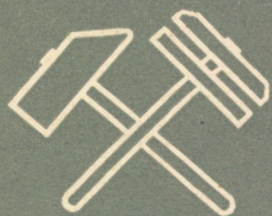


Vinere

# HADITECHNIKAI

## Szemle

A MAGYAR NÉPHADSEREG TUDOMÁNYOS-TECHNIKAI FOLYÓIRATA



HARMADIK ÉVFOLYAM

1

SZÁM · 1958 JANUÁR HÓ

# HADITECHNIKAI Szemle

A Magyar Néphadsereg  
tudományos-technikai folyóirata

Szerkeszti a szerkesztőbizottság

Főszerkesztő:

**SÁRDY TIBOR**  
mérnök-ezredes

Felelős szerkesztő:

**NAGY ISTVÁN GYÖRGY**  
okl. gépészmérnök

A szerkesztőség címe:  
Budapest, 114, Postafiók 26.

\*

Kiadja a Zrínyi Honvéd Kiadó  
Budapest, VI., Népköztársaság útja 2.  
Telefon: 112-645.

\*

Megjelenik negyedévenként  
Előfizetési ára egész évre 20.— Ft.  
Egyes szám ára 5.— Ft.

Megrendelhető az alakulatok  
sajtófelelőssel útján a kiadótól

\*

Polgári terjesztő:  
Posta Központi Hírlapiroda  
Budapest, V., József nádor tér 1.  
Telefon: 180-850.

Egyéni megrendelés a 61297 sz.,  
közületi megrendelés a 61066. sz.  
csékk számlán.

\*

7099/1 — Zrínyi Nyomda, Budapest.  
Felelős: Bolgár Imre.

## TARTALOMJEGYZÉK

<i>Kováts Zoltán</i> mérnök-szds.: A közelségi gyújtó optimális működési távolsága — — — — —	1
<i>Pásztor Endre</i> okl. gépészmérnök, egyet. adjunktus: Kisméretű gázturbinás sugárhajtómű kísérleti üzeme és jelleggörbéinek meghatározása — — — — —	6
<i>Berecz Béla</i> mérnök-szds.: A TACAN-rendszer — — — — —	16
<i>Fülöp Zoltán</i> okl. gépészmérnök, egyet. adjunktus: A rakéták továbbfejlesztésének várható irányai — — — — —	30
<i>Tamási Zoltán</i> okl. vegyészmérnök: Rakéta-üzemanyagok (I.) — — — — —	37
<b>KÜLFÖLDI TECHNIKAI SZEMLE</b> — — — — —	41
[Tranzisztoros egyenfeszültség-átalakítók (41). — A mesterséges holdak mechanikájának néhány kérdése (42). — Katonai televízió (43). — Alkalmilag készített és telepített amerikai aknák gyújtószerkezetei (45). — Az elektronika és a kibernetika alkalmazása a légifényképezésben (48).]	
<b>ÚJ KÖNYVEK</b> — — — — —	52

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Инж.-капитан З. КОВАЧ</i> — Оптимальное расстояние действия неконтактных взрывателей . . . . .	1
<i>Инж. Э. ПАСТОР</i> унив. старший преподаватель — Режим испытания и определение характеристик малогабаритных ТРД. . . . .	6
<i>Инж.-капитан Б. БЕРЕЦ</i> — Система «ТЭКЭН» . . . . .	16
<i>Инж. З. ФЮЛЕП</i> унив. старший преподаватель — Ожидаемые направления дальнейшего развития ракет . . . . .	30
<i>Инж. химик З. ТАМАШИ</i> — Ракетные топлива (I.) . . . . .	37
<b>ОБЗОР ЗАРУБЕЖНОЙ ТЕХНИКИ</b> . . . . .	41
[Преобразователи постоянного напряжения на кристаллических триодах (41). — Некоторые вопросы механики искусственных спутников Земли (42). — Применение телевидения в военном деле (43). — Американские взрыватели для устройства минушек и самодельных мин (45). — Применение электроники и кибернетики в аэрофотографии (48).]	
<b>БИБЛИОГРАФИЯ</b> . . . . .	52

## A közelségi gyújtó optimális működési távolsága

### 1. Bevezetés

A közelségi gyújtók azon az elven működnek, hogy a céltől egy bizonyos távolságban robbantják a lövedék robbanótöltetét. E tulajdonságuk alkalmassá teszi őket arra, hogy bizonyos mértékig kiszorítsák mind a csapódó, mind az időzített gyújtókat. A csapódó gyújtók közül elsősorban a pillanathatásúak azok, amelyek létét a közelségi gyújtó veszélyezteti. A pillanatgyújtók ugyanis általában a repeszgránátok gyújtói, a repeszgránátokat pedig főleg fedetlen vagy árokban tartózkodó élőerők ellen alkalmazzák. A közelségi gyújtó légirobbanást ad és így a repeszhatást jelentősen megnöveli. Szokás ugyan a repeszgránátoknál légirobbanás elérésére időzített gyújtókat is alkalmazni, a közelségi gyújtó azonban jobb erre a célra, mert a földfelülettől való működési távolsága független a lövedék szórásától és a röpidőtől, ennek következtében a terep hullámosságától is. Légvédelmi alkalmazásban a közelségi gyújtóval ki lehet küszöbölni az időzített gyújtó időszórását, ezáltal a találati valószínűség növekszik.

A növekedés mértékére nézve elegendő számú statisztikai adat nem áll rendelkezésre, egyes amerikai cikkírók kb. 20–30-szorosra becsülik a közelségi gyújtóval szerelt légvédelmi gránátok hatásosságát az időzített gyújtóval szereltkéhez képest.

A közelségi gyújtóval hatásvnövekedést természetesen csak akkor lehet elérni, ha helyesen választjuk meg a működési távolságot. A lövedék robbanásának a céltől való távolságától függ ugyanis a repeszűrűség és a repeszek kinetikai energiája a célban. Feladatunk tehát a működési távolság meghatározása. Ezt légicélok esetében oldjuk meg.

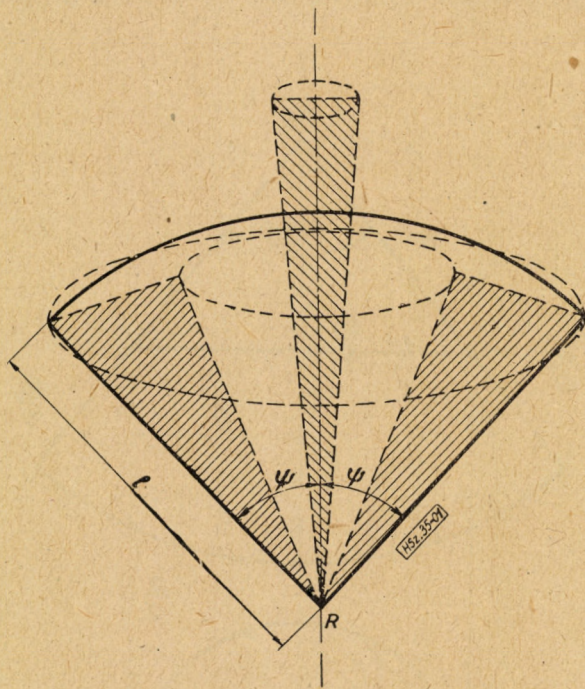
Földi célok ellen légirobbanással működő repeszgránátok esetében ugyanis a célszerű robbanási magasságok értékét már kidolgozták. Időzített gyújtó alkalmazásakor pl. „A 122 mm repesz-robbanó gránát működése légirobbanásnál” c. segédletre [2] utalhatunk, a felpattanó lövedék robbanási magasságával kapcsolatban pedig *Heydenreich*: „Grundprobleme der Zünder” c. cikkére [5]. Így ezzel a kérdéssel itt nem foglalkozunk. Légicélok esetében a működési távolság kiszámítását két módszerrel kell elvégezni. A hatásvos találat elérésére szükséges egyrészt, hogy a célt elegendő számú repesz találja el, másrészt, hogy a célt eltaláló repeszeknek elegendő átütési energiája legyen. Ez a két feltétel két távolságot ad és a kettő közül a kisebbiket kell hatásvos működési távolságnak választanunk. A számításokban nem tudjuk a valóságos viszonyokat pontosan figyelembe venni, ezért a következő feltevéseket vezetjük be:

- a) a céltárgy a számított magasságban mozdulatlanul áll,
- b) a lövedék hossz tengelye függőleges,
- c) a célfelület gömb,
- d) a lövedék repeszai egy kúp mentén egyenletesen oszlanak meg.

Az alkalmazott közelítések, az a) kivételével, a számítások elvégezhetővé tételéhez szükségesek. Az c) alatti közelítést az 5. pontban elhagyjuk és a végső eredményhez így jutunk el. A többi közelítés és feltevés arra vezet, hogy nem kapunk pontos eredményt, az eltérés viszont — mint ezt egy konkrét számítás eredménye és a gyakorlatban kialakult robbanási távolság összehasonlítása mutatta — nem nagy, így ez a számítási módszer, a végső beszabályozó kísérletek előtt, jó tájékoztató értékeket ad.

