gamma_i$$

(81)

Ha az r_i véletlen hosszhibatényezőben levő γ_i reciprok súlyt (9) szerint, a különböző hosszmérési eljárásoknak megfelelően vesszük fel, akkor

$$\gamma_i = \begin{cases} \frac{\Delta q_i}{t_i} & \text{mechanikai hossz mérésnél,} \\ \Delta q_i & \text{optikai hossz mérésnél, állandó parall. szög esetén,} \\ \Delta q_i t_i^2 & \text{optikai hossz mérésnél, bázisléccel,} \\ \Delta q_i t_i & \text{optikai hossz mérésnél, segéd bázissal,} \\ \frac{\Delta q_i}{t_i^2} & \text{elektromos hossz mérésnél.} \end{cases}$$

Mint látható, a (81) képletek mechanikai hossz mérés esetén pontosan megfelelnek az egyszerűen levezetett IV. közelítő kiegyenlítési eljárásnak, amely a II. szigorú eljárás ismertetése során mondottak szerint a véletlen hibák jelentős részét bevonja a fiktív lineáris hossz hibába.

4.3.1. A kétszer csatlakozó, kétszer tájékozott sokszög vonal szigorú kiegyenlítési eljárásainak összehasonlító értékelése.

A sokszögelésnél általában nem ismerjük, hogy a záróhibák mely mértékben származnak a véletlen mérési hibákból, a szabályos hossz hibákból és a kerethibából. Nem ismerjük továbbá, hogy a szabályos hossz hibák milyen hányada lineáris és milyen hányada nem lineáris. A kerethiba egy része véletlen jellegű. E körülmények mérlegelésének eredménye, hogy az I. szigorú kiegyenlítési eljárás megbízhatóbb eredményeket szolgáltat, mint a II. szigorú eljárás.

Az I. kiegyenlítési eljárás pontosságának fokozása végett kívánatos a lineáris hossz hibát a lehetőséghez képest (műszer komparálással, az átlagos szintmagasság miatt szükséges hossz redukcióval, a — nem hosszú sokszög vonalnál — esetleg minden irányban azonos léptékű hálózati torzulás miatt szükséges hossz torzulási tényező alkalmazásával) előre kiküszöbölni.

Ha ugyanazon a területen, ugyanolyan körülmények között, azonos műszerrel és észlelővel több sokszögmenetet mértünk, sokszor célszerű az egység-hosszra eső lineáris szabályos hossz hiba legvalószínűbb értékét a III. szigorú eljárás szerint több sokszögmenetből meghatározni, s a kapott lineáris hossz hibajavítással az oldalhosszakat a szigorú kiegyenlítés elvégzése előtt megjavítani.

Ha jelentékeny kerethibával is kell számolni, általában az igen hosszú sokszög vonal (elektromos hossz mérő- és nagy pontosságú szögmérő műszerrel végzett) elsőrendű mérésénél, az alapfelületre való vetítés nem lineáris torzító hatását, a vetítő síkra való vetítés nem lineáris torzító hatását és esetleg a lokális véletlen kerethibát is figyelembe kell venni.

Kétségtelen, hogy a szigorú kiegyenlítés nagyobb számítási munkát kíván, mint a közelítő kiegyenlítés. A ráfordítandó számítási munkamennyiség gazdaságosságának megítélésénél azonban figyelembe kell venni az alábbiakat:

a) Hosszú sokszögvonalak szabatos mérésénél a sokszögelés előkészítő és mérési munkaidőszükséglete is jelentékenyen megnövekszik a rövid sokszögvonalak előkészítő és mérési munkaidőszükségletéhez képest, s így a szigorú kiegyenlítés nagyobb számítási ideje összhangban van a megnövekedett terepmunka idejével.

b) A korszerű elektromos kézi számológépek elterjedtsége és mind általánosabb használata lényegesen csökkenti a szigorú kiegyenlítés időszükségletét (10—12 töréspontból álló sokszögvonala szigorú kiegyenlítéséhez gyakorlatilag számító munkaerő 5—6 munkaórája elegendő). Valószínű, hogy nem nagyon távoli jövőben a geodéziai számítási munkák egyes geodéziai számítópontokban felállításra kerülő programvezérlésű elektronikus számítógépeken kerülnek majd elvégzésre. A szigorú kiegyenlítés számításának időszükséglete így még lényegesen kisebbre fog csökkenni.

c) A IV. rendű, de még inkább a magasabbrendű háromszögelés pótlására vagy kiegészítésére szolgáló hosszú sokszögvonalat éppen rendelkezésük miatt nagy pontosságú műszerek használatával a legpontosabb eljárással indokolt kiegyenlíteni.

4.3.2. A kétszer csatlakozó, kétszer tájékozott sokszögvonala közelítő kiegyenlítési eljárásainak összehasonlító értékelése

Az előző 4.3.1. pontban mondottak ellenére a közelítő kiegyenlítésnek továbbra is nagy jelentősége marad, mert a részletpontok meghatározására szolgáló tömeges rövid sokszögvonalat elegendő közelítő eljárással kiegyenlíteni. Ha az ismertett közelítő kiegyenlítési eljárásokat vetjük egymással egybe, az alábbiakat kell megállapítanunk:

a) A II—IV. közelítő eljárások lineáris szabályos hosszhibát vesznek alapul, és ebbe illesztik be a véletlen szög- és hossz mérési hibák hatásának jelentős részét, valamint a véletlen kerethibát. Ezzel bizonyos fokig károsan eltorzítják az íveltebb sokszögvonala.

b) Az előbbi bekezdésben mondott deformáló hatás a II. és III. közelítő eljárásnál annál jobban érvényesül, mennél íveltebb a sokszögvonala. Nyújtott vagy közel nyújtott sokszögvonalnál megfelel mind a II., mind a III. közelítő eljárás. Az utóbbi szabatosabb.

c) A IV. közelítő eljárás használatánál a sokszögvonala káros deformációja az előbbi b) pontban mondottakkal ellentétben annál kisebb, mennél íveltebb a sokszögvonala. Nyújtott vagy laposan ívelt sokszögvonalnál ez az eljárás egészen rossz eredményt ad.

d) Az I. és a szabatosabb V. közelítő eljárás követi az I. szigorú kiegyenlítési eljárásnak megfelelően a legkisebb javításokra való törekvést és nem tételeznek fel lineáris szabályos hosszhibát. E két eljárás alkalmazásakor nincs korlátozás a sokszögvonala íveltségének foka miatt.

e) Az I. közelítő eljárásnál kifelé torzulást okoz az, hogy nem a mért törésszögek, hanem az irányszögek javításán alapul. Két azonos irányszögű

sokszögoldal irányszöge azonos javítást kap ennél az eljárásnál akkor is, ha közülük az egyik a kezdőpont vagy a zárópont közelében van, avagy közvetlenül ezekhez csatlakozik és a másik a sokszögvonallal közepén helyezkedik el.

f) Az V. közelítő eljárás olyan nagyságú törésszögjavításokat és hosszjavításokat alkalmaz, amelyek kb. arányban állanak az egyes javításoknak a zárópont valódi hibája, vagyis a hosszzáróhiba irányában kifejtett hatásukkal.

4.3.3. Javaslat a sokszögvonallal kiegyenlítési eljárásának kiválasztására.

Az előbbi 4.3.1. és 4.3.2. pontokban végzett értékelés és mérlegelés alapján célszerűnek látszik a sokszögelés kiegyenlítési módszerének kiválasztásánál az alábbi szempontokat figyelembe venni:

A) A rövid, nem nagy pontossági igényű sokszögvonallal (pl. $H < 1$ km) használható továbbra is a legegyszerűbb I. közelítő eljárás, a záróhibák nagyságától és a sokszögvonallal íveltségi fokától függetlenül.

B) Közepes pontossági igényű, közepes hosszúságú (pl. $H = 1—5$ km) sokszögvonallal, ha a sokszögvonallal nyújtott vagy közel nyújtott, vagyis ha a sokszögoldal $T = [t]$ összege legfeljebb 10%-kal nagyobb a záróoldal H hosszánál, használjuk a III. közelítő eljárást, mégpedig közel egyenlő oldalhosszak esetén a (62) irányszöghibatényezővel, egymástól lényegesen eltérő oldalhosszak esetén a szabatosabb (65) irányszöghibatényezővel. Ha a sokszögvonallal nem nyújtott, vagyis $T > 1,1 H$, akkor használjuk az V. közelítő eljárást.

C) Nagy pontossági igényű és hosszú (pl. $H = 5—25$ km) sokszögvonallal indokolt és szükséges az I. szigorú eljárás szerint kiegyenlíteni, a lehetőséghez képest a lineáris szabályos hosszhibák előzetes lefejtésével, pl. a III. szigorú eljárás szerint vagy a megfogható lineáris hosszhibák előzetes kiszámításával.

D) Igen hosszú (pl. $H > 25$ km) sokszögvonallal (elektromos hossz-méréssel és a legpontosabb szögmérőműszerrel végzett) elsőrendű mérésénél mindenképpen szükséges a vetítési torzulásokat figyelembe venni pl. a IV. szigorú kiegyenlítési eljárás szerint.

Ezzel a javaslattal egyben választ is adtunk a Bevezető $a—c$) pontjaiban felsorolt kérdésekre is.

Hely hiánya miatt nem egészíthettem ki beszámolómat konkrét sokszögelési példákra végzett gyakorlati számítások eredményének közlésével. Ezt a hiányt pótolni kívánom majd a közlemény később kiadásra kerülő II. részében, amelyben egyébként a közvetlen irányszögméréssel végzett, kétszer csatlakozó sokszögelés, továbbá a kétszer csatlakozó, de csak egyszer tájékozott sokszögvonallal, végül a beillesztett sokszögvonallal optimális kiegyenlítése tárgyában végzett vizsgálataimról fogok beszámolni.