### 2. Az elegendő számú hatásos repeszből adódó működési távolság

A lövedék robbanásakor a repeszek az 1. ábrán szakadozott vonallal ábrázolt, vonalkázott keresztmetszetű két kúp belsejében terjednek. (A belső kúpot a lövedék csúcsrészéből, a külső kúpot a lövedék hengeres palástjából keletkező repeszek alkotják, a fenékrészből képződő repeszeket nem vesszük figyelembe.) A két kúp között nincs



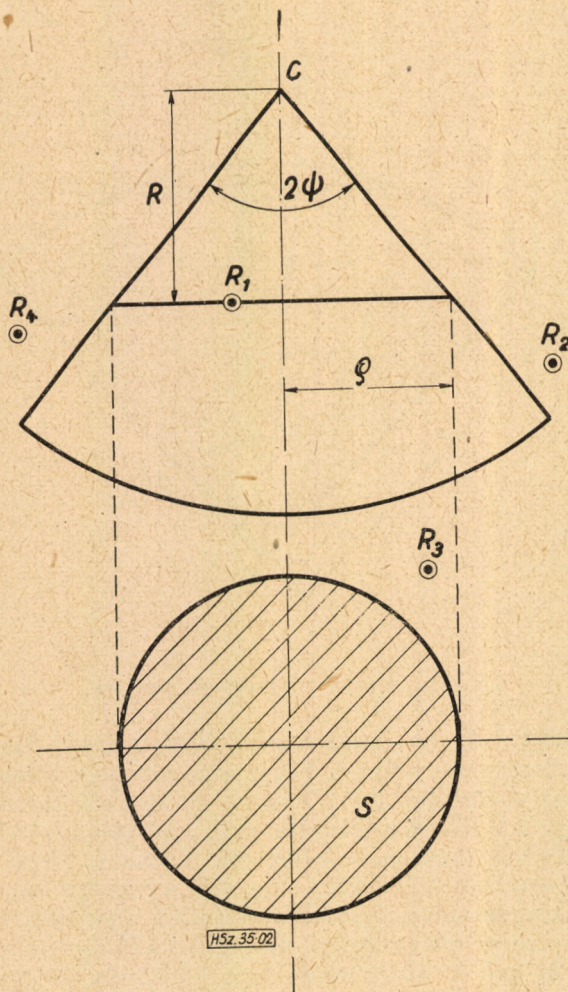
1. ábra. A lövedék repeszének eloszlása

mindig holt tér, mint ezt az ábra mutatja. Legtöbbször az a helyzet, hogy ezen a helyen kisebb a repeszűrűség. Az 1. ábrát úgy kell elképzelni, hogy a lövedék robbanása után egy bizonyos idő elteltével mutatja a helyzetet. Látható, hogy a csúcsrészéből képződött, nagyobb sebességű repeszek messzebbre jutottak a palástból képződötteknél. Ilyen viszonyokra számítását végezni rendkívül nehéz, ezért tehát úgy tekintjük, hogy a repeszek a  $2\psi$  nyílásszögű kúpkban egyenletesen oszlanak el és sebességük is egyenlő.

A repeszek közös sebességének a lövedék hengeres palástfelületéből képződött repeszek sebességét vesszük, mert az előremenő repeszeknek 70–85%-a a palástból származik. A valóságos helyzet tehát a feltételezettnél a repeszsebesség szempontjából valamivel jobb, a repeszeloszlás egyenletességének feltételezése miatt pedig némileg rosszabb, ezért e két feltételezés folytán jelentkező hiba egymással szemben hat, a kapott eredményekre tehát csak kis befolyása lesz.

Így a két kúp helyett egy gömbcikket kapunk, amelynek keresztmetszete az ábrán folytonos vonallal kihúzva látható. A gömb  $I$  sugara az a távolság, amelynek megtétele után a repeszek sebessége még éppen akkora, hogy az ebből adódó kinetikus energia a cél átütéséhez elegendő. Ha tehát a cél ennek a gömbcikkeknek a belsejében van, a lövedék repeszai hatásos találatokat okoznak rajta, ez a gömbcikkek tehát a lövedék repeszének hatásos körzete.

Ha most ezt a gömbcikket a célpontból, mint gömbközéppontból szerkesztjük meg (2. ábra), akkor — az előbb elmondottak alapján — nyilvánvaló, hogy azok a robbanópontok, melyek ezen a gömbcikken belül vannak, veszélyesek a célra,



2. ábra. A hatásos repeszgömbcikk

a többiek azonban nem. A 2. ábrán látható esetben csak a gömbcikken belül fekvő  $R_1$  robbanópontból juthatnak hatásos repeszek a célba, az  $R_2, R_3, R_4$ -ből nem. A továbbiakban az  $R_1$  robbanópontban történő robbanást vizsgáljuk.

A célba jutó repeszek számát a következő megfontolással tudjuk az ábrán jelzett viszonyokból megállapítani. Az  $R_1$  robbanópontból induló repeszek száma a lövedék előremenő összrepsz-számával,  $N$ -nel azonos. Ezek a repeszek az  $S = \rho^2 \pi$  felületen haladnak keresztül. De mivel a repeszek eloszlását egyenletesnek tételeztük fel, az  $s$  felületű célra jutó repeszek  $n$  száma úgy aránylik az  $N$  összrepsz-számhoz, mint ahogy az  $s$  célfelület az  $S$  felülethez. Vagyis

$$\frac{n}{N} = \frac{s}{S}.$$

Ha adott az  $s$  célfelület és a lövedék  $N$  összrepsz-száma, akkor ebben az egyenletben az  $n$  és  $S$  ismeretlen csupán. De a célra jutó repeszek száma helyett vehetjük mindjárt azt a repesz-számot, mely a cél megsemmisítéséhez szükséges. Az irodalom [1] szerint, ha a 10 grammnál súlyosabb repeszeket vesszük, akkor a cél megsemmisítéséhez szükséges hatásos repeszszám  $n = 5 \sim 10$ . Így egyenletünket  $S$ -re megoldhatjuk:

$$S = \frac{Ns}{n}.$$

Az  $S$  felület a 2. ábra szerint  $S = \rho^2 \pi$ , ahol a  $\rho$  sugár kifejezhető a repesz-kúpszög segítségével  $\rho = R \cdot \operatorname{tg} \psi$ , vagyis

$$S = \rho^2 \pi = R^2 \cdot \pi \cdot \operatorname{tg}^2 \psi.$$

Az  $S$  két értékét egymással egyenlővé tesszük, majd a kapott egyenletet  $R$ -re megoldjuk; az eredmény:

$$R = \sqrt{\frac{Ns}{n \pi \operatorname{tg}^2 \psi}}. \quad (1)$$

Ez nem más, mint a keresett működési távolság. Vagyis az  $N$  összrepsz-számú lövedéket az  $s$  felületű céltől  $R$  távolságra kell robbantani, hogy a célt  $n$  számú repesz érje. De a felsorolt állandó tényezőkön kívül befolyásolja az  $R$  működési távolságot a  $2\psi$  repesz-kúpszög nagysága is; ez a pályamenti sebesség függvényében változik.

### 2.1. A lövedék repesz-kúpszöge

Vizsgáljuk meg a repeszek kezdősebességét. A  $v_n$  kezdősebesség három sebességkomponens összegeként adódik (3. ábra). Az összetevők:

- a repeszeknek a robbanótöltet robbanásától kapott  $v_r$  sebessége; ennek nagysága a töltési együttható függvénye, tehát adott lövedékre állandó [2];
- a lövedék pályamenti  $v_k$  haladási sebessége a lőtáblázatból olvasható le;
- a lövedék forgásából adódó  $v_f$  kerületi sebesség; ennek nincs a repesz-kúpszögre befolyása.

A repesz kezdősebessége ezek vektoriális összege. Mivel  $v_r$  állandó,  $v_f$  pedig nem befolyásolja a repesz-kúpszöget  $\left( \operatorname{tg} \psi = \frac{v_r}{v_k} \right)$ , így a repesz-kúpszög csak a pályamenti sebesség

függvénye. A  $2\psi$  szög nagysága  $90^\circ$  és  $160^\circ$  között változik, a kísérleti eredmények [3] szerint.

Látható tehát, hogy a pálya mentén, a  $v_k$  csökkenése folytán a  $tg\psi$  nő, s így az  $R$  működési távolságnak csökkenenie kell.

### 3. Elegendő hatásos energiájú repeszből adódó működési távolság

Ez a távolság nem más, mint a lövedék hatásos repeszgömbcikkének  $I$  sugara. Kiszámításához a következő megfontolásokat használjuk fel.