IRODALOM

1. GERLING, CHR. L.: Die Ausgleichsrechnungen der praktischen Geometrie oder die Methode der kleinsten Quadrate mit ihren Anwendungen für geodätische Aufgaben, Hamburg und Gotha, 1843.
2. VORLAENDER, J. J.: Ausgleichung der Fehler polygonometrischer Messungen, Leipzig, 1858.
3. GAUSS, F. G.: Die trigonometrischen und polygonometrischen Rechnungen in der Feldmesskunst, 4. Aufl. Stuttgart, 1922.
4. HELMERT, F. R.: Die Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 3. Aufl., Leipzig—Berlin, 1924.
5. EGGERT, O.: Die Ausgleichung von Polygonzügen nach der Methode der kleinsten Quadrate, *Zeitschrift für Vermessungswesen* 57 (1928).
6. FÖRSTNER, G.: Ausgleichung von Polygonzügen, *Zeitschrift für Vermessungswesen* 62 (1933).
7. FÖRSTNER G., GRUBER, O.: Optische Streckenmessung und Polygonierung, II. Aufl. 1955.
8. SCHUMANN, R.: Vektor-analitischer Ausgleich geschlossener geodätischer Figuren in der Ebene, *Deutsche Zeitschrift f. Vermessungswesen*, Heft 20, 21, 23., 1926.
9. SCHUMANN, R.: Über vektorischen Ausgleich geschlossener geodätischer Figuren in der Ebene im Falle beliebiger Gewichte für Strecken und Richtungen, *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien*, Mathem.-naturw. Klasse, Abteilung II. a, 136 (1927).
10. ULBRICH, K. és SÉBOR, J.: Kettősen tájékozott sokszögvonalak kiegyenlítése vektor-analitikus számításokkal, *Erdészeti Közlemények*, Budapest, 29 (1921).
11. NITTINGER, J.: Ausgleichung polygonaler Züge, Diss., Sonderheft 15. zu den *Mitt. d. Reichsamts für Landesaufnahme*, (1937).
12. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Über die Ausgleichung der Einrechnungszüge, *Bányamérnöki és Kohómérnöki Osztály Közleményei*, Sopron, (1932).
13. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Die durch den Einrechnungszug erzielbare Orientierungsgenauigkeit, *Bányamérnöki és Kohómérnöki Osztály Közleményei*, Sopron, (1935).
14. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Eine weitere Methode zur strengen Ausgleichung der Einrechnungszüge, *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte*, Wien, (1949).
15. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Zur Fehlertheorie der offenen Polygonzüge, *Bánya és Kohómérnöki Osztály Közleményei*, (1934).
16. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Kényszerközpontosítás egy szabatos megoldása, *Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztály Közleményei*, V. kötet, Budapest, (1952).
17. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Kiegyenlítő számítás, Műszaki Egyetemi előadások, 1950.
18. ZAMBÓ, J.: A beillesztett sokszög vonal koordinátaközéppontja és legkedvezőbb súlyelosztása, *Geodéziai Közöny*, 1947. és 1948. évf. Budapest.
19. MÁJAY, P.: Győr sokszögelése, *Földmérés-tani Közlemények*, Budapest, (1950).
20. SCHEIN-PAVLOV, *Gorodoszkaja poligonometria*. Moszkva, (1952).
21. ZELCSÉNYI, G.: Háromszögelést pótló hosszú sokszög vonalak számítása fiktív vonalak alapján, *Geodézia és Kartográfia* 1. külön szám, (1961).
22. HARTNICK, D.: Rationelles Rechnen bei näherungsweise Ausgleichung von Einrechnungszügen mit genäherter Anfangsrichtung, *Vermessungstechnik*, (1960).
23. HAZAY, J.: Geodéziai Kézikönyv II. kötet, Budapest, 1956.
24. Mitteilungen des Reichsamts für Landesaufnahme 1940.
25. HAZAY, J.: Geodéziai Kézikönyv I. kötet, Budapest, 1956.
26. JORDAN-EGGERT: Handbuch der Vermessungskunde II. kötet, 10. kiad. 1950.
27. HOFFMAN, O.: Streckenmessung mit Basislatte, Zeiss-Vermessungskursus Kompendium, 1954.
28. JORDAN-EGGERT: Handbuch der Vermessungskunde I. kötet 8. kiadás, 1935.

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány I. része összehasonlítólag értékelte a kétszer csatlakozó, kétszer tájékozott sokszög vonal ismert szigorú kiegyenlítési módszereit és ezeket kiterjesztette az optikai távmérés használt eljárásaira és az elektromos távmérésre.

Ismertette a háromszögelés kiegészítésére szolgáló hosszú, illetőleg igen hosszú, elektromos hossz mérés segítségével végzett sokszögelésnél felmerülő különleges szempontokat. Módszert mutatott be ezeknek a szigorú kiegyenlítésnél való figyelembevételére.

Összehasonlítólág értékelte a leghasználatosabb közelítő kiegyenlítő eljárásokat, és feltárta ezek használhatóságának előfeltételeit. Bemutatott olyan új közelítő kiegyenlítési módszert, mely általánosan, a sokszögvonala alakjától függetlenül, használható.

A szigorú és közelítő módszerek együttes értékelése alapján javaslatot tett arra, hogy a sokszögvonala hosszától és a sokszögelés rendeltetésétől függően melyik kiegyenlítési eljárás alkalmazása volna célszerű.

KÖNYVSZEMLE

Dr. Palotás László

ÉPÍTŐANYAGOK, II. kötet. A természetes kövek, a kötőanyagok, a beton, a habarcs, a mesterséges kövek, a kerámiai építőanyagok, a könnyű építőanyagok, a könnyűbeton, a bitumen, a műanyagok, az üveg, a festék.

Akadémiai Kiadó, Budapest, 1961. 718 oldal, 271 ábra, 2 színes melléklet, 156 táblázat.

Dr. Palotás László könyvének jelen második kötete 12 fejezetre oszlik.

„*A természetes kövek*” című fejezet (szerzője PALOTÁS László) az építőkövek osztályozását, fizikai és szilárdsági tulajdonságait ismerteti. Itt igen tanulságosak azok a diagramok, melyek a nedvességtartalomnak, valamint a nyomólap és próbatest közé helyezett súrlódás-csökkentő rétegeknek, a kő felületi megmunkálásának és a terhelésmódnak a próbatest szilárdságára gyakorolt hatását mutatják be.

„*A kötőanyagok*” című fejezet (szerzője PALOTÁS László) részletesen tárgyalja a mészi gipsz, magnézia, valamint a különféle hidraulikus pótlékok és cementek fizikai és szilárdsági tulajdonságait. E fejezetben különleges érdeklődésre tarthatnak igényt a hazai kötőanyagokra vonatkozó adatok, valamint a különféle cementek alkalmazási lehetőségére vonatkozó megállapítások.

„*A beton*” című fejezet (szerzője: PALOTÁS László) a könyv legterjedelmesebb része. Ez a beton anyagaival és azok jellemző tulajdonságaival, a beton tulajdonságait befolyásoló tényezőkkel, a különleges betonozási eljárásokkal, valamint a beton keverési arányának tervszerű megállapításával foglalkozik. Ezt a tárgykört PALOTÁS László már korábbi tanulmányaiban is feldolgozta, jelen kötetben azonban ugyanezt lényegesen kibővítve tárgyalja. Különös érdekességet biztosít a bemutatott anyagnak a Műegyetem Beton- és Vasbeton-építési Laboratóriumában végzett számos kísérletről szóló beszámoló. Ez egyrészt a vizsgált kérdések tudományos és gyakorlati jelentősége folytán bír érdekességgel, másrészt azért, mert a szóban forgó kísérleteket a gyakorlat szempontjából fontos hazai építőanyagainkkal végezték. Külön is fel kell hívni a figyelmet a beton szilárdsági jellemzőinek összefüggésével és a beton törési feltételeivel foglalkozó részre, mely ezt a sokat vitatott kérdést újszerű megvilágításban igen részletesen tárgyalja.

„*A habarcs*” című fejezet (szerzője: KUNSZT György) és „*A mesterséges kövek*” című fejezet (szerzője: BRETZ Gyula) a különféle habarcsok, a cementbetonok, a mészzilikátok (mészhomok) és magneziaibetonok készítését, valamint azok építéstechnikai tulajdonságait ismerteti.

„*A kerámiai építőanyagok*” című fejezet (szerzője: ALBERT János) a téglák, a cserép-, samott-, szilika-, terrakotta-, fajansz-, kötőanyag- és porcelángyártmányok készítését, alkalmazását és főbb fizikai tulajdonságait tárgyalja. Kifogásolható, hogy e fejezet nem terjed ki a téglafalazatok szilárdságtani viselkedésének részletes ismertetésére, holott e kérdés tárgyalása a magas- és mélyépítő gyakorlat részéről igen komoly érdeklődésre tarthatott volna számot.

„*A könnyű építőanyagok*” című fejezet (szerzője: ALBERT János) és „*A könnyűbeton*” című fejezet (szerzője: RUDNAI Gyula) ezen anyagok építéstechnikai tulajdonságait az építőgyakorlat igényeinek helyes érzékelésével ismerteti.

Értekesen egészítik ki a könyvet „*A bitumen, a kátrány és a szigetelő anyagok*” (szerzője: CSÁCOLY József), „*A műanyagok*” (szerzője: GÉCZY István), „*Az üveg*” (szerzője: LŐCSEI Béla) és „*A festékek*” (szerzője: BRETZ Gyula) című fejezetek is. Ezek az építőgyakorlat szempontjából fontos, oly kérdéseket tárgyalnak, melyek eddig az építés problémáival foglalkozó szakkönyvekben és folyóiratokban egyáltalán nem, vagy csak igen hézagosan kerültek ismeretetre.

Mint a fenti felsorolásból is megállapítható, PALOTÁS László és munkatársai e könyv megírásával igen széles körre kiterjedő, értékes és közhasznú tevékenységet fejtettek ki. Az elvégzett munka sokrétűségét igen szemléletesen bizonyítja az a tény, hogy a könyvben 380 magyar szabványra történik hivatkozás, az irodalmi utalások száma pedig 530. De mérhetővé teszi az elvégzett munka mennyiségét a könyv tárgymutatója is, mely 23 oldalra terjed ki.

Örömmel állapítható meg, hogy a könyv a tárgyalt anyagot korszerű szemléletben mutatja be, tárgyalásmódja pedig tudományosan rendszerező. Az olvasó széleskörű bepillantást nyer az építőanyagtani kutatás különféle aktuális problémáiba, de ugyanakkor útmutatást talál az anyagot ismeretek építéstechnikai hasznosítását illetően is. Ezért a könyv tanulmányozása nemcsak az anyagtani kutatásokkal foglalkozók részére nyújt segítséget, de értékes tanácsadó az építőipar különféle területein dolgozók részére is.

Meg kell említenem, hogy PALOTÁS László könyve — MÖLLER Károly ez irányú kezdeményezését nem tekintve — az első magyar szakkönyv, mely az építőanyagok egész körét korszerű szemlélettel tudományos rendszerbe foglalva tárgyalja. De nemigen található az építőipar igényeit szem előtt tartó hasonló jellegű szakkönyv a külföldi irodalomban sem, miért is javasolható, hogy az Akadémiai Kiadó PALOTÁS László könyvét idegen nyelven is megjelentesse. Az idegen nyelvű kiadásban mellőzni kellene a magyar szabványokra és szabályzatokra való utalásokat, az I. kötetben tárgyaltakat pedig a II. kötetben tárgyaltak arányában kissé szűkebb terjedelemben kellene közölni.

Dr. Csonka Pál

Dr.-Ing, Dr. sc. techn. A. Major

BERECHNUNG UND PLANUNG VON MASCHINEN- UND TURBINENFUNDAMENTEN (Gép- és turbinaalapok számítása és tervezése).

Akadémiai Kiadó, Budapest — Verlag für Bauwesen, Berlin, 1961. 852 oldal, 516 ábra, 78 táblázat.

A nagyarányú ipari fejlődés mellett a korszerű gépek tömegének és hatásfokának állandó emelkedése az ipari építés területén előtérbe hozta a dinamikus hatások vizsgálatának fokozott fontosságát. A mérnöki tudomány egyik legérdekesebb, de egyben legbonyolultabb ága az építési dinamika. Ennek ellenére ezen a területen, külföldi viszonylatban is, csak igen kevés számú irodalom állt az elmélet és gyakorlat rendelkezésére. Ennek oka részben abban keresendő, hogy a téma tárgyalásánál számos egymástól eltérő szakág, az elméleti rezgés, a dinamika, az épületszerkezet, a géptan és a talajmechanika beható ismerete szükséges.

MAJOR Sándor munkájában nemzetközi viszonylatban is először tárgyalja a témát komplex módon, átfogó jelleggel. Így érthető, hogy ez a német nyelven megjelent mű nagy érdeklődésre tarthat számot. A könyv a gépalapok tárgyalásán kívül a mérnöki gyakorlat egyéb területein fellépő dinamikai erőhatások vizsgálatára is kiterjed, és így az építési dinamika elméletével és gyakorlatával teljes egészében és részleteiben foglalkozik.

Az első két rész a későbbiekben ismertetett gyakorlati számítások megértésének az előkészítésére, az elméleti mechanikai rezgés, az alapjait ismerteti. Ide tartoznak a koncentrált tömegek rezgéselmélete, homogén rendszerek, gerendák és lemezek vizsgálata, és komplikált, összetett feladatok egyszerűsített modellekre visszavezetett rendszereinek tárgyalása. A talaj elasztikus és dinamikus tulajdonságai a legújabb elméleti és kísérleti eredmények értékelésével is itt kerülnek tárgyalásra, figyelembe véve a korszerű rezgéskeltő és rezgésvizsgáló műszerek részletes ismertetését.