A repesznek a robbanás pillanatában  $v_n$  kezdősebessége van. A légellenállás hatására a sebesség fokozatosan csökken. Mivel korszerű, nem páncélozott repülőgépek leküzdéséhez  $E_h = 70 \sim 100$  mkg energia szükséges [1], ezért ha a repeszek átlagsúlya  $G_r$  kg, akkor ebből minimálisan

$$v_h = \sqrt{\frac{2gE_h}{G_r}} \quad [\text{m/sec}]$$

hatásos sebességet kapunk.

Kérdés, hogy a  $v_n$  sebesség mekkora  $I$  út megtétele után csökken le a  $v_h$  minimálisan szükséges hatásos sebességre. Ennek kiszámítását a külső ballisztika segítségével tudjuk elvégezni.

A repesz röppályáját egyenesnek tekintjük, azaz a súlyerő hatását elhanyagoljuk. Ez kis távolságoknál megengedhető, hiszen a pályának az egyenestől való eltérése (a súlyerő hatására) 300 méter távolságon nem lépi túl a  $2^\circ$ -ot. Ezzel a feltételezéssel a repeszre csak a légellenállás ereje hat, annak hatására lassul. Írjuk fel tehát a gyorsulást:

$$\frac{dv}{dt} = -a \cdot H(y) \cdot F(v) = -a' \cdot F(v),$$

ahol  $a$  a repesz alaki tényezője,  $H(y)$  a magasság függvénye (a légsűrűség változása),  $F(v)$  a sebesség függvénye.

Az előző egyenletből

$$dt = -\frac{1}{a'} \cdot \frac{dv}{F(v)}$$

$$\text{De } \frac{dx}{dt} = v, \text{ és így } dx = vdt = -\frac{1}{a'} \frac{v dv}{F(v)}$$

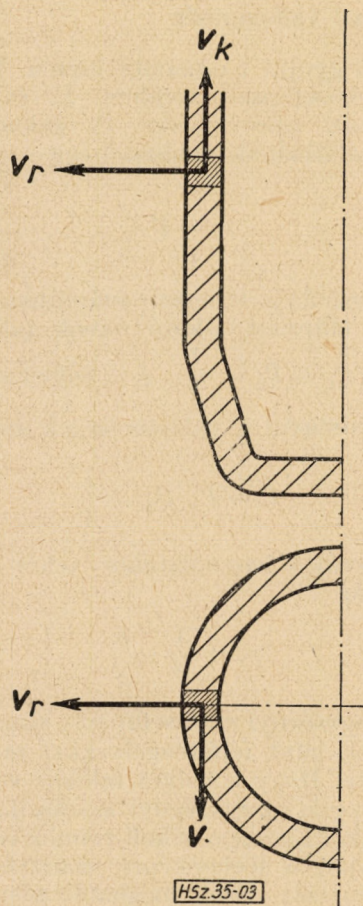
Ha ezt integráljuk, megkapjuk a repesz által megtett utat:

$$x = -\frac{1}{a'} \int \frac{v dv}{F(v)}$$

Az itt szereplő integrált Siacci kiszámította és táblázatba foglalta. Ez az integrál:

$$D(v) = -\int_a^v \frac{v dv}{F(v)},$$

melyben az  $a$  alsó határ értéke ismeretlen. Ezért, ha azt az  $I$  távolságot akarjuk kiszámítani, amelyet a repesz addig tesz meg, amíg a sebessége  $v_n$ -ről  $v_h$ -ra csökken, vagyis, ha az



3. ábra. A repeszsebesség összetevői

$$I = -\frac{1}{a'} \int_{v_n}^{v_h} \frac{v dv}{F(v)}$$

integrált akarjuk meghatározni, akkor ezt át kell alakítanunk a határozott integrál szabályai szerint úgy, hogy a Siacci-táblázatban szereplő alakot kapjunk. Az átalakítás:

$$\begin{aligned} -\int_{v_n}^{v_h} \frac{v dv}{F(v)} &= -\int_a^{v_h} \frac{v dv}{F(v)} - \left( -\int_a^{v_n} \frac{v dv}{F(v)} \right) = \\ &= D(v_h) - D(v_n). \end{aligned}$$

Így tehát a hatásos repeszgömbcikk sugara, vagyis a hatásos energiájú repeszből számított méterben mért működési távolság

$$I = \frac{1}{a'} [D(v_h) - D(v_n)]. \quad (2)$$

Ezt összehasonlítva az (1) egyenletből kapott értékkel, azt találjuk, hogy általában  $I > R$ , tehát a hatásos működési távolságnak az  $R$ -et kell választanunk. De ezt minden esetben külön meg kell vizsgálni.

Megjegyzés: a  $D(v_h)$  és  $D(v_n)$ , valamint a  $H(y)$  érték táblázatból vehető ki [4], az  $a' = a \cdot H(y)$ -ban szereplő  $a$  alaki tényező értéke pedig 60-tól 90-ig nő, amíg a sebesség 800 m/sec-től 300 m/sec-ig csökken.

#### 4. A találati valószínűség

Csapódó gyújtó használata esetén, ha az egységnyi szórásellipszis területe  $\Sigma$ , és e terület eltalálásának valószínűsége  $P$ , akkor az  $s$  célfelület eltalálásának valószínűsége

$$p_1 = P \frac{s}{\Sigma}$$

A  $P$  valószínűség könnyen számítható, mert az egységnyi ellipszist alkotó sávok találati valószínűsége  $P_1 = P_2 = \frac{1}{2}$ . A  $\Sigma$  felület számításbavétele alkalmával a valószínűségek szorozódnak:

$$P = P_1 \cdot P_2 = \frac{1}{4}$$

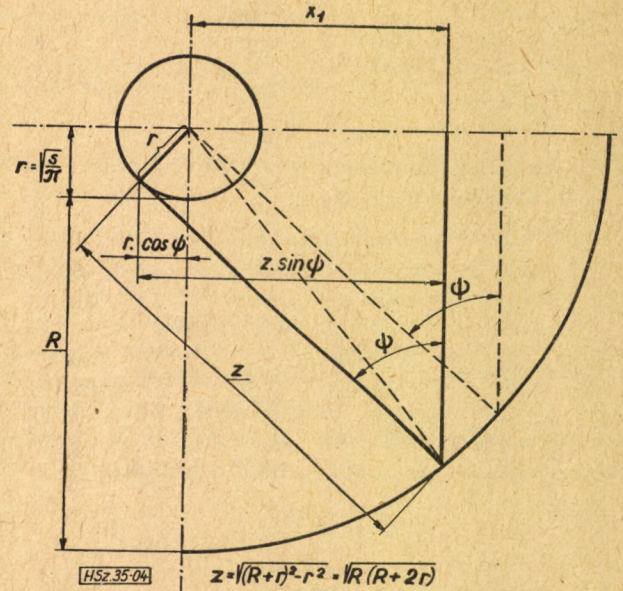
Csapódó gyújtó használatakor tehát a találati valószínűség:

$$p_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{s}{\Sigma}$$

A  $\Sigma$  az egységnyi szórásellipszis, azaz a közepes eltérésekkel, mint félfőtengelyekkel rajzolt ellipszis területe. Hogy a helyes találati valószínűség értékét kapjuk, az egységnyi szórásellipszis meghatározásakor figyelembe kell venni a célmeghatározás hibáját, a löelemképző számítási hibáját, a löveg szórását. Ezek meghatározása után kiszámítjuk az eredő szórást, vagy ennek közepes eltéréseit ( $S_{zh}$  és  $S_{zsz}$ ). Ezekkel az eredő egységnyi szórásellipszis területe:

$$\Sigma = \pi S_{zh} S_{zsz}$$

Ez a terület közelségi gyújtó alkalmazása során sem változik. A találati valószínűség növekedése azért következik be, mert a közelségi hatás ered-

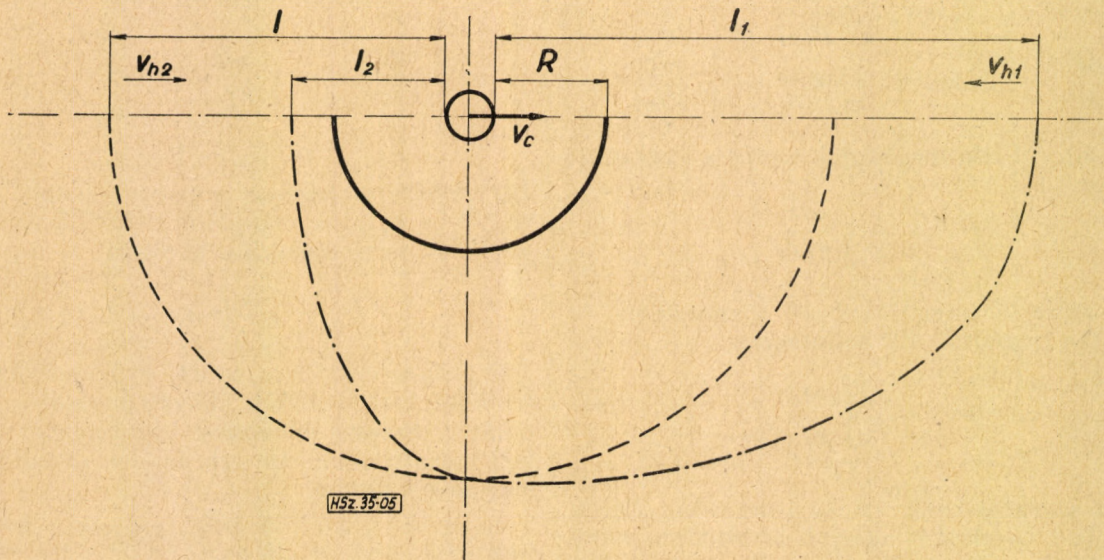


4. ábra. A közelségi gyújtó találati viszonyai

ménye olyan, mintha a cél növekedne meg  $s = r^2 \pi$  felületűről  $s' = (R + r)^2 \pi$  felületűre. A valóságos esetben azonban nem ilyen egyszerű (4. ábra).