A könyv súlypontját a következő harmadik rész alkotja, amelyben a gépek és gépalapok szerkezeti típusai, a számítások elméleti alapjai, a szerkesztési irányelvek és a gyakorlat számára célszerűen kidolgozott számítási menet kerülnek részletes tárgyalás alá. Külön tárgyalja itt a szerző az ütés hatású gépek, a forgattyúkaros gépek és a nagy fordulatszámú gépek alapozásait, különös tekintettel a turbinaalaposásra. Ezt követi a hengorosok, zúzógépek és egyéb gépi berendezések tárgyalása, beleértve a földemre helyezett gépek alapjainak a vizsgálatát is. Külön fejezet foglalkozik ebben a részben a gépalapok szerkezeti kiképzésével és kivitelezésével, beleértve a korszerű feszített beton és előregyártott alapokat is.

A negyedik rész a rezgésállapítás módszereivel, a statikus és dinamikus kiegyensúlyozással, a dinamikus és elasztikus rezgésállapítókkal és az elasztikus tengelykapcsolókkal foglalkozik, s részletesen kitér a rezgészigetelő gumirugók tárgyalására.

A könyv főtémáját kiegészítve az ötödik részben vizsgálja a szerző az épületszerkezetek és a közlekedés (a hidak, a darupályák, a repülés stb.) területén keletkező dinamikai hatásokat is, kitérve az emberi szervezetre kiható és a gépek környezetét érintő rezgés hatásokra, azok kiküszöbölésének módszereire.

A hatodik rész a hidraulika területén, gátaknál, nyomáslebegéseknél és úszó műtárgyaknál mutatkozó dinamikai erőhatásokat tárgyalja.

A hetedik rész az elméletnek és a gyakorlati számításoknak alkalmazására részletes és minden jelentékeny gépfajta alapozására kiterjedő számítási példákat tartalmaz.

Az elméleti részt meggyőző és szemléltető kísérletek leírásai támasztják alá. A szerző az olvasót világos, érthető stílusban, fokozatos okfejtéssel vezeti a problémák megoldása felé. Könyvébe a szerző saját kutatási eredményeit és bőséges gyakorlati tapasztalatait is bedolgozta. Különösen kiemelendők a tömbalapozású gépek szemléltető számítási módszerei és a turbinaalapok számítására bevezetett kombinált számítási eljárás. Figyelemre méltó a szerző olyan irányú törekvése, hogy tárgyalási módjánál a dinamikus erőhatásokat az elméleti dinamika tükrében tárgyalja, és igyekszik fokozatosan mellőzni a sokszor félrevezető jellegű statikai analógiákat. Evvel jelentékenyen hozzájárul a helyes dinamikai gondolkodásmód kívánatos elterjedéséhez. Külön értéke még a könyvnek, hogy a szerző a külföldi anyag feldolgozásánál (nemzetközi viszonylatban is) először vetette össze kritikai szemlélettel a Kelet és Nyugat legújabb tudományos eredményeit.

A könyvből a gyakorlatban dolgozó mérnök bőséges és jelentékeny új anyagot kap munkájához, és a tudományos kutató — külföldi viszonylatban is — számos új anyagot és ösztönzést nyer a könyvből további kutatásaihoz. A könyvet nemcsak a gépalapozással foglalkozó mérnökök, de az építés más területein dolgozók és a gépészmérnökök is eredménnyel használhatják, a sokoldali téma átfogó tárgyalása számos őket is érdeklő problémát világít meg.

A mind elméleti, mind gyakorlati szempontból hézagpótló könyv — amelynek értékét széleskörű külföldi visszhang jelzi — gondos kidolgozásban, érdekes ábra-, szemléltető fénykép- és táblázatanyagával rendkívül értékes munkával gazdagítja a nemzetközi műszaki irodalmat.

Dr. Barta József

Dr. Széchy Károly

ALAGÚTÉPÍTÉSTAN

Egyetemi tankönyv. Tankönyvkiadó, Budapest, 1961. 671 oldal, 546 ábra.

Dr. Széchy Károly „Alagútépítéstan” című munkája — miként azt a szerző előszavában említi — nemcsak a mérnökhallgatók számára készült, hanem az alagútépítéssel foglalkozó mérnökök részére is, akik a kor szírvonalán álló legfontosabb anyagot és egyúttal bőséges irodalmi utalást találnak az alagútépítés körébe vágó kérdéseik megoldásához.

A könyv megjelenésére régóta vár a mérnöktársadalom. Ugyanis a „Válogatott fejezetek a föld alatti vasútépítés és a bányászati mélyépítés köréből” c. könyv megjelenése óta csupán néhány részletkérdésről jelent meg Mérnöki Továbbképző kiadvány és a Mérnöki Kézikönyv II. kötete csupán a kézikönyv lehetőségei adta szűk terjedelemben foglalkozott az alagútépítéssel.

Az „Alagútépítéstan” c. könyv nemcsak a közlekedési alagutak, hanem — a mai fejlett technika mellett — más területen is, úgymint a bányászati mélyépítés, különleges ipari és életvédelmi, valamint közmű és föld alatti tároló létesítmények tervezésénél és kivitelezésénél nélkülözhetetlen. Ezért helyes a szerző felfogása, mely szerint az alagútépítéstan tárgykörben mindazon föld alá épített szerkezeteket tárgyalja, amelyek közlekedési, szállítási, ill. tárolási célokat szolgálva, különleges föld alatti, ún. alagútépítési módszerekkel, a felszín megbolygatása nélkül készülnek.

A könyv fontosságát emeli az a körülmény, hogy a magasépítési, híd- és vízépítési, valamint alapozási munkálatok tervezéséhez, méretezéséhez szükséges igen bő szabvány- és szabályzat-anyag mellett, e könyv tárgykörében szereplő különleges mélyépítési munkákra sem szabvány, sem szabályzat nem áll rendelkezésre. A könyv a terhelések felvétele, valamint a méretezés terén is bő anyagot ad, és e téren segítséget nyújt az említett hiányok pótlására.

A tárgyalat anyag felépítése logikus, kidolgozása arányos. Szerző a méretezési, tervezési, szerkezeti és kiviteli, illetve üzembehartási kérdéseket egyforma súllyal tárgyalja. A bevezetőben az alagutak osztályozását a kor igényeinek megfelelően adja meg. Az „Előmunkálatok és általános tervezési szempontok” c. fejezetben súlyt helyez a gazdasági kérdésekre. Részletesen tárgyalja az alagútépítés mérnökgeológiai vonatkozásait. A könyv egyik legfontosabb fejezete a föld alatti építményekre és alagutakra ható terhelések megállapításával foglalkozik. Ez az „Alagútszelvények méretezése és tervezése” című fejezettel együtt különösen az e téren hiányzó szabályzatok miatt is igen jelentős. Szerencsésen egyesíti az elméleti megoldások és gyakorlati eredmények tárgyalását, választ adva a legkülönbözőbb terhelésű és szerkezeti kialakítású létesítmény méretezési és szerkezeti kérdéseire. E helyütt említendő, hogy a 4. fejezet egyes méretezési eljárásainak feldolgozásában FAZEKAS György főmérnök működött közre. Az 5. fejezetet pedig — mely az alagutak kitűzési eljárásait ismerteti — dr. VINCZE Vilmos főmérnök írta.

Amellett, hogy a könyv szerzője azokra az olvasókra is tekintettel volt, akik tudományos munkájuk során kívánják a könyvet használni, a mű széleskörű gyakorlati és építési tapasztalatot is közreadva, az egyetemi oktatást jól szolgálja. Szerző a kiviteli eljárásokat és szerkezeteket bőséges ábraanyaggal teszi jól érthetővé.

Dr. Széchy Károly professzor ismertett könyvében saját tudományos működésének gazdag eredményeit és igen bő hazai és külföldi tapasztalatait adja közre. A magas, tudományos színvonalú könyv az anyagot áttekinthetően, jól érthető módon és modern formában ismerteti. A különleges tárgykörnek megfelelő bőséges és igen jó ábraanyag, és a nagy számban közölt számpélda teszi a könyvet jól érthetővé és teljessé.

Külön említendő a könyv gondos, ízléses és nyomdatechnikailag szép kiállítása.

Összefoglalva megállapítható, hogy az „Alagútépítéstan” c. könyv az egyetemi tankönyv szerepén túlmenően a tárgykörben dolgozó gyakorló és kutató mérnökök számára régóta várt, hézagpótló, sőt alapvető mű, melyet a szakterületen működők bizonyára kitűnően fognak használni.

Dr. Kovácsházy Frigyes

Terplán Sándor

GÉPJÁRMŰVIZSGÁLATOK

Tankönyvkiadó, Budapest, 1961. 407 oldal, 426 ábra.

A műszaki főiskolák hallgatói kétségkívül örömmel fogadják TERPLÁN Sándor, a Budapesti Műszaki Egyetem docense „Gépjárművizsgálatok” c. könyvének megjelenését, amely gondosan összeválogatott és kitűnően megfogalmazott tananyagot ad a tanulók kezébe. A könyv azokat az előadásokat öleli fel és rendszerezi, amelyek a Budapesti Műszaki Egyetem, valamint az Építési és Közlekedési Egyetemi előadássorozatába tartoznak.

Érdeklődést keltő a könyv bevezető része. Itt a szerző nagyon jó áttekintést ad a belsőégésű motorok fejlődésének történetéről. Megfelelően kiemeli a hazai eredményeket, valamint a neves magyar tudósok és feltalálók munkáit, helyesen világítja meg szerepüket és jelentőségüket a műszaki fejlődés terén. Ez különösen hasznos ifjú műszaki értelmiségünk számára.

A könyv három fő részre oszlik: 1. Motorvizsgálatok, 2. Járművizsgálatok, 3. Gépjármű anyagvizsgálatok.

A könyv rendszerzetten ismerteti azokat a kérdéseket, amelyek a motorok és gépkocsik, úgyszintén a gépkocsigyártáshoz használt anyagok vizsgálataira vonatkoznak.

A motorok vizsgálatával foglalkozó első rész különösen jól és részletesen van összeállítva. Terjedelmére nézve az egész könyvnek több mint a felét teszi ki és széleskörű áttekintést nyújt a motorok vizsgálati módszereiről, főképpen az e célra alkalmazott berendezések és műszerek szerkezetét, valamint működésük elvét világítja meg.

Az első rész fejezetei: I. Motorfékezések, II. Indikátordiagramok felvétele, III. Égéstérvizsgálatok, IV. A tüzelőanyagfogyasztás mérése, V. A levegőfogyasztás mérése, VI. Öblítésvizsgálatok, VII. Tüzelőanyag adagolók vizsgálata, VIII. Hőfokmérések, IX. Kipufogógáz analízis, X. Lengésmérések, XI. Repasszálás utáni vizsgálatok.

Ezen fejezetek kellő mélységben ismertetik a motorokban végbemenő folyamatokat, valamint egyes olyan paraméterek, pl. teljesítmény, forgatónyomaték, üzemanyagfogyasztás stb. meghatározásának módszereit, amelyek a motor kiértékeléséhez szükségesek és alapul szolgálnak annak megállapításához, hogy mennyire alkalmas és célszerű a különböző típusú motorok akár gépjárművekben, akár ipari célokra történő alkalmazása.

A szerző nem csupán az alkalmazott vizsgálati berendezések és műszerek konstrukcióját és működési elvét ismerteti, hanem részletesen foglalkozik a mérések módszereivel is. Ezenkívül megadja a számértékek kísérleti és analitikai meghatározásának, valamint a jelleggörbék elkészítésének módszerét. Legalaposabban az I. és II. fejezet tárgyalja ezeket a kérdéseket.

A könyv második része — „Járművizsgálatok” — magának a gépjárműnek és a gépjármű-futóműnek vizsgálati kérdéseit fejtegeti. A szerző ezen vizsgálatokkal kisebb terjedelemben foglalkozik, mint a motorok vizsgálatának kérdésével, ugyanakkor hangsúlyozza — nagyon helyesen —, hogy az egész gépjármű értékelésének szempontjából azok nem kisebb jelentőséggel bírnak.

Ez a rész tíz fejezetből áll: I. A hajtómű veszteségeinek meghatározása, II. Jármű fékpadok, III. Szélcsatorna kísérletek, IV. Országúti mérések, V. A fékberendezések vizsgálata, VI. A rugózás vizsgálata, VII. Kormányberendezések vizsgálata, VIII. A gépjármű úttartásának vizsgálata, IX. A jármű gazdaságosságának vizsgálata, X. A kényelmi berendezések vizsgálata.

Ebben a részben a könyv ismerteti az egyes szerkezetekkel és agregátokkal, így: a tengelykapcsolóval, sebességváltóval, kardántengelyekkel, differenciálművel stb. szemben támasztott követelményeket. Nem hagyja figyelmen kívül az olyan fontos problémát sem, mint a gépjármű gazdaságosságának értékelése, amelyet a szerző a második rész kilencedik fejezetében érint.

A könyv harmadik része — „Gépjármű anyagvizsgálatok” — tulajdonképpen zárórész. Itt a szerző tömören megvilágítja az üzemyanyagok és kenőolajok minőségi ellenőrzésének, valamint azok fő paraméterei — mint a fűtőérték, öngyulladás pont, viszkozitás, oktán- és cetánszámok stb. — megállapításának módszereit. A hatodik fejezet azon szerkezeti anyagokkal szemben támasztott követelményeket tartalmazza, amelyekből a gépjárművek egyes fontosabb részei, mint pl. a forgattyútengelyek, motorháztöntvények, dugattyúgyűrűk, szelepek és szeleprugók készülnek.

A könyv harmadik részében a szerző foglalkozik még a fémek és műanyagok vizsgálatának módszereivel, ismerteti a tenzometrikus röntgen- és radioizotóp-vizsgálatok elvét.

Figyelembe véve az első kiadás kis példányszámát és a könyv iránti nagy érdeklődést, kívánatos lenne a következő kiadásban a második, de különösen a harmadik rész kibővítése.

A könyv második részében helyénvaló lenne a hidraulikus erőátvitel: — hidraulikus tengelykapcsolók, hidromechanikus sebességváltók, a különböző agregátok meghajtására szolgáló berendezések — vizsgálatával foglalkozó témát bővebben tárgyalni. Ezek a gépkocsielemegek az utóbbi időben mind szélesebbkörű alkalmazást nyernek a gépjárművek szerkezetében, és így természetesen a kutatásokhoz megfelelő berendezéseket, műszereket és vizsgálati módszereket igényelnek.

Fentiekén kívül van még olyan terület, amellyel egyre többet kell foglalkozniuk mind a konstruktőröknek, mind a technológusoknak; és pedig a különböző pneumatikus, hidraulikus, elektromos és kombinált szervóberendezésekkel, amelyek a nagy teherbírású gépkocsik és autóbuszok konstrukcióinak elválaszthatatlan részévé váltak.

Mind nagyobb tért hódítanak a műanyagok is, amelyeket ma már széles körben alkalmaznak a gépjárműiparban a felépítmény, csapágy, fogaskerék, hengertömbök stb. gyártásában. Ezért a következő kiadásban megfelelő helyet kellene biztosítani a műanyagok vizsgálati módszereinek, valamint azok meghatározott célra történő felhasználási alkalmassága értékelésének.

Az ismertetett mű teljes egészében történő véleményezésekor hangsúlyozni kell, hogy műszaki egyetemi hallgatók számára ez a könyv nagyon jól összeállított, szemléltető tananyag, amely egyúttal mentes a matematikai túlterheléstől. A könyv kiválóan kapcsolja össze az analitikai és grafikai anyagot. Az illusztrációk, rajzok és táblázatok kivitelezése kitűnő. Ez a könyv javasolható a gépjárműipar mérnöki-műszaki dolgozói, úgyszintén laboratóriumok, szerkesztői és technológiai osztályok, valamint a gépjárművek üzemeltetésével és ellenőrzésével foglalkozó intézmények számára is.

Bíró Eugénia

Dr. Vörös Imre

GÉPELEMEK III.

(Fogaskerekek) Tankönyvkiadó, Budapest, 1961. 516 oldal, 384 ábra.

Vörös Imre Kossuth-díjas műszaki egyetemi tanár, Gépelemek III. c. könyve az 1958. évi második kiadás változatlanul hagyásával jelent meg. Hogy a III. kiadásra sor került, azt bizonyítja, hogy mennyire szükség volt a magyar szakirodalomban ilyen jellegű munkára. A könyv felöleli a különböző hazai és külföldi szakirodalomban található értékes anyagot, Vörös Imre több mint két évtizedes oktatói tevékenységének tapasztalatán és konstruktőri gyakorlatán keresztül megszűrve.

A Gépelemek III. (Fogaskerekek) könyv nagy terjedelmű anyagát a szerző 130 fejezetben tárgyalja.

Az 1—63. fejezetben a külső és belső fogazású homlokkerekek kerülnek tárgyalásra. Az alapfogalmak bevezetése után az evolvens fogazást tárgyalja részletesen. Ezzel kapcsolatosan ismerteti a profileltolások fogaskerék-kialakításokat. Az alapok gondos lerakása biztosítja, hogy ezek felhasználásával önállóan, jó működésű fogaskerekeket tudnak méretezni. A fogtön keletkező legnagyobb feszültség számítását, a helyi melegedés következtében mutatkozó berágódás kiküszöbölésére vonatkozó számításokat is részletesen ismerteti a szerző.

A 64—98. fejezetekben a ferde- és nyílfogazású homlokkerekeket tárgyalja. Ezen belül a 80. fejezet a csavarkerekek méretezésével, relatív mozgásával, valamint annak megmunkálásával, a 82—95. fejezet pedig a kúpkerékek geometriájával és méretezésével, üzemtechnológiai ismertetésével foglalkozik.

Az egyenes fogazások tárgyalása után a ferde és ívelt fogazású kúpkerékek, azok korrekciójának alapelve kerül tárgyalásra.

A hiperbolikus és hipoid kerékek készítésével 96—98. fejezet foglalkozik. A 99—106. fejezetek a fogaskerékpárok konstruktív kialakítását tartalmazzák. Fogaskerékszekrények, hajtóművek, bolygókerék szerkezetek leírását és konstrukcióját ismertetik. A 107—120-ig tartó fejezetek a csigakerék hajtóművek anyagát ismertetik. Részletesen tárgyalják a csigafelületek geometriáját és annak előállítási módját.

Külön jelentős a korrigált csigahajtások hatásfokának számítása és a melegegéssel szembeni méretezés tárgyalása. A csigakerék hajtóművek konstrukciós ábrákkal és részletes leírással kerültek ismertetésre a fogaskerékházak tárgyalásához hasonlóan.

A 120—130. fejezetek a fogaskerékek ellenőrzési módjait, eljárását foglalja össze. Így a fogvastagság mérése, többfogmérés, osztás, ütés, evolvensprofil ellenőrzés, tengelytáv stb. vizsgálata. A könyv anyagát végezetül az idevágó szakirodalom zárja le.

Az ismertetettek túlmenően a munkát különösen értékessé teszi a 384 ábra, a 44 táblázat és a számpéldák, melyek a konstruktőröknek nyújtanak nagy segítséget.

A könyv a teoretikus és geometriai elméleti ismertetésen kívül az előállítás és a gyártás szempontjait előnyösen egyesíti.

Sajnálatos, hogy a harmadik kiadásban a második kiadás kritikai értékelése nem kerülhetett feldolgozásra. Ezen túlmenően is helyes lett volna a könyvet az áttekinthetőség javítása miatt főfejezetekre bontani, név- és tárgymutatóval ellátni, valamint az irodalmat jelentősen bővíteni.

A könyv anyaga szervesen csatlakozik a Gépelemek I—II. kötetéhez, azonban annak célkitűzését, nevezetesen, hogy főképpen az egyetemi oktatás metodikáját kövesse, túllépi és sokkal szélesebb, elmélyültebb anyagot tartalmaz, mely a magyar szakemberek munkájához rendkívül nagy segítséget nyújt.

Dr. Dékány István

Dr. Bella Ede

FÉMEK HŐKEZELÉSE

Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1962. 240 oldal. 245 ábra.

A színesfémek gyártási eljárásának igen fontos része a fémek hőkezelése, amely az utóbbi évtizedben sokat fejlődött és számos új kutatási eredménnyel bővült. Szerző ezek felhasználásával és mintegy negyedszázados saját üzemi tapasztalatainak gazdag anyagára alapozva olyan szakkönyvet adott elsősorban a hőkezelő mérnökök, a technológusok, valamint a szakmai továbbképzés részére, amely a műszaki irodalomban elsőként összefoglalóan tárgyalja a színesfémek és a fémötvözetek hőkezelését.

A 240 oldal terjedelmű munka azonban nemcsak a szorosan vett hőkezelést tárgyalja, hanem azokat a mechanikai tulajdonságokban, szövetszerkezetben bekövetkező változásokat is, amelyek hőközlés hatására a nem egyensúlyi állapotban levő anyagokban keletkeznek.

Ennek megfelelőleg szerző a hőkezelés területét, a lágyító izzításra és a nemesítő hőkezelésre osztja fel. Az első csoportban a homogenizálással, feszültségtelenítéssel és a kilágyítással; a másodikban a nemesítéssel, valamint a kiválasztással és az átalakulás folyamataival foglalkozik. Külön érdeme a műnek, hogy a hőkezelés műveletét és jelenségeit nem elszigetelten, hanem a fém félgyártmányok gyártásának keretében tárgyalja. Így az egyes fémek és ötvözetek tárgyalásakor az olvasztás, öntés, valamint a képlékenyalakítás (meleg- és hideghengerlés, sajtolás, kovácsolás, húzás) műveletével is röviden foglalkozik, majd teljes áttekintést ad az eljárásokról, valamint a mechanikai tulajdonságok és a szövetszerkezet változásairól.

A könyv első, elméleti része röviden tárgyalja a képlékeny alakítás kísérő jelenségeit, majd a lágyulás és újrakristályosodás elméleti vonatkozásait. Foglalkozik a nemesítő hőkezelés (kiválasztásos keményedés és átalakulás) jelenségeivel és a nemesítő hőkezelés következtében létrejövő szövetátalakulásokkal. A jelenségek lefolyását a korszerű fémfizikai szemlélet alapján is bemutatja olyan részletességgel, ami a folyamatok megértését biztosítja, és ami az üzemi mérnök számára is szükséges és hasznos.

A második, a gyakorlati rész a nehézfémek és könnyűfémek hőkezelését tartalmazza. Foglalkozik a réz, a sárgaréz, ónbronzzal, alumíniumbronzzal, berilliumbronzzal, alpakka ötvözetekkel, nikkel és nikkel ötvözetekkel, az alumínium, az alakítható és az öntött alumínium ötvözetek hőkezelésével.

A könyv gazdag, színvonalas anyagát 143 ábra, 101 metallográfiai kép és számos táblázat teszi teljessé.

Dr. Kiss Ervin

Descartes

VÁLOGATOTT FILOZÓFIAI MŰVEK

Filozófiai Írók Tára. Új folyam. XX. kötet.