Ha az  $s$  felületű célt  $r = \sqrt{\frac{s}{\pi}}$  sugarú gömbnek tételezzük fel, akkor a 4. ábrán jelzett viszonyokat kapjuk. Ha a működési távolság  $R$ , akkor az a  $\sigma$  terület, amely a találat szempontjából hatásos,  $x_1^2 \pi$ . Az  $x_1$  sugáron kívül robbanó lövedékek repeszei ugyanis nem érik a célt. Számítsuk ki ezt az  $x_1$  sugarat:

$$x_1 = z \cdot \sin \psi - r \cos \psi = \sqrt{R(R+2r)} \sin \psi - r \cos \psi$$



5. ábra. A célsebesség befolyása az  $I$  távolságra

A közelségi gyújtó használata esetén a találati valószínűség

$$p_2 = \frac{1}{4} \frac{\sigma}{\Sigma} = \frac{1}{4} \frac{x_1^2}{S_{zn} \cdot S_{zs}} \quad (3)$$

### 5. A célsebesség befolyása

A bevezetésben  $a$  alatt említett kezdeti feltételt elhagyva, azt fogjuk vizsgálni, hogy egy  $v_c$  sebességgel mozgó cél eddigi eredményeinket mennyiben módosítja.

Ha felvesszünk egy  $v_c$  célsebességet, akkor módosulni fog a repesz és a cél relatív sebessége, amelyből a repesz energiáját meghatározhatjuk. Nevezetesen, ha a cél és a repesz szembe haladnak egymással, akkor a relatív sebesség nagyobb, mint a repesz abszolút sebessége, egyirányú mozgás alkalmával pedig kisebb. Vagyis csak a (2) egyenletben szereplő  $I$  érték módosul a célsebesség figyelembevételére esetén (5. ábra). Ha a repesz és cél szembe találkozik, akkor

$$v_{h1} = v_h - v_c,$$

így  $I_1 > I$ , tehát még nagyobb lehetne a működési távolság (ha nem lenne  $R < I$ ). Látható, hogy a kritikus eset a másik, a célt követő irányú repesz esete. Ekkor

$$v_{h2} = v_h + v_c,$$

s ezzel kiszámoljuk a hatáson távolságot:

$$I_2 = \frac{1}{a'}, \left[ D(v_{h2}) - D(v_n) \right] \quad (4)$$

Ha  $I_2 > R$ , akkor marad az  $R$  érték, ellenkező esetben az  $I_2$  működési távolsággal kell számolni.

### 6. A számítások eredményeiből levonható következtetések

A 6. ábránk mutatja az (1) és a (4) egyenletek alapján számított  $R$ , valamint  $I_2$  értékeket a magasság függvényében egy adott esetben. Látható, hogy a lómagasság növelésével a helyzet romlik. A célsebesség és a repeszsebesség hatása ( $I_2$ ) nem befolyásolja az adott esetben a működési távolságot. Az (1) egyenletből kapott  $R$  érték a döntő. Ez, mint látjuk, függ az  $s$  célfelülettől.

A közelségi gyújtó esetében azonban a cél méretei befolyásolják a visszavert jel intenzitását. Mégpedig a cél felületét  $k$ -szorosra növelve, változatlan rádiószerelvénnyel a gyújtó működési távolsága  $\sqrt{k}$ -szor lesz nagyobb. Az (1)-ből számított  $R$  távolságot a célfelület olyként módosítja, hogyha

$$\text{ha } s_2 = k \cdot s_1,$$

akkor

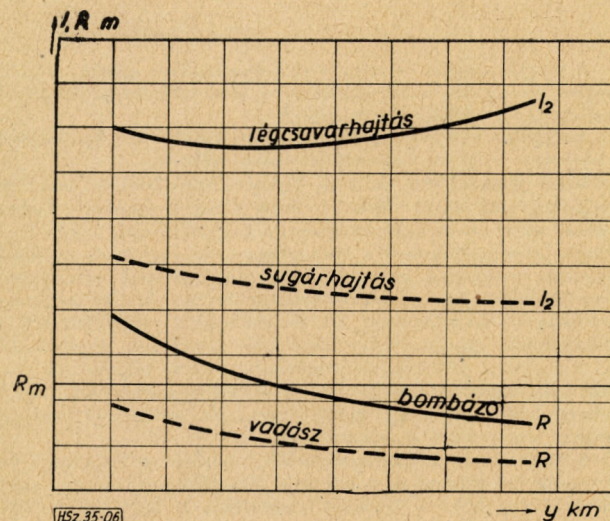
$$R(s_2) = R(k \cdot s_1) = \sqrt{\frac{Nks_1}{n\pi t g^2 \psi}} = \sqrt{k} \sqrt{\frac{Ns_1}{n\pi t g^2 \psi}} \quad \text{és}$$

$$R(s_1) = \sqrt{\frac{Ns_1}{n\pi t g^2 \psi}} \quad (5)$$

vagyis  $R(s_2) = \sqrt{k} \cdot R(s_1)$ . Az  $s_1$  célfelületet véve, az  $n$  hatásos repesz találatra beállított közelségi

gyújtó működési távolságát a célfelület változása pontosan úgy módosítja, hogy a célt mindig  $n$  hatásos repesz éri. A közelségi gyújtó működési távolságáról tehát mindig csak valamely célfelülettel kapcsolatban lehet beszélni.

Az állandó  $n$  esetre számított  $R$  távolság a magasság függvényében csökken. A gyújtón



6. ábra. Az  $I$  és az  $R$  a magasság függvényében

azonban csak egy állandó  $R_m$  távolságot lehet beállítani. Az (1) és (3) egyenletből látható, hogy  $R$  növelésével  $n$  csökken, viszont  $p_2$  növekszik. Ebből az a feltevés adódik, hogy ott lesz az optimális működési távolság, ahol a két tényező szorzata maximumot ad. A vizsgálat azt mutatja, hogy a pozitív  $R$  értéktartományban az  $np_2$  szorzat értéke monoton csökken (a  $\frac{d(np_2)}{dR}$  érték

minden pozitív  $R$ -nél negatív), tehát a keresett maximum nem létezik.

Az  $R_m$  működési távolságot tehát olyan értékűnek választjuk meg, hogy a közepes lómagasságokon a célt  $n$  hatásos repesz érje és ekkor a  $p_2$  találati valószínűség értéke is elegendő nagyságú lesz. Ebben az esetben természetesen számítanunk kell arra, hogy nagyobb lómagasságoknál a célt nem éri a megsemmisítéshez elegendő számú hatásos repesz. Ez azonban még mindig jobb, mint ha a működési távolságot túlságosan kicsire választanánk, s ezáltal a találati valószínűség nagyon lecsökkenne. Ekkor a lövedékek zöme a működési távolságon kívül menne el a cél mellett minden hatás nélkül.

### Irodalom

- [1] Légvédelmi tüzér löelmélet II. rész, 1. füzet. Budapest (1950).
- [2] A 122 mm repesz-robbanó gránátműködése légi-robbanásnál. Budapest (1954).
- [3] Légvédelmi tüzér löelmélet II. rész, 2. füzet. Budapest (1950).
- [4] Légvédelmi tüzér löelmélet II. rész, 3. füzet. Budapest (1950).
- [5] Heydenreich: Grundprobleme d. Zünder, Wehrtechn. Mhefte, 53—7 (1956).

## Kisméretű gázturbinás sugárhajtómű kísérleti üzeme és jelleggörbéinek meghatározása

A nagysebességű és nagy vonóteljesítményt igénylő repülőgépek vontatására mindinkább a gázturbinás hajtóművek valamelyik fajtáját használják fel.

Az utóbbi időben a gázturbinás hajtóműveket kis teljesítményekre is egyre sikeresebben alkalmazzák.