Akadémiai Kiadó, Budapest, 1961, 382 oldal.

Az Akadémiai Kiadó 1961-ben a fenti címen jelentette meg a francia felvilágosodás nagy úttörőjének három logikai-metodikai művét: 1. Szabályok az értelem vezetésére (Regulae ad directionem ingenii), 2. Értekezés a módszerről (Discours de la Méthode), 3. Az igazság kutatása (La Recherche de la Vérité). E műveket a könyv keletkezésük sorrendjében közli.

DESCARTES e három művéből az olvasó világos képet kap az újkori racionalista gondolkodás kezdetéről és egyben leglényegesebb alkotóelemeiről. DESCARTES — ellentétben az addig túlnyomórészt uralkodó felfogással — egyedüli tekintélynek az ész fogadja el. Ez a leglényegesebb lépés, amely eltávolítja az újkori racionalizmust a középkor tekintélyeitől és dogmáitól.

A lét és a tudat, az anyag és a szellem viszonyának kérdésében DESCARTES dualista, fizikájában azonban a materialista természettudomány nézetei uralkodnak. Mindhárom művéből azonnal megragadja az olvasót gondolatainak rendkívüli világossága. A matematika gondolkodásmódjának, közelebbről az aritmetikának és a geometriának igen nagy jelentőséget tulajdonít a kutatásban, ezek „sokkal biztosabbak a többi tudománynál”. A többi tudományban — DESCARTES szerint — csak a matematikai bizonyításokkal egyenértékű módszerek a biztosak. Történelmi jelentősége volt e megállapítások klasszikus megfogalmazásának és publikálásának a XVII. század első felében. Ebből fejlődik ki DESCARTES mechanisztikus felfogása, amely — ellentétben a skolasztikus spekulációnak akkor már időszzerűtlen szórászhasogató módszerével — nagy előrehaladást jelent a tudományos megismerésben. A skolasztikus filozófiát DESCARTES több helyütt elítéli és kirekeszti a szorosan vett tudományok köréből a korabeli humán tudományokból is. Ez korának nézőpontjából, azaz a tudomány akkori színvonalából érthető meg. Módszertanát, melyet tömören négy pontban foglalva közöl az *Értekezésben*, kitűnően tudja alkalmazni a matematikára és a természettudományokra, de igen nehezen lennének alkalmazhatók a kor szellemtudományaira. Itt a rendteremtés ideje még nem jött el. Érdemes azonban megjegyezni, hogy a DESCARTES-tal szembenálló skolasztikus logikai gondolkodásmód nem tűnik el egészen, egyes elemei — melyek a tudományos igazság megismerését célozzák — tovább hatnak és kb. kétszáz év múlva — indirekt módon — a matematika új fejezeteinek megnyitásához segítenek hozzá (halmazelmélet, matematikai logika stb.). Természetesen más alakban és most már a modern haladó tudomány szolgálatában.

DESCARTES gondolatai a ma emberének is sokat mondanak, akár tudományos kutatásról, akár csak a tudományok eredményeinek megértéséről van szó. A problémák világos áttekintéséhez, a megoldási módszerek kiválasztásához és helyes alkalmazásához értékes útmutatásokat tartalmaznak. De nemcsak a gyakorlatilag is hasznos tanításai értékesek, hanem világos okfejtései és előadásmódjának elevensége még ma is intellektuális élményt nyújt az olvasónak. Ez utóbbihoz lényegesen hozzájárul SZEMERE Samu kitűnő fordítása, amely egyben a magyar filozófiai nyelv fejlődésének jelentős állomása is. A kötet szerkesztőjének, NÁDOR Györgynek beható forrástanulmányokon alapuló jegyzetei és kiegészítő magyarázatai nagy segítséget nyújtanak az igényes olvasónak. E jegyzeteket nemcsak a filozófia iránt érdeklődők, hanem a tudomány fejlődésével foglalkozók is haszonnal forgathatják. ROZSNYAI Ervin bevezető tanulmánya DESCARTES munkásságának marxista kritikáját adja. A hasznos és valóban hűzágpótló azonban az lett volna, ha DESCARTES általános jellemzésén túl — amit az érdeklődő amúgy is könnyűszerrel megtalálhat — a bevezetés az itt ismertetett művek marxista szempontú analízisével, nevezetesen logikai, metodikai és tudományelméleti tanításaival foglalkozott volna elsősorban. Kifogásolható továbbá, hogy a rendkívül kiterjedt nemzetközi Descartes-kutatás eredményeit a bevezető újszólván teljesen figyelmen kívül hagyja. A tanulmányt a könnyebb megértés szempontjából szerencsésebb lett volna a három Descartes mű után tenni. De a művek közlési sorrendje sem segíti elő azok könnyű megértését. Itt a szerkesztők nem érvényesítették DESCARTES azon tételét, hogy az egyszerűtől haladjunk a bonyolult felé. Igaz, hogy ezzel szemben a már említett keletkezési sorrendet vették alapul.

A *Szabályok* és *Az igazság kutatása* magyarul most jelent meg először. Kiadásuk igen értékes szolgálatot tesz a filozófiai irodalom iránt érdeklődő olvasóközönségnek. Általános tudományos szempontból kívánatos lenne DESCARTES további műveinek, főként nagyon értékes tudományos levelezésének korszerű kiadása.

Hoffmann Andor

A „DIE TECHNIK UND WIR” sorozat első kötete „A mechanizálás és automatizálás aktuális problémái” címen a Drezdai Műszaki Egyetem oktatóinak tizenkét népszerű előadását tartalmazza.

A napjaink műszaki fejlődésével kapcsolatosan felmerülő mindennapi kérdésekre a társadalmi fejlődés tükrében ad választ a Dr. ARWED SCHULZ, a Drezdai Műszaki Egyetem rektorának kiadásában, a VEB Verlag Technik Berlin gondozásában megjelent könyvecske.

Az automatizálást úgy mutatja be, mint a műszaki fejlődés szükségszerű következményét. Példákra hivatkozva megvilágítja azt is, milyen más körülmények között megy végbe a technikai fejlődés a kapitalista rendszerben, mint a szocialista országokban: amikor W. H. CAROTHERS amerikai vegyész a nylon szálát, majd az ennél is tartósabb „5/10” laboratóriumi elnevezésű anyagot előállította, a Du Pont-Konzern, melynél CAROTHERS dolgozott, nem volt hajlandó az új anyagot gyártani, azzal a megfontolással, hogy az áru nagy tartóssága kedvezőtlenül befolyásolná a forgalmat.

A szocialista országokban az első és legfontosabb elv a tudomány és kutatás hathatós támogatása, és a technikai fejlődés a dolgozók szükségletének maximális kielégítését szolgálja.

Számos példát hoz fel arra, hogy a szocialista országok között nincs üzemi titoktartás, hanem kölcsönös tudományos műszaki és gazdasági segélynyújtás. Többek között felemlíti a Duna deltában létesített brailai nádcellulóze-kombinátot, ahová a Német Demokratikus Köztársaság szállította a papírgyártó gépeket. Rámutat arra, hogy az együttműködés legfejlettebb formája az egész emberiség és az összes népek tervszerű együttműködése volna.

Utal az újtómozgalom fontosságára, gyakran azonban emiatt a gyártmány minősége szenved, ezért e téren égetően sürgős feladatok várnak megoldásra.

A kibernetikát az amerikai NORBERT WIENER 1948-ban megjelent e tárgyú könyvének ismertetésével vezeti be. Számos analógia mutatkozik az ember céltudatos tevékenysége és az ember tervezte gépek munkája, valamint az élő organizmus tevékenységének legkülönbözőbb megjelenési formái között, melyek a célszerűsége való törekvést bizonyítják, bár a vezérlő öntudatuk hiányzik.

A szerszámgépek fejlődése manapság az egész gépgyártás fő problémája. Maguknál a szerszámgépeknél a dinamikai kiegyensúlyozásra és a fokozat nélküli főhajtásra fordítandó nagyobb figyelem, mivel a fordulatszámok szokásos geometriai sora a nagyobb fordulatszámok tartományában sokkal nagyobb különbségekhez vezet, mint ami az automatizálásnál kívánatos.

Egyszerű példákkal világítja meg a vezérlés, a szabályozás és automatizálás fogalmait. Szemléltetően mutatja be, hogy valamely munkafolyamatnál egyetlen megmunkálógép automatizálása könnyen azt eredményezheti, hogy emiatt lényegesen több dolgozót kell foglalkoztatni az anyagszállítás és az ellenőrző mérés végett.

A teljes automatizálás olyan zárt ciklust jelent, ahol nemcsak a munkagépet, az adagolást és a mérést automatizálják, hanem a méréskor mutatkozó eltérések visszacsatolás formájában a megmunkáló szerszámok beállítását is automatikusan helyesbítik. Ebből is látszik, miért szükséges gondosan elemezni, hogy hol kell feltétlenül automatizálni, hol lehetséges az automatizálás és hol nem szabad automatizálni.

Az automatizálás a kapitalista országokban a vállalkozói haszon növekedésére szolgál és munkanélküliséget okoz, a szocialista országokban ellenben a munkaidő csökkentését jelenti.

Az automatizálás tehermentesíti az embert a nehéz testi munkától, és ezáltal teljesebbé teszi, amit Bert BRECHT Galileije kijelent: „A gondolkodás az emberi nem legnagyobb gyönyörűsége.”

Az automatizálás azonban sokkal képzetesebb szakembereket követel, és mind az atomenergia békés felhasználása, a világűr-kutatás, a vegyi ipar, mind a mezőgazdaság gépesítése szükségessé tette a 10 osztályos általános iskola és a politechnikai képzés bevezetését és a felsőfokú képzés kiszélesítését. 1950-ben a Szovjetunióban még csak 36 ezer, az USA-ban 53 ezer, 1957-ben a Szovjetunióban már 83 ezer, az USA-ban csak 31 ezer mérnök végzett. Az egykori amerikai külügyminiszter, John Forster DULLES mondotta is a hidegháborúra vonatkoztatva: „Az oroszok legveszedelmesebb hadseregét a mérnökeikben látom.”

Példaszerű tevékenysége a Drezdai Műszaki Egyetemnek, hogy nemcsak az iparral, hanem a társadalommal is igyekszik fenntartani a kapcsolatot.

Szöke Béla

K. O. Saur und G. Gringmuth

TECHNIK UND WIRTSCHAFT IN FREMDEN SPRACHEN

Verlag Dokumentation der Technik, München, 1960.

Ízléses és praktikus gyűjtőmappába foglalt cédulakatalógus több mint ezer olyan műről, amelyek hasznosak lehetnek mindazok részére, akik idegen nyelvű műszaki irodalomból fordítást, ismertetést, kivonatolást vagy könyvtárosi munkát végeznek. Az anyag úgy van rendszerezve, hogy a technika különböző ágaihoz tartozó és különböző nyelveken írt szakszótárak és szakenciklopédiák igen könnyen megtalálhatók. A gyűjtemény kiterjed a technika határterületeire is, pl. a technika természettudományi alapjaira és közgazdasági vonatkozásaira is. Számos olyan kútforrást is felsorol, amelyek a dokumentációs munka helyes elvégzéséhez adnak praktikus utasításokat.

Dr. Barta József

HELYESBÍTÉS

Korach Marcell „Vasbeton lemezszerkezetek gazdaságosságának számítása” c. dolgozatában (Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei XXX (1962) 97/119.) a következő hibák javítandók:

A 100. oldalon a (3) képletben a nevezőben dk helyett dh írandó.

A 102. oldalon az első sor: „ $b=100$ cm és $\sigma_{bH}=130$ kg/cm². Az $x=\xi h$ összefüggésből ábrázoltuk a ξ ” sor a 103. o. utolsó soraként olvasandó.

A 108. o. 6. ábrájának bal ordinátáján 35 helyett 30 írandó.

A SZAKCIKKEK KÉZIRATÁRÓL

IRÁNYELVEK AZ "ACTA TECHNICA" ÉS "AZ MTA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK
OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYEI" MUNKATÁRSAI RÉSZÉRE

Általános tudnivalók

Az *Acta Technica* az MTA Műszaki Tudományok Osztályának idegen nyelvű tudományos folyóirata. Ez angol, német, francia vagy orosz nyelvű oly közleményeket hoz, melyeket előzőleg idegen nyelven még sehol sem tettek közzé.

Az *MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei* az Osztály magyar nyelvű tudományos folyóirata. Ez csak olyan dolgozatokat közöl, melyek magyar nyelven még nem jelentek meg.

Az Osztály szakfolyóirataiban közlétcendő dolgozatokat, az *Acta Technica Szerkesztőségé-nek* címezve, Budapest, V. Nádor-u. 7. sz. alatt kell benyújtani.

A kéziratához kísérő levelet kell mellékelni. Ebben a szerző nyilatkozzék arra nézve, hogy a dolgozatát nem közölte-e már más helyen, vagy nem szándékozik-e azt másutt is közzétenni.

A szerkesztőség a beküldött dolgozatokat lektorokkal megbíráltatja, s az elfogadott dolgozatokat általában a beérkezés sorrendjében közli.

A dolgozat terjedelme, tagolása

A dolgozat szövegrésze lehetőleg ne legyen 15 írógépelt oldalnál hosszabb. A 20—25 oldalnál terjedelmesebb dolgozatokat célszerű két vagy több tanulmányra felbontani.

A 8—10 írógépelt oldalnál hosszabb dolgozatokat bevezetéssel kell ellátni és megfelelő részekre (esetleg fejezetekre és paragrafusokra) kell tagolni. Az egyes részeknek címet és sorszámozást (lehetőleg decimális számozást) kell adni. Az egyes paragrafusokon belül legfeljebb egyfajta további osztás (alosztás) lehetséges.

A kézirat elrendezése

A szerkesztőség munkájának megkönnyítésére a kézirat lapjait a következő sorrendben kell egymás után iktatni:

Címlap, a tartalmi kivonattal,

Szöveglapok.

Irodalom (külön lapon),

Táblázatok (külön lapokon),

Lábjegyzetek (külön lapon),

Ábrafeliratok (külön lapon),

Összefoglalás (3 példányban, külön-külön lapon).

Az esetleges vonalas ábrák vázlatait, valamint a közlendő fényképeket két külön borítékba gyűjtve kell a dolgozathoz csatolni.

A kéziratot és mellékleteit MSZ 5617. sz. iratgyűjtőben (tékában) kell benyújtani. Ennek homloklapján fel kell tüntetni a dolgozat címét, szerzőjének nevét, a szerző lakásának és hivatalának címét, valamint a szerző lakásának és hivatalának telefonszámát.

A kézirat külalakja

A közzeendő dolgozatokat szabványos A4 (210×297 mm-es) méretű, fehér színű, faimentes papírra, annak csupán egyik oldalára gépelve, egy eredeti és egy másolati példányban kell benyújtani. Eredeti példányként karbonmásolat, fotokópia, fénymásolat, stencilezett másolat, kockás vagy vonalas papírra írt, vagy gyöngybetűs írógéppel írt szöveg nem fogadható el.

A kézirat lapjait fent középen folytatólagos sorszámmal kell ellátni. A lapokat nem szabad összehajtani, összegöngyölni, összefűzni, sem bekötetni.

A szöveg gépelésekor mindkét oldalon 4—4 cm széles szegélyt (margót) kell hagyni, s egy-egy oldalra 25 sort kell írni.

A gépelés kettős sortávolsággal történjék.

Az egyes bekezdések első sorát 5 betűvel beugratva kell gépelni.

A cikk fő- és alcímeit úgy kell gépelni, hogy az a cím nagyságrendjét világosan kifejezze. A nagybetűvel szedendő részeket a gépíró is írja nagybetűkkel.

A szövegben előforduló személyneveket (de csak a vezetékneveket!) nagybetűvel kell írni. Ez a rendelkezés nem vonatkozik a személynévvvel megjelölt eljárásokra, képletekre stb. (pl. Vianello-féle eljárás, Euler-képlet).

A kézirat egy-egy lapján legfeljebb 5 sorban szabad utólagos változtatást eszközölni. Ebbe nem számít bele a betűhibák javítása, vagy betűknek és szavaknak pótlás nélkül való törlése. A kéziratnak ráragasztott szövegrésszel való helyesbítése megengedett.

A dolgozat címe

A dolgozat címe rövid, de kifejező legyen. A címet a papír felső szélétől 5 cm távolságban nagybetűkkel kell gépelni. A címet kövesse külön-külön sorokba gépelve a szerző neve, tudományos fokozata, munkahelye, valamint a kézirat benyújtási időpontjának feltüntetése.

Magyar szerzők utónevét idegen nyelvű szövegben általában a magyar utónév kezdőbetűjével jelöljük (pl. I. KORÁNYI). Idegen szerzők nevét magyar szövegben az illető ország írásmódja szerint írjuk (pl. Dr.-Ing. Hermann RÜHLE).

A címvovat egységes alakjának biztosítására a következő mintát kövessük.

Magyar szöveg:

SZABADPEREMŰ HÁRTYASZERKEZETEK

PELIKÁN JÓZSEF*

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

ÉPÍTŐIPARI ÉS KÖZLEKEDÉSI MŰSZAKI EGYETEM, BUDAPEST

[Beérkezett 1957. április . . .n]

* Prof. Dr. techn. PELIKÁN József, Erzsébet királyné útja 4. Budapest, XIV.

Angol szöveg:

MEMBRANE STRUCTURES WITH FREE EDGES

J. PELIKÁN*
DR. ENG. SC.

TECHNICAL UNIVERSITY OF BUILDING AND TRANSPORT ENG., BUDAPEST

[Manuscript received April ..., 1957.]

Német szöveg:

MEMBRANKONSTRUKTIONEN MIT FREIEM RAND

J. PELIKÁN*
DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

TECHNISCHE UNIVERSITÄT FÜR BAU- UND VERKEHRSWESEN, BUDAPEST

[Eingegangen am... April 1957.]

Francia szöveg:

CONSTRUCTIONS EN MEMBRANE AVEC CIRCONFÉRENCE LIBRE

J. PELIKÁN*
DOCTEUR ÈS- SCIENCES TECHNIQUE

UNIVERSITÉ TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRANSPORTS, BUDAPEST

[Manuscript présenté le... avril 1957.]

Tartalmi kivonat

Minden dolgozatban a címvovat után tartalmi kivonatot kell közölni. Ezt nem kell semmiféle külön címmel ellátni.

A tartalmi kivonat nyújtson rövid tájékoztatót a dolgozat tárgyáról, a tárgyalás során alkalmazott módszerekről, az elért eredményekről, s azok alkalmazási feltételeiről.

A tartalmi kivonat általában ne legyen 20 gépelt sornál hosszabb. Itt képletek és matematikai jelek alkalmazását kerülni kell.

Fogalmazás

A dolgozat fogalmazása legyen tömör, de világos. Kerüljük a bonyolult mondszerkezeteket, főleg a beszúrásokat és a közbevetett mondatokat. Sok mellékmondat használata zavarja a szöveg megértését, s megnehezíti annak fordítását. Lehetőleg ne használjunk többszörös birtokviszonyt sem.

A mondatok ne legyenek négy gépírt sornál hosszabbak.

Kerüljük az ismétléseket; azt, ami az ábrából magyarázat nélkül is kitűnik, ne írjuk le a szövegben. Ugyanez vonatkozik a táblázatokra is.

Lábjegyzet:

* Prof. Dr. techn. PELIKÁN József, Erzsébet királyné útja 4. Budapest, XIV. (Hungary, Ungarn, Hongrie).

Kerüljük az egyesszám első személy használatát. Helyette használjunk magyar szövegben többesszám első személyt, vagy helyesebben ilyenszerű fogalmazást: „Szerző vizsgálatai szerint”, „E sorok írója szerint” stb.

Idegen nyelvű szövegben (fordításban) kerüljük a többesszám első személy használatát is. Ehelyett inkább szenvedő alakot vagy személytelen alakot használjunk. E szabály nem vonatkozik az angolban szívesen alkalmazott „let us . . .” kifejezésmódra.

Betűfajták

Dőlt (kurzív) betűvel kell szedni (részben az MSz szabványtól eltérően):
a fizikai fogalmak betűjeleit,
a függvényjeleket

$$f(x,y), \Phi(r,\vartheta),$$

valamint a

$$d, \partial, \delta, \Sigma, f$$

műveletjeleket.

Álló (antikva) betűvel kell szedni:

a számértékeket (a zérust is),
a szögfüggvények jeleit és egyéb hasonló jeleket

$$\begin{aligned} &\sin, \cos, \tan, \cot, \\ &\sinh, \cosh, \tanh, \coth, \\ &\arcsin, \arccos, \arctan, \operatorname{arccot}, \\ &\operatorname{Arsinh}, \operatorname{Arcosh}, \operatorname{Artanh}, \operatorname{Arcoth}, \\ &\lim, \log, \ln, \exp, \end{aligned}$$

a kémiai elemek betűjeleit

$$O, H, Al,$$

a mértékegységek jeleit

$$s(\text{sec}), \Omega(\text{ohm}), \text{kp}(\text{kilopond}),$$

a vektorszámítás műveletjeleit

$$\operatorname{rot}, \operatorname{div}, \operatorname{grad},$$

valamint képletekben az indexeket.

Félkövér betűvel kell szedni a vektorokat.

Groteszk (mindenütt azonos vastagságú) betűvel kell szedni a matrixokat.

Az alkalmazandó különleges betűfajtát (félkövér, groteszk) a kézirat baloldali szegélyén-meg kell nevezni.

Képletek

A képleteket általában a szövegsorok közé iktatott külön sorba szabadkézzel kell berajzolni, mégpedig lehetőleg tintával vagy tussal. Képletet géppel írni csak akkor szabad, ha a gépíró ebben különlegesen jártas.

A képletek berajzolásához a sorok közt bőséges szabad helyet kell hagyni. 2×2 soros sortávolság a képletek beírására általában elégtelen. A képletek

berajzolásakor csak annyi betűt írjunk egy sorba, amennyi ott kényelmesen elfér. Fénymásolt, stencilezett képleteknek a szövegbe való beiktatása, valamint a képletek bekeretezése tilos.

A szedő az önálló sorban álló képleteket külön utasítás nélkül is *dőlt* betűvel szedi, tehát nem szabad a dőlten szedendő betűket, vagy az egész képletet aláhúzni. Ha azonban a képletben egyes részek, pl. műveletjelek álló betűvel szedendők, akkor e részeket zöld színnel alá kell húzni.

A szöveg soraiban levő, dőlt betűvel szedendő jeleket kézírással kell a szövegbe beírni. Az ilyen kézírással beírt betűket, ha betűjel mivoltuk nem vitás, nem kell a kurzív szedésre való figyelmeztetésül semmiféle külön jellel (aláhúzással) megjelölni. A szövegsorban lévő géppel írt olyan betűjeleket azonban, amelyeket dőlten kell szedni, fekete színnel alá kell húzni.

A képletek után a mondat értelmének, illetve szerkezetének megfelelő írásjelet (pontot, vesszőt, pontosvesszőt) ki kell tenni. Ettől csak akkor lehet eltekinteni, ha ez félreértésre adhat alkalmat.