Mind gyakrabban hallunk híreket 100–200 kg tolóerejű sugárhajtóművekről. Ezen a téren főleg a francia „Turbo-méca” elnevezésű gázturbiná-család egyes típusai tűnnek ki. Nagy teljesítményeken a gázturbiná és a dugattyús motorok közötti verseny a gázturbiná javára lezártnak tekinthető, ezzel szemben kis teljesítmények esetén ez a kérdés még nem tekinthető eldöntöttnek. Itt is többnyire megtalálhatók a gázturbinás hajtóművek előnyei, bár már nem domborodik ki annyira a gázturbinás sugárhajtóművek fölénye. A gázturbinás sugárhajtóművek, de általában a gázturbinák egyik súlyos hátránya, hogy gazdaságosságuk csökken a tolóerő, vagyis a gépméret csökkentésével.

A gázturbinás sugárhajtóművek tolóereje a fajlagos 1 kg levegőre eső tolóerő és a hajtómű levegőfogyasztásának szorzatával egyenlő. A tolóerőt elsősorban a hajtómű levegőfogyasztása, vagyis egyes részeinek kompresszor-, turbina-stb. mérete határozza meg. Kisteljesítményű hajtóművön kismennyiségű levegő áramlik át, ezért kisebbek lesznek a gépméreték, s egyúttal csökken az egyes géprészek hatásfoka: az ún. részhatásfokok, elsősorban a kompresszoré és a turbinaé. Ez azután az egész hajtómű gazdaságosságát csökkenti.

Lehetséges egy másik megoldás is. A fajlagos vonóerő csökkentése révén megnövelni a hajtómű levegőfogyasztását; ezáltal részben elkerülhető a gépméreték csökkenése. A fajlagos vonóerő csökkenése azonban elsősorban a hajtómű nyomásviszonya és a turbina előtti hőmérséklet csökkentésével érhető el. Ez a módszer pedig a hajtómű gazdaságosságát sokkal nagyobb mértékben rontja, mint a gépméreték csökkentéséből adódó részhatásfokok romlása.

Az egyedül járható út tehát a fajlagos tolóerő maximális értéken tartásával csökkenteni a levegőfogyasztást és a lehető legkisebb mértékre korlátozni a gépméreték csökkentéséből származó részhatásfokok romlását.

### 1. A kísérleti gázturbiná tervezése és felépítése

#### 1.1. A kísérlet körülményei és célkitűzései

Világszerte hatalmas méretű kutatómunka folyik a gázturbinák tökéletesítésére, tolóerejük növelésére, gazdaságosságuk javítására. A gázturbinák fejlesztéséből magyar mérnökök is kivették részüket. Hazánkban már jóval a II. világháború előtt megindultak a tervezési munkák és kísérletek a gázturbinák fejlesztésére. Jendrassik György és munkatársai többek között légszavaras repülőgép-gázturbinát is terveztek. A gép a háborús események következtében nem került végleges kipróbálásra. E szép reményekkel biztató munka a háború kitörésével félbeszakadt és közel egy évtized múlt el a kísérletek folytatása nélkül.

\*Bp. Műszaki Egyetem Gázturbinák Tanszéke (Brodzky Dezső egyet. tanár).

Az utóbbi néhány év azonban javulást hozott e téren. A légierők igen hasznos üzembentartási tapasztalatokat szereztek. A Ganz Vagon- és Gépgyárban, úgyszintén a Budapesti Műszaki Egyetem Gázturbiná Tanszékén is sikeres munka indult meg a gázturbinák tanulmányozására és bizonyos mértékű továbbfejlesztésére. Tanulmányunk a Gázturbiná Tanszék egyik ilyen kísérletsorozatáról számol be, amelyet a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával végeztünk.

A kísérlet folyamán a turbófeltöltőből átalakított kisméretű repülőgép sugárhajtóművön végeztünk méréseket az üzemi jellemzők meghatározására. A kísérletek közben a lehetőséghez képest megvizsgáltuk a hajtómű tolóerő-növelésének és hatásfoka megjavításának lehetőségeit is.

A kísérlettel elsősorban üzemi és szerkesztési tapasztalatot kívántunk szerezni. Módunkban volt tanulmányozni az egyes géprészek és az egész gázturbiná üzemi jellemzőinek változását, különböző fűvócső kiömlő-keresztmetszetek esetében. A kísérletek folyamán meghatároztuk a hajtómű összműködési jelleggörbéjét; ezt később hasonló vizsgálatokban igen előnyösen lehet felhasználni.

E kísérleti hajtómű megépítése számottevő mértékben segíti a repülőmérnök egyetemi hallgatók eredményesebb képzését is, mivel e turbinán a sugárhajtóművek üzemében előforduló összes lényeges problémák tanulmányozhatók, és a gázturbiná témakörben szokásos összes mérések elvégezhetők. E kísérletek elvégzésének távlati célja nem utolsósorban az volt, hogy megvizsgáljuk egy esetleges kísérleti célrepülőgép-sugárhajtómű építésének kérdését. Eleve tisztában voltunk azzal, hogy ettől az igen régi típusú kísérleti berendezéstől jó eredményeket nem várhatunk, azonban ez a körülmény nem áll ellentmondásban a kísérlet célkitűzésével.

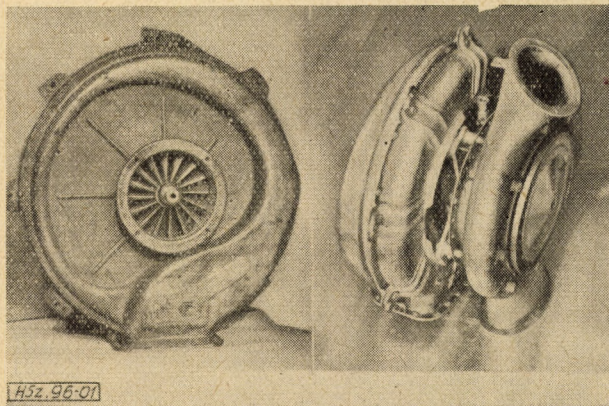
#### 1.2. A turbófeltöltő ismert adatai, átalakítása gázturbinává

E kísérletekre átalakított gázturbinát eredetileg turbófeltöltőként használták a Liberator-típusú amerikai bombázórepülőgépeken; a példányt a háború folyamán lezuhant gépek roncsaiból termelték ki.

A turbófeltöltő az 1. ábrán látható, kevésszámú ismert műszaki adatait a következőkben foglalhatjuk össze:

Az eredeti fordulatszám percenként 24 000–25 000, a kísérletek folyamán percenként 21 000

fordulatszámot engedünk meg. A turbina állólapátok üzemi hőmérséklete, vagyis a turbina előtti maximális hőmérséklet (a továbbiakban maximális hőmérséklet) 750–800 C° volt, jelenleg üzem közben csak 700 C° maximális hőmérsékletet engedünk meg. Ezekre az óvatossági rendszabályokra azért volt szükség, mert a laboratóriumi vizsgálatokból arra lehetett következtetni, hogy mind a turbinalapát, mind a lemezszerkezetű turbinaház valószínűleg jelentős átkristályosodási szemesedürvulási folyamaton és kristályközötti



1. ábra. A turbófeltöltő összeszerelt állapotban

korrozión ment keresztül. Ez a körülmény az üzemeltetés alkalmával mindenesetre óvatosságra int.

A kompresszor egyfokozatú, egyoldali beömlésű, centrifugális rendszerű. A turbina hagyományos megoldású akciós rendszerű; meglehetősen régi, elavult típusú lapátjait a csatornaelmélet szerint szerkesztették. A forgórész egyetlen közös tengelye a középső alumíniumházban forog. Erre az alumíniumházra van kétoldalt a turbina és kompresszorház hegesztett lemezszerkezete ráerősítve.

A motorra felszerelt turbófeltöltőnél a kompresszor és a turbina közötti termikus kapcsolat a dugattyús motoron keresztül valósul meg. Gázturbinává való átalakításakor a kompresszor kiömlő- és a turbina beömlőcsonkját tüzelőkamra segítségével kapcsoljuk össze. Ilyenformán a kompresszorban összesűrített levegő a tüzelőkamrában felhevülve a kompresszort forgató turbinára áramlik, s itt energiájának egy részét elveszti. A gáz a turbinából a fúvócsőbe jut, hol a környezeti nyomásig expandálódva sebessége megnő, és tolóerőt hoz létre.

A kísérleti hajtómű üzeméhez szükséges segédberendezések elvileg azonosak a jelenleg használt gázturbinás sugárhajtóművek segédberendezéseivel. Szerkesztésük során természetesen figyelembe vettük saját lehetőségeinket, ezért e segédberendezések egyszerűbbek és az üzemérett gépektől eltérően nincsenek automatizálva.

A kísérleti hajtómű átalakításához és üzemeltetéséhez sikerrel használtuk fel a már meglévő kísérleti berendezéseink egy részét is.