A szövegsorokba lehetőleg ne iktassunk be képletet, vagy olyan betűjelet, ami sorritkítást tesz szükségessé. Ennek érdekében.

$$\frac{a+b}{c+d} \text{ helyett ezt írjuk: } (a+b)/(c+d)$$

$$\frac{du}{ds} \quad " \quad " \quad " \quad du/ds, \text{ vagy } u_s$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} \quad " \quad " \quad " \quad \partial^2 v / \partial x \partial y \text{ vagy } v_{xy}$$

$$\frac{1}{a} \quad " \quad " \quad " \quad a^{-1}$$

Integráljel alkalmazásakor a határokat ne e jelek fölé és alá, hanem az említett jelek mellé írjuk. Tehát

$$\int_a^b \text{ helyett ezt írjuk: } \int_a^b$$

Képletekben az indexeket mindenkor álló betűvel kell szedni. Ugyanígy a max, min, krit stb. jeleket is.

A képletek sorszámozása

A képleteket csak akkor kell sorszámozni, ha az illető képletre a dolgozatban hivatkozás történik, vagy feltételezhető, hogy az illető képletre később hivatkozni fognak. A felesleges sorszámozást kerülni kell.

A képletek megjelölésére a kézirat jobb szélén kerek zárójelbe foglalt arabs számokat (esetleg decimális számozást) kell alkalmazni. A szám után nem kell pontot tenni:

$$c_s = a \left(1 + \frac{4\lambda}{z} \right). \quad (1)$$

A képletek számozására alkalmazandó kerekded zárójel írógévelt szövegben ferde törtvonallal helyettesíthető. Ha a képlet több sorra terjed, a sorszám a képlet utolsó sorának magasságába kerüljön. Képletcsoportok sorszámát kapcsolójel mellőzésével a képletcsoport középmagasságában kell kitenni.

A képletek után nem szabad a képlet sorszámához vezető pontsort alkalmazni.

A szorzás jele

A szorzás jele általában a sor félmagasságában kitett pont; képletekben azonban a szorzat egyes tényezőit általában némi köz hagyásával, szorzójel mellőzésével írjuk egymás mellé. Pl.

$$a b c.$$

A tényezőknek szorosan egymás mellé való írása csúnya, s mint ilyen kerülendő. Pl.

$$abc.$$

A tényezők közé szorzójelként pontot csak akkor teszünk

1. ha ezáltal zárójellet takarítunk meg:

$$\sin \lambda x \cdot \sin \lambda y.$$

2. ha a képlet túl hosszú volta miatt a szorzó és a szorzandó két különböző sorba kerül. Ilyenkor a szorzás pontjelét a szorzandó után és a szorzó előtt is kitesszük:

$$x = -\frac{3p}{2} \left(\frac{p^2}{4} - x^2 \right) \left[\frac{a b}{q^3} + \frac{1}{a b q} (a^2 - b^2) \cos^2 \varphi \right] \cdot \left[\cos 2\varphi - \frac{q^2}{2a^2 b^2} (a^2 - b^2) \sin^2 2\varphi \right].$$

3. ha számtényezőket kell egymástól elválasztani:

$$0,0025 \cdot 2,316 \cdot 4131.$$

A számtényezők és a szorzás pontjele közt bőséges helyet kell hagyni. A szorzás jel előtt és után az említett köz mellőzése olvashatatlanná teszi a képletet:

$$1,2 \cdot 0,3 \cdot 2,6 \cdot 3,1.$$

Betűjelek

A képletekben és az ábrákon főképp latin betűket alkalmazzunk. Gót vagy cirill betűt ne használjunk.

A betűjelek mellé lehetőleg ne tegyünk kettőnél több indexet. A sok index az olvasóra zavarólag hat. Betűjelek mellett az index lehetőleg szám vagy latin betű legyen.

A képleteknek a szövegbe való berajzolásakor különös gondot kell fordítani a könnyen összeeszerélhető következő betűk írására:

- l (longitudo), l (egység), I (római egyes)
- α (alfa) és a
- α (alfa) és x
- κ (kappa) és x

ω (omega) és w
 ν (nü) és n
 μ (mü) és u, m
 g és q
 k és K
 I és J
 0 (zérus) és O (Ottó).

Tévedések elkerülése végett képletekben az $!$ betűjelet sohasem szabad géppel írni.

A görög betűket pirossal alá kell húzni, s ha félreérthetők, a kézirat baloldali szélén név szerint is meg kell őket nevezni. Pl.

α = alfa, ω = omega.

Az inercia nyomatókot a képletekben és szövegben nem I betűvel, hanem olyan J betűvel írjuk, melynek alsó szára nem nyúlik a sor alsó széle alá. Erre a körülményre a szedőket a kézirat baloldali szélén a következőképp figyelmeztetjük:

alacsony J betű!

Írásjelek

A kéziratban gondosan ki kell tenni az írásjeleket, magyar szövegben azonban a géppel nem írható ékezeteket általában nem kell kézírással pótolni. Sorszám után tegyünk pontot, de mellőzzük a zárójelet, például: I. vagy IV. stb.

Betűzés után csak zárójelet tegyünk pont nélkül, pl.: a) vagy B) stb.

Zárójel belső oldalára ne tegyünk kettős pontot; ügyeljünk ellenben arra, hogy a zárójel szorosan az általa közrefogott szövegrészhez zárkózzék, a zárójelen kívül álló szövegrésztől pedig kellő hézaggal válják el.

A gondolatjel gépeléskor két elválasztó jellel kell pótolni: --. A gondolatjel előtt és után a szöveg gépelésekor hézagot kell hagyni.

Ábrák

Az ábrák általában megkönnyítik ugyan a szöveg megértését, de előállításuk igen költséges. Ezért a mellőzhető ábrák közlését kerüljük. Irányelvül szolgálhat, hogy az ábrák száma lehetőleg ne legyen több, mint a kézirat oldalszámának a fele.

Az ábrákat folytatólagos arabs sorszámmal kell ellátni, és minden ábrához feliratot kell készíteni. A szövegben minden ábrára legalább egyszer hivatkozni kell.

a) *A vonalas ábrákon* (fototípiákon) kerülni kell minden felesleges vonalat és betűjelzést. Az ábrába nem szabad szövegrészeket (neveket, magyarázatokat) beírni. Ha ilyenre a megértéshez szükség van, akkor az említett szövegrészeket az ábrafeliratba kell beiktatni.

Az ábrákat átlátszó papírra, lehetőleg kétszeres nagyításban kell felvázolni. E rajzokat a szerkesztőség az egyöntetűség kedvéért átrajzoltatja, miért is a benyújtott vázlatokat tussal kihúzni felesleges.

Minden ábravázlatot 210×297 mm nagyságú külön papírlapra, az egymás mellé nyomtatandó ábrákat azonban közös lapra kell rajzolni. Az ábravázlatokat nem szabad bekeretezni.

Az ábravázlatokat egy eredeti és egy fénymásolt példányban kell benyújtani. Az eredeti példány a rajzolóhoz kerül, a másolati példány a korrek-túra során szükséges.

Az ábrákat nem szabad a kézirat szöveglapjaira rajzolni, sem azokat a szövegsorok közé beragasztani.

Az ábrák célszerű helyét a kézirat lapjainak baloldali szegélyén (margó-ján) piros színnel meg kell jelölni.

Minden ábralapon fel kell tüntetni az ábra sorszámát, a szerző nevét, valamint a javasolt kicsinyítés mértékét. Amennyiben az ábra vázlatából a függélyes vagy vízszintes irány egyértelműen nem tűnik ki, ezeket az irányo-kat külön meg kell jelölni. Szükség esetén fel kell tüntetni azt is, hogy melyik az ábra felső és alsó széle.

Függvényábrákon (diagramokon) mindenkor fel kell tüntetni a tenge-lyek betűjelét, a léptéket és a dimenziókat.

Az ábrákba beírt betűjelek nagysága az ábra léptékéhez igazodjék. 1 : 2 kicsinyítést feltételezve, az ábravázlatokon a kisbetűk magassága 3 mm, a nagybetűk és számok magassága pedig 4,5 mm legyen. Az *l* betűt a szabvány-tól eltérően felső és alsó füllet ellátva kell rajzolni, az *I* betű helyett pedig *J*-t kell írni.

b) *A fényképábrák* (autotípiák) készítéséhez melléklendő fényképek lehetőleg 13×18 mm nagyságúak legyenek.

Fakó, homályos, kontraszt nélküli, többször átfotografált fényképek közlésre nem alkalmasak.

A fényképábrák a vonalas ábrák közé beosztva, arabs sorszámozást kapnak. E sorszámokat a fényképek hátoldalán is fel kell tüntetni. Ugyanitt meg kell adni a cikk szerzőjének nevét és a fénykép tervezett kicsinyítési arányát is.

A fényképábrák készítéséhez mellékelte fényképeket megfelelő felirattal ellátott gyűjtő borítékban kell benyújtani.

A számok írásmódja

A szövegben, képletekben és táblázatokban a nagy számokat hármas csoportokba foglalva írjuk, s a tizedeseket vesszővel választjuk el az egész számoktól. A négyjegyű számokat azonban csak akkor választjuk szét két csoportra, ha oly számoszlopban foglalnak helyet, amelyben a számjegyek hármas csoportokba vannak foglalva:

$$\begin{array}{r} 327\ 316,022\ 42 \\ \quad 3\ 126,312\ 26 \\ \hline 330\ 442,334\ 68. \end{array}$$

Szám példa

A műszaki dolgozatokban a képletek alkalmazását szám példán célszerű bemutatni.

A szám példában nem szabad megismételni az alkalmazandó képletet, elegendő arra csak hivatkozni.

A számítás során általában elégséges csak a számítás kezdő lépését és a végeredményt közölni. Az esetleges közbenső lépéseket csak akkor kell részletezni, ha az a számítás követéséhez feltétlenül szükséges.

Mértékegységek

A tömegegységet g (gramm), a súlyegységet p (pond) betűvel jelöljük. Ennek megfelelőleg különbséget teszünk a kilogramm ($kg=1000\text{ g}$) és a kilopond ($kp=1000\text{ p}$) közt. A kilopond 1000-szeresét megapondnak (Mp) mondjuk. Következésképpen a feszültséget nem kg/cm^2 -ben, hanem kp/cm^2 -ben, a nyomatékot pedig nem tm -ben, hanem Mpm -ben fejezzük ki.

Irodalmi hivatkozások

Az irodalmi hivatkozás szögletes zárójelbe tett sorszámmal történik:

[1], [2], [23, 32].

Írógépellt szövegbe a szögletes zárójelet kézírással (és nem géppel) kell be rajzolni.

Az irodalmi hivatkozás jelét rendszerint közvetlenül a szerző neve után kell a szövegbe beiktatni:

a Galerkin-féle eljárás alkalmazására GIRKMANN [23] mutatott be több példát.

Ha valamely mű bizonyos fejezetére vagy oldalaira akarunk utalni, azt általában nem a szövegrészben említjük meg, hanem az *Irodalom* című rovatban:

24. GIRKMANN, K.: Flächentragwerke. 4. Aufl. Springer Verlag, Wien 1956; 36—37.

Irodalom

A tanulmány forrásmunkáit, valamint azokat a munkákat, melyekre a tanulmányban hivatkozunk, a tanulmány *Irodalom* című részében kell felsorolni.

Az *Irodalom* című részt külön lapra kell gépelni, s azt közvetlenül a tanulmány szövegrésze után kell a kéziratba beiktatni.

Az *Irodalom* című részben az említendő munkákat hivatkozási számuk sorrendjében kell felsorolni. Itt a hivatkozási sorszámot nem kell zárójelbe tenni. A folyóirat címét (ez dőlten szedendő) egy vonallal, az évfolyam számát (ez félkövéren szedendő) két vonalkával alá kell húzni.

1. DIERKS, K.: Windberechnung einer hyperbolischen Paraboloid-Schale. *Der Bauingenieur* 37 (1962), 258—262.
2. BÖLCSKEI, E.—DOMJÁN, J.: Foundations with Small Settlement. *Acta Techn. Hung.* 33 (1961), 179—194.
3. DULÁCSKA, E.: Vasbeton dongahéjak számítása. *VI. Oszt. Közl.* 30 (1962), 19—37.
4. ZILL, W.: Vermessungskunde für Bauingenieure. 1. Aufl. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1958.
5. PELIKÁN, J.: Tartószerkezetek. Tankönyvkiadó, Budapest 1959.

Táblázatok

A dolgozat ne tartalmazzon túl sok táblázatot.

A táblázatokot római sorszámozással és rövid címmel kell ellátni:

I. táblázat

A pontos és közelítő nyomatékértékek

A dolgozatban minden táblázatra legalább egyszer a táblázat sorszámának megemlítésével hivatkozni kell. A táblázatok célszerű helyét a kézirat baloldali szegélyén piros színnel meg kell jelölni.

A táblázatban előforduló mennyiségek dimenzióját a táblázat fejrovatában kell megadni.

Minden táblázatot külön lapra kell gépelni. E lapokat az Irodalom című lapot követően kell a kézírathoz csatolni.

Lábjegyzetek

Az esetleg szükséges lábjegyzeteket arabs sorszámmal kell ellátni, s *Lábjegyzetek* feliratú külön lapra kell gépelni. Ezt a lapot a Táblázatok után kell a kézírathoz csatolni.

A lábjegyzetek helyét a kézirat baloldali szegélyén piros színnel meg kell jelölni.

Ábrafeliratok

A dolgozat ábráit arabs sorszámmal és általában felirattal kell ellátni:

1. *ábra.* A pontos és közelítő myomatékértékek diagramja

Az ábrafelirat lehetőleg rövid legyen. Az ábrák feliratát (az ábra sorszámának megjelölésével) külön lapra összegyűjtve kell legépelni. Ezt a lapot *Ábrafeliratok* címmel kell megjelölni, s az esetleges Lábjegyzetek után kell a kézírathoz csatolni.

Az ábrákra a következőképp kell hivatkozni:

magyar szövegben:	(12. ábra)
német	„ (Bild 12)
francia	„ (fig. 12)
angol	„ (Fig. 12)

Összefoglalás

Az Acta Technicában való közlésre benyújtott tanulmányok végén 3 példányban (3 külön lapra írva) *Összefoglalást* kell mellékelni. Az Összefoglalás mindegyik példányán nagybetűkkel írva fel kell tüntetni a dolgozat címét, szerzőjének nevét és az „Összefoglalás” szót a következő minta szerint:

ÖSZETETT FELÜLETŰ HÉJAK NÉGYSZÖGALAPRAJZ FELETT

DULÁCSKA ENDRE

Összefoglalás

A címrovattól eltekintve, az Összefoglalásra ugyanazok a szabályok érvényesek, mint a dolgozat legelején közlendő tartalmi kivonatra.

Az Összefoglalás szövege a tartalmi kivonat szövegével megegyező vagy attól eltérő lehet.

Az idegen nyelvű összefoglalásokat az Acta Technica a következő sorrendben közli:

Angol nyelvű dolgozatban:	német, francia, orosz,
Német „ „	angol, francia, orosz,
Francia „ „	angol, német, orosz,
Orosz „ „	angol, német, francia.

Az *Összefoglalás* szó

német fordítása: *Zusammenfassung*
 angol fordítása: *Summary*,
 francia fordítása: *Résumé*.

Idegen nyelvű fordítások

A dolgozat idegen nyelvű fordításában a szövegrész végén a következő rovatok legyenek:

Fordította:	Lektorálta:	Látta a szerző:
.....
cím, telefonszám	cím, telefonszám	cím, telefonszám
.....

Az angol nyelvű fordításban — az eddigi szokástól eltérően — az i. e., e. g. és hasonló rövidítéseket nem kell aláhúzni és nem kell dőlt betűvel szedni.

A kéziratok korrektúrája

A szerkesztőség a beküldött kéziratokról a nyomdai korrektúra után két levonatot küld a szerzőnek: hasáblevonatot és tördelt levonatot.

A levonatokon szükséges korrektúrákat a szerző haladéktalanul végezze el, s a levonatot 3 napon belül juttassa vissza a szerkesztőséghez (Budapest, V. Nádor-u. 7.). A korrekciót a 3491-59 MSz szabvány szerint kell elvégezni.

A korrekció általában csak a szedési hibák kiigazítására szorítkozzék. A kézirattól eltérő szövegmódosítások költségét a nyomda a szerzői tiszteletdíjből levonhatja.

A szerző a szedési hibákat kék színnel korigálja, az esetleg szükséges szövegmódosításokat piros színnel tünteti fel.

A szerző a korrektúra megtörténtét a levonat első oldalán kézjegyével igazolja, s egyúttal megjelöli a levonat visszaküldésének napját is.

A korrektúrára vonatkozó különleges megjegyzéseket, valamint azt, hogy a dolgozat nyomtatható, a levonat első lapjainak felső szegélyén kell feltüntetni.

A szerkesztőség

TARTALOMJEGYZÉK

Dr. h. c. KÁRMÁN Tódor a Budapesti Műszaki Egyetem tiszteletbeli doktora	3
Dr. h. c. MIHAILICH Győző 85 éves	7
Dr. h. c. SCHLEICHER Aladár, 1881—1962	9

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK AZ MTA. 1962. ÉVI NAGYGYŰLÉSE KERETÉBEN ÁPRILIS HÓ 5-ÉN TARTOTT NYILVÁNOS OSZTÁLYULÉSE

<i>Geleji Sándor</i> akadémikus, osztálytitkár: Beszámoló a Műszaki Tudományok Osztályának munkájáról	13
---	----

H o z z á s z ó l á s o k :

<i>Winter Ernő</i> akadémikus	35
<i>Vadász Elemér</i> akadémikus	36
<i>Tárczy-Hornoch Antal</i> akadémikus	38
<i>Széchy Károly</i> levelező tag	39
<i>Csonka Pál</i> , a műszaki tudományok doktora	40
<i>Geleji Sándor</i> akadémikus, osztálytitkár válasza	41
<i>Hevesi Gyula</i> akadémikus elnöki zárszava	42

AZ 1962. ÉVI AUTOMATIZÁLÁSI KOLLOKVIUM ELŐADÁSAI

<i>Csáki Frigyes</i> : Általános komplex-sík stabilitási kritériumok	45
<i>Borovszky László és Vámos Tibor</i> : Az erőművek közötti gazdaságos teherelosztást önműködően szabályozó analóg számológép	55
<i>Nagy István</i> : Háromfázisú, hídkapcsolású, öntelítő mágneses erősítő elmélete I. Működési elv. II. A kapcsolat jellemzői (Kivonat)	63
<i>Ritter Endre</i> : Folyamatábrák az automatikus vezérlések hibakeresésének megkönnyítésére	65
<i>Tarján Rezső</i> : Megjegyzések a biológiai információ kérdéséhez	73
<i>Uzsoky Miklós</i> : Új gépi módszer a gazdaságos teherelosztás számítására	87
<i>Helm László</i> : Relé jellegű pneumatikus jelátalakítók statikus tulajdonságai	99
<i>Az MTA Automatizálási Kutató Laboratórium Forgó Erősítőgép Csoportja</i> : A hazai autodinamikus kutatás eredményei	109
<i>Vörös Károly</i> : Hall-generátorral működő váltakozó áramú teljesítmény-távmérő	123
<i>Szalay József</i> : A túlhevített gőz hőmérsékletének szabályozása	131

EGYÉB KÖZLEMÉNYEK

<i>Szabadits Ödön</i> : Állandó érintőirányú leképezés és a K-profil analízise	139
<i>Rudnai Guidó és Michelberger Pál</i> : Auszteniites krómnikkel-acélok forgácsolhatóságának megjavítása	165
<i>Tamássy József és Vizi Imre</i> : Befogófej által okozott deformációk golyóscsapágygyűrűkön	171
<i>Csonka Pál</i> : Különleges alakú membránhéjak szabályos háromszög-alaprajz fölött	185
<i>Schneider Marian</i> : Dugóval való csőhúzásakor keletkező erők és feszültségek	193

<i>Egyed László</i> : A Föld belső energiái és azok kapcsolata a természettudományok fejlődésével (Akadémiai székfoglaló)	207
<i>Csonka Pál</i> : Membránhéjak teljesen szabad peremmel	213
<i>Törös Róbert</i> : Az ultravakuumtechnika új eszköze: a titán-ion-getter-szivattyú	217
<i>Brozák Ferenc</i> : A kapilláris emelkedés határértéke változó szelvényű hajszálcsövekben	235
<i>Geleji Sándor</i> : Egyszerű keresztmetszetű rudak maradós csavarása	243
<i>Heinemann Zoltán</i> : Megjegyzések a statikai kiegyenlítési elvhez	263
<i>Hazay István</i> : Hozzászólás Heinemann Zoltán „Megjegyzések a statikai kiegyenlítési elvhez” c. tanulmányához	275
<i>Mankher György és Mankher Lajos</i> : A folyamatosan csökkenő fogyásokkal történő acél-dróthúzás befolyása a minőségre	281
<i>Káldor Mihály</i> : A perlit deformációjáról	297
<i>Knapp Oszkár</i> : A hálódíszes üvegek és készítésük problémája	301
<i>Tárczy-Hornoch Antal</i> : A másodperclibellákkal való mérésről	311
<i>Hárosy Teofil</i> : Kamrás aknák	331
<i>Seidner Mihály</i> : Gőzerőművek befektetési költség-számítása	349
<i>Freudenthal Alfred M.</i> : A műszaki kutatómunka és a műszaki kutatómunka célkitűzése	381
<i>Rácz Elemér</i> : A cirkulációsebesség számítása függőleges fűtött csövekben	397
<i>Kozma László</i> : Távbeszélőtechnikai fejlesztési problémák (Akadémiai székfoglaló)	405
<i>Fialovszky Lajos</i> : A sokszögelés kiegyenlítésének módszerei és azok értékelése	427

KÖNYVSZEMLE

<i>Palotás László</i> : Építőanyagok, II. kötet — <i>Csonka Páltól</i>	461
<i>Major, A.</i> : Gép- és turbinaalapok számítása és tervezése — <i>Barta Józseftől</i>	462
<i>Széchy Károly</i> : Alagútépítéstan — <i>Kovács házy Frigyes-től</i>	463
<i>Terplán Sándor</i> : Gépjárművizsgálatok — <i>Biró Eugéniától</i>	464
<i>Vörös Imre</i> : Gépelemek III. (Fogaskerekek) — <i>Dékány Istvántól</i>	465
<i>Bella Ede</i> : Fémek hőkezelése — <i>Kiss Ervintől</i>	466
<i>Descartes</i> : Válogatott filozófiai művek — <i>Hoffmann Andortól</i>	467
<i>Die Technik und Wir I.</i> kötet: A mechanizálás és automatizálás aktuális problémái — <i>Szőke Bélától</i>	468
<i>K. O. Saur und G. Gringmuth</i> : Technik und Wirtschaft in fremden Sprachen — <i>Barta Józseftől</i>	469
Helyesbítés	469
A szakcikkek kéziratairól. Irányelvek az <i>Acta Technica</i> és az <i>Az MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei</i> munkatársai részére	471



2. ábra. Nagy kölni hálódíszes üveg. Felirata: PIE ZESAI KALO AEI

Area: 92,-- FI