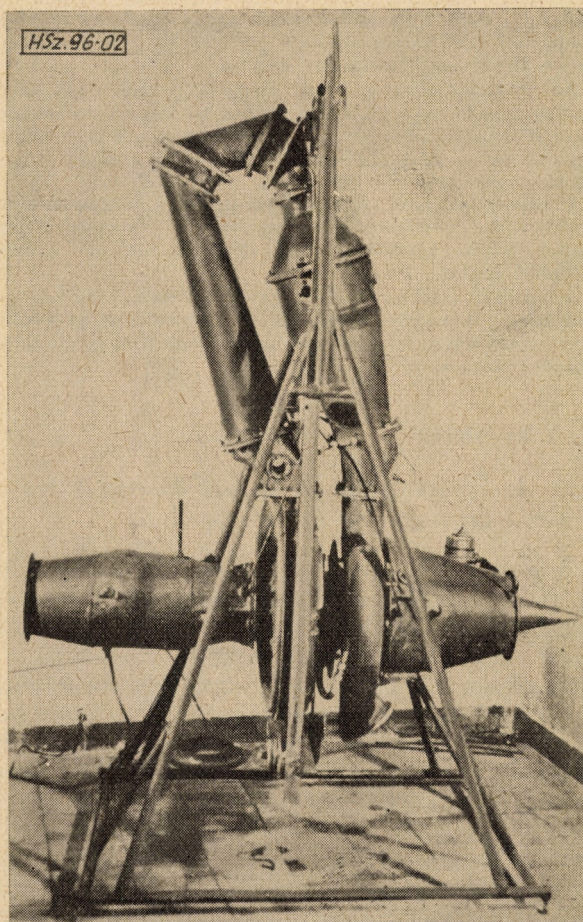
A 2. ábrán látható módon megterveztük és elkészítettük:

- a hajtómű tüzelőkamráját,
- a kompresszort és az égőteret összekötő levegővezető-csővet,
- a hajtómű szervomotorral változtatható keresztmetszetű fúvócsövet,
- a gyújtó- és indítóberendezést,
- a hűtött olajrendszert, végül
- a hajtómű és az indító üzemanyag rendszerét.

A fő üzemanyagrendszer szivattyúját a turbina megszaladásának megakadályozására külön villanymotor hajtja. Megterveztük és elkészítettük a hajtómű tolóerő méréséhez szükséges ingarendszerű felfüggesztést és a tolóerőt mérő mérleget.

A gázturbiná üzeme alatt az alábbi mennyiségeket kell mérnünk:

- a turbina fordulatszámát a középső alumíniumházba beépített olajszivattyú tengelycsonkjáról;



2. ábra. A kísérleti berendezés első változata: jól látható a szívócső, beépített indítómotorral, a kompresszor, a fordulókamra, az égőter, a turbina, valamint a szabályozható kiömlő-keresztmetszetű fúvócső

b) a hajtóművön átáramló levegő mennyiségét, a szívócső elején elhelyezett merőperemmel;

c) a hajtómű különböző részein fellépő nyomásokat és hőmérsékleteket: nevezetesen a szívócső előtt  $p_0$ ,  $t_0$ ; a kompresszor előtt  $p_1$ ,  $t_1$ ; a kompresszor után  $p_2$ ,  $t_2$ ; a tüzelőkamra után  $p_3$ ,  $t_3$ ; a turbina után  $p_4$ ,  $t_4$ ; fűvócső végén  $p_5 = p_0$ ,  $t_5$ .

A nyomásokat víz-, illetve higanymanométerrel mérjük és a pontosabb mérés céljából lefénnyképezjük, majd a kísérlet után értékeljük ki. A hőmérsékleteket termoelemes torlópont-hőmérővel határozzuk meg. Mind a nyomás-, mind a hőmérsékletmérések alkalmával a mérési hibák lehetőség szerinti kiküszöbölése végett egy keresztmetszetben egyszerre legalább két pontban is mérünk.

A hajtómű tüzelőanyagfogyasztása meghatározásához előre kimért, meghatározott mennyiségű tüzelőanyag elfogyasztásának idejét mérjük.

A kísérleti berendezés építése 1954 nyarán kezdődött és az első változatokat 1956 áprilisában próbáltuk ki. A kísérleti berendezés első változatát a 2. ábrán látjuk. E konstrukción felismerhető a repülőgép-sugarhajtómű jellegre való törekvés. Ezt mutatja a szívócsőbe áramvonalasan beépített indítómotor és az ugyancsak sugarhajtómű jelleggel illeszkedő fűvócső. Kedvezőtlen, hogy ezt a hatást a hajtómű tengelyére merőlegesen illeszkedő csöves tüzelőtér számottevő mértékben lerontja. Azért választottuk ezt a megoldást, mert ilyen módon az előző kísérleteinkből meglevő, de még nem eléggé ismert tüzelőtérrel használhattunk fel.

Az ilyen kialakítású sugarhajtóművel elsősorban az indítóberendezés nem kielégítő működése következtében nem sikerült megindulni. A szívócsőbe beépített indítómotor ugyanis az indulási kísérletekhez szükséges gyakori és erőteljes üzemre nem volt alkalmas.

E tapasztalatokon okulva, a hajtómű indítóberendezését átterveztuk. Indítómotorként egy bőven méretezett egyenáramú motort használtunk fel, amely a turbínát gyorsító áttétellel hajtja.

A hajtómű ezzel az indítóberendezéssel viszonylag könnyen megindult és megkezdődhettek a kísérletek a gázturbina egyes részeinek és az egész hajtómű üzemi viszonyainak tanulmányozására.

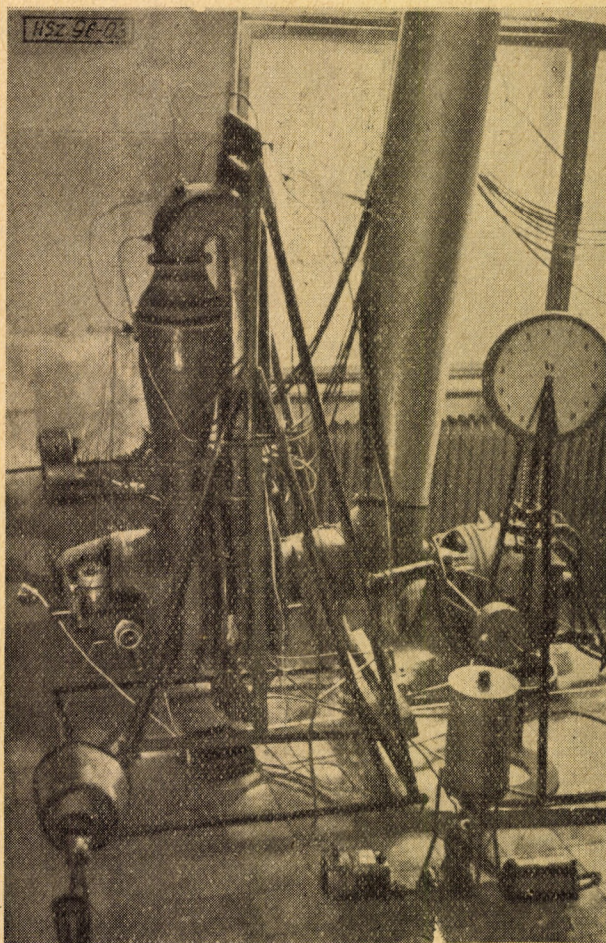
## 2. A kísérletek

### 2.1. A sugarhajtóművel végzett kísérletek és az üzemi tapasztalatok ismertetése

A hajtómű a 2. ábrán látható változatban, de új indítóberendezéssel kb. 8000/min fordulatszám felett viszonylag elég nagy, 650–660 C° turbina-előtti hőmérséklettel kielégítően működött. A mérések során kitűnt, hogy a kompresszor kiömlős és az égőtér beömlőcsőjét összekötő fordulókamrában (2. ábra, c) igen nagy (5%) a nyomásvesztés, majdnem akkora, mint az égőtérben. Ennek következtében a hajtómű tolóereje kevés (maximálisan 29 kg), fajlagos fogyasztása pedig igen nagy volt, legkisebb értéke 3,4 kg/kg óra. A nyomásvesztés elsősorban a fordulókamra szűk keresztmetszete és annak kettős törése következtében állt elő. Ezt a szerkezeti hibát felismerjük és a fordulókamrát átépítettük.

Az érdembeli kísérleteket és méréseket lényegében a 3. ábrán látható változattal végeztük. Az új fordulókamrában nyomásesést már gyakorlatilag

nem mértünk. A nyomásvesztések csökkenésének hatása a hajtómű működésére szembeutó volt. 3000–4000/min fordulatszámra is kielégítően és még nem túlságosan nagy, max. 680 C° hőmérséklettel működött (emlékeztetünk arra, hogy a hajtómű eredeti legnagyobb fordulatszáma percenként mintegy 24 000–25 000). A turbina előtti hőmérséklet azonos fordulatszámokon kb. 100 C°-ot esett, azonos hőmérsékleteken az új fordulókamrával ellátott hajtómű kb. 20–21%<sup>o</sup>



3. ábra. A kísérleti berendezés végleges változata, üzemképes állapotban

kal adott nagyobb tolóerőt, fajlagos fogyasztása pedig általában 15–20%<sup>o</sup>-kal csökkent.

A hajtóműnek fentebb leírt javulását csupán a turbina és a kompresszor közötti nyomásvesztés 5%<sup>o</sup>-os csökkenése okozta. Ez az érdekes eredmény rávilágít a nyomásvesztések csökkentésének rendkívüli fontosságára. A kísérletek és az elméleti megfontolások azt mutatták, hogy a nyomásvesztések csökkentésének legalább olyan hatása van, mint a turbina és a kompresszor hatásfoka javításának. A tüzelőterek nyomásvesztését állapotuk számottevő mértékben befolyásolja. Minden repedés, deformálódás, kiégés növeli ezek

nyomásveszteségeit. Ez a hajtómű tolóereje csökkenéséhez, fajlagos fogyasztása növekedéséhez, végeredményben a repülőgép repülési tulajdonságainak romlásához vezet. Ebből a szempontból is szükséges tehát, hogy a gázturbinás sugárhajtóművek tüzelőtereit folyamatosan, rendszeresen ellenőrizzék.

Kísérleteink szerint az üzemanyagporlasztók helyes működése rendkívül fontos. A porlasztóba bekerülő bármilyen idegen anyag eltömődést, nem egyenletes porlasztást idéz elő. Ez a hajtómű egyenlőtlen működését, az égés időszakos megszakadását, majd ennek következtében a kompresszor leválását okozza. Amidőn ezt a jelenséget kísérleteink folyamán először észleltük, akkor szerettük volna a hajtómű labilis üzemállapotát egyes-egyedül a kompresszor leválásával magyarázni. Be kellett azonban látnunk, hogy a labilitás elsősorban a porlasztók helytelen működésének a következménye.

A porlasztók dugulása azért is veszélyes, mert ez legtöbbször nem a porlasztás, hanem annak egyenletessége megszűnéséhez vezet. Az egyenlőtlen porlasztás következtében a gázáramban nagy hőmérsékletű helyek keletkeznek. Ezek egyrészt veszélyeztetik a turbinalapátok üzembiztonságát, másrészt a turbinaház egyenlőtlen felmelegedése következtében elhúzódnak, deformálódnak, súlyosabb esetben lapátsúrlódást okoznak. Kísérleteink folyamán az égőtér egyenlőtlen hőmérséklet-eloszlása, az ebből származó deformáció következtében a lapáthézag eltűnése és lapátsúrlódás, ill. a lapátok felkenődése a turbinaház falára igen sok problémát okozott.

A méréseket különböző fúvócső kiömlő-keresztmetszetekkel végeztük. A fúvócső kiömlő-keresztmetszetének nagysága meghatározza az adott fordulatszámhoz tartozó legnagyobb hőmérsékletet és tolóerőt is. A kiömlő-keresztmetszet csökkentése egy ideig növeli a hajtómű tolóerejét, azonban a kiömlő-keresztmetszet túlzott mértékű csökkentése alkalmával a hajtómű legnagyobb hőmérsékletét már kis fordulatszámokon eléri és ez végeredményben a tolóerő csökkenését idézi elő.

Kísérleteinkben rendre 308, 239, 144 cm<sup>2</sup> fúvócső kiömlő-keresztmetszeteket alkalmaztunk. A hajtómű fordulatszámát a kísérletek folyamán állandó kiömlő-keresztmetszeten addig növeltük, amíg vagy a fordulatszám, vagy pedig a turbina előtti hőmérséklet legnagyobb értékéig el nem jutottunk. A legkisebb fúvócső kiömlő-keresztmetszetet akkorán választottuk, hogy a megengedett percenkénti 21 000 fordulatszámon a turbina előtti hőmérséklet általunk felvett 700 C°-os maximális értékét éppen elérjük. A fúvócső kiömlő-keresztmetszetének csökkentésekor a fúvócsőben létrejövő nyomásesés ui. nagyobb lesz, tehát azonos fordulatszámon kisebb nyomásesés jut a turbinára. A turbinának azonban mindenképpen le kell adni a kompresszor forgatásához szükséges teljesítményt, és nyomásviszonya romlását legnagyobb hőmérséklete emelésével igyekszik ellen-

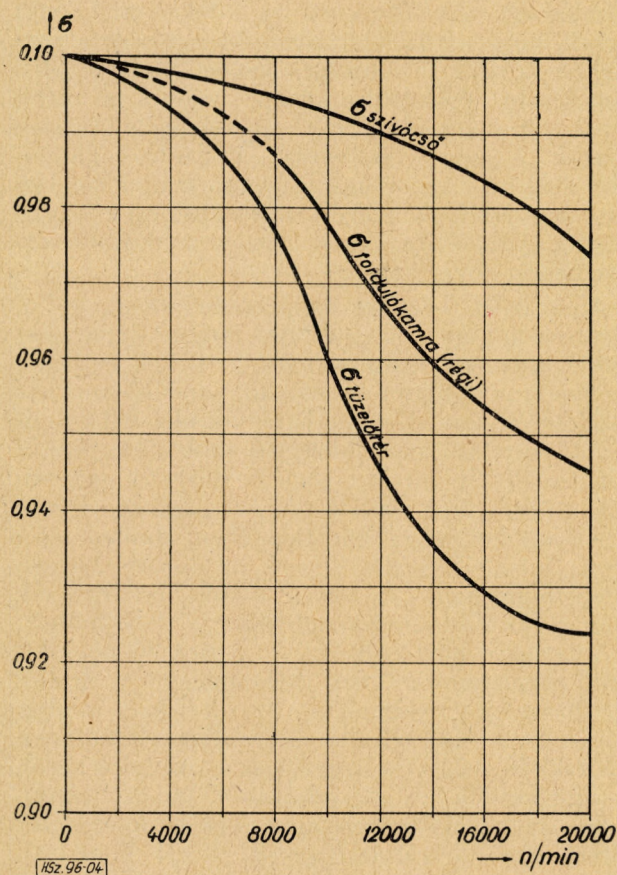
súlyozni. A hajtómű különböző üzemviszonyait cikkünk befejező részében ismertett összműködési karakterisztikán lehet különösen jól tanulmányozni.

## 2.2 A hajtómű egyes géprészei jellemzőinek változása a fordulatszám függvényében

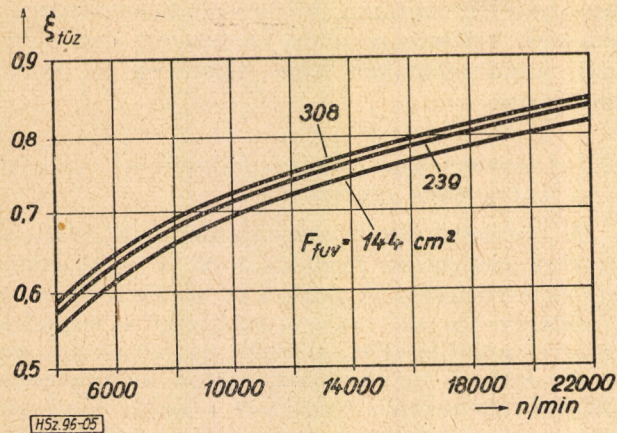
A kísérletek során meghatároztuk a szívócső, a régi megoldású fordulókamra és a tüzelőtér nyomásveszteségi tényezőjét (4. ábra). A nyomásveszteségi tényező ( $\sigma$ ) nem más, mint a megfelelő géprész utáni és előtti abszolút nyomások aránya.

A szívócső nyomásvesztesége a mérőperemen fellépő nyomáskülönbségből és a levegő felgyorsításához szükséges nyomáscsökkenésből adódik. A szívócsőben súrlódásból, örvénylésből származó mérhető nyomásveszteség nincsen. Ez a szívócső bő áramlási keresztmetszeteinek és a megfelelő aerodinamikai kialakítás következménye.

A régi típusú fordulókamra nyomásvesztesége megszüntetésének hatását már tárgyaltuk. A nyomásveszteség mérése csak 8000/min fordulatszámon felül volt lehetséges. E veszteség jellege ugyanolyan, mint a tüzelőkamráé, azonban az utóbbihoz képest 1–2 százalékkal kisebb. A tüzelőkamra maximális nyomásveszteség-tényezője 0,922. Ez azt jelenti, hogy a kompresszor által



4. ábra. A hajtómű szívócsőve, fordulókamrája és tüzelőtere nyomásveszteségének változása



5. ábra. A tüzelőkamra hatásfokának változása, különböző fúvócső kiömlő-keresztmetszetek esetén

előállított nyomásnak mintegy 8%-a veszendőbe megy. Irodalmi adatok szerint a hasonló csöves tüzelőterek nyomásvesztés-tényezője  $\sigma_{tüz} = 0,95-0,96$ , ennél fogva tüzelőterünk nyomásvesztés-tényezője igen nagy. Ez a körülmény a tüzelőtér durvább kivitelével, a tüzeső nagyobb lemezzvastagságával, öntött perdítőkamrájával stb. magyarázható.

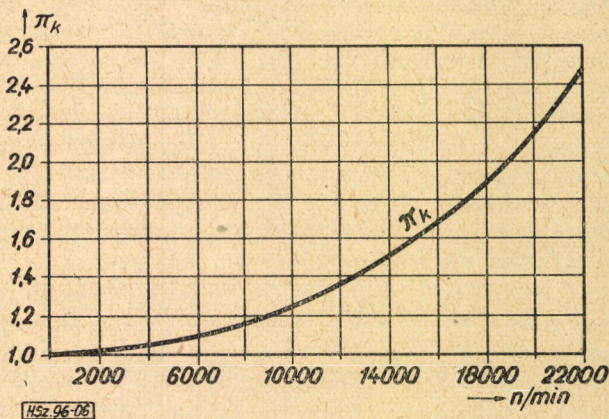
Kísérleteink kapcsán felszereltünk egy üzeme- rétt RD-10 típusú hajtóműből származó csöves tüzelőteret. A mérések azt az érdekes eredményt adták, hogy a tüzelőtér nyomásvesztése a tan- széken készült tüzelőtérhez képest kb. 0,5%-kal volt kisebb. Felmerül a kérdés, vajon a mi mére- seink voltak-e pontatlanok, vagy pedig az irodalmi adatok túlságosan kedvezőek. E kérdés eldönté- sére még nem végeztünk elegendő számú megbíz- ható kísérletet, főleg azért, mert kísérleti berende- zésünk nyomásviszonya az üzeme- rétt hajtóművek- hez képest jóval kisebb.

A tanzéki tüzelőtér égési hatásfokának válto- zását az 5. ábra mutatja. Mint látható, igen rossz égési hatásfokot (optimális értéke 0,835) mértünk és nem kaptunk jobb hatásfokot az előbb említett tüzelőtérrel sem. E rossz hatásfok oka valószínű- leg a porlasztó nem kielégítő működése, bár a hőmérsékletek mérése sem tekinthető teljesen megbízhatónak a tüzelőtér utáni gázáram egyen- lőtlen hőfokelosztása következtében. Mindenesetre az itt közölt hatásfok-görbék az összes mérések átlageredményei; az egyes mérési eredmények azonban az ábrán látható görbékre jól illeszkednek.

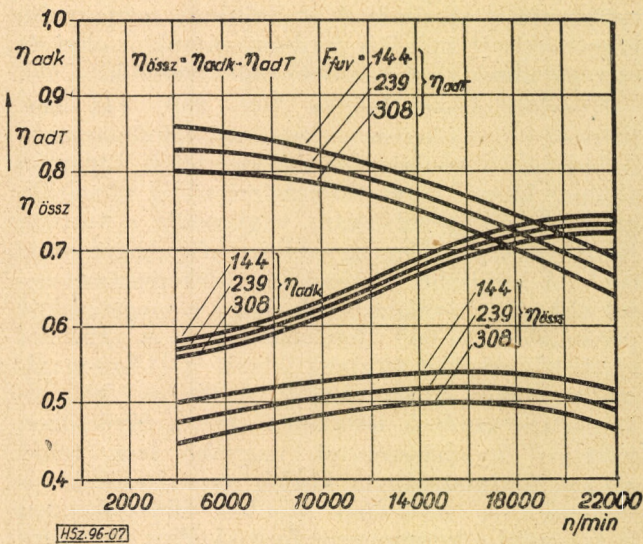
A terhelés növekedtével, vagyis a fúvócső ki- ömlő-keresztmetszetének csökkenésekor a tüzelő- tér hatásfoka valamelyest (kb. 3%-kal) romlik. Ennek az a magyarázata, hogy ilyen alkalommal a tüzelőtér nehezebb üzemi viszonyok közé kerül, és mint később látni fogjuk, kisebb levegőmennyi- ségben kell több tüzelőanyagot elégetni. A tüzelőtér hőterhelése a fordulatszámmal közel lineárisan növekszik és a legnagyobb terhelésnél hőterhelése  $50 \cdot 10^6$  kcal/m<sup>3</sup> óra. A ma használatos sugárhajtó- művek hőterhelése 80-130  $\cdot 10^6$  kcal/m<sup>3</sup> óra, tehát

égőterünk hőterhelése az átlagosnál sokkalta kisebb. Az égőterek nyomásvesztése azonban hőterhelésük emelkedésével növekszik, ilyen szem- pontból még inkább elgondolkodtató a mérések alkalmával kipróbált égőterek nagy nyomásvesz- tesége.

A kompresszor nyomásviszonyának ( $\pi_k$ ) válto- zását a 6. ábra mutatja. A kísérletek folyamán megengedett maximális fordulatszámon ennek értéke  $\pi_k = 2,35$ . Elsősorban ez a viszonylag kis nyomásviszony az oka a később ismertetett kis fajlagos tolóerőnek és a nagy fajlagos fogyasz- tásnak. A fúvócső keresztmetszetének változta- tása a kompresszor nyomásviszonyát észrevehe- tően nem változtatta meg. Ez egyrészt azt mu- tatja, hogy a kompresszor-karakterisztikában az állandó fordulatszámvonalak e mérési tartomány- ban gyakorlatilag párhuzamosak a  $G_1$  levegő- mennyiség tengellyel, másrészt arra következtet- hetünk, hogy a turbina állókoszorúja igen szűk keresztmetszetű. Ezt bizonyítja az is, hogy a fúvócső legkisebb keresztmetszete 144 cm<sup>2</sup>, a turbinakoszorúé pedig mindössze 64,5 cm<sup>2</sup>. Ezért a turbina szűk állókoszorúja miatt a kompresszor



6. ábra. A kompresszor nyomásviszonyának változása



7. ábra. A kompresszor- és turbina-hatásfok változása a fordulatszámmal függvényében

erősen lefojtva működik és így nem reagál a fúvócső kiömlő-keresztmetszet változásával okozott fojtás megváltozására.

A kompresszor adiabatikus hatásfoka (7. ábra) növekszik, a turbináé csökken, az összh hatásfok ( $\eta_{ad} \cdot \kappa \cdot \eta_{ad} T$ ) közel állandó marad a fordulatszám függvényében. Kedvezőtlen, hogy a turbina hatásfokcsökkenése bizonyos mértékig ellensúlyozza a kompresszor nyomásviszonya növekedésének előnyös hatását.

A fúvócső keresztmetszetének csökkentésével (fojtásával) a turbina és a kompresszor hatásfoka növekszik, következésképpen javul az összh hatásfok is. A fúvócső fojtásakor előáll a tolóerőtöbblet a maximális hőfok növekedésén kívül, elsősorban az összh hatásfok javulásának köszönhető.

A kompresszor adiabatikus hatásfokának mért csúcserőértéke 74%; ez a kompresszor kis méreteit tekintve jónak mondható. A turbina hatásfoka kis fordulatszámon feltűnően jó, annál inkább romlik azonban a fordulatszám növekedésével. Ezek szerint a turbina hatásfok kedvező értéke nem a legfontosabb és leggyakoribb üzemiállapotban van, hanem kis fordulatszámon. Ez azt jelenti, hogy a turbófeltöltő turbínája eredetileg más üzemi viszonyok között működött és ott valószínűleg terhelés alatt volt a hatásfokának optimális értéke. Ezen csak a turbina átépítésével lehet segíteni.

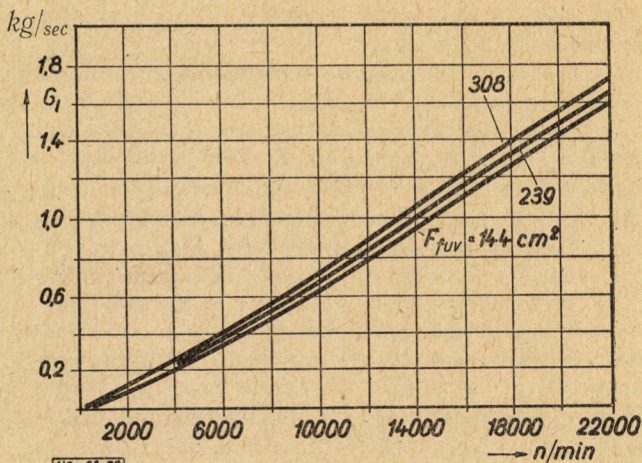
Ha a turbina hatásfoka ilyen módon változik, akkor a turbina folyamatosan szűkülő állókoszorújában a veszteség nagyjából a sebesség négyzetével arányos. Ebben az esetben ui. az áramlást zavaró jelenségek: a leválás és a turbulencia, az áramlás gyorsuló természete miatt nem jönnek létre olyan mértékben, hogy megváltoztassák a veszteségek jellegét.

A kompresszornál a folyamat más jellegű, mivel a diffuzorban a végig kompressziós jellegű áramlás veszteségének nagyobb részét a sebességcsökkenéssel együttjáró, vagy azzal igen könnyen bekövetkező leválási jelenségek adják. Az ilyen jellegű veszteségek változását nehéz érzékelni, számítása nehézkes és a valóságtól sokszor messze álló eredményeket ad.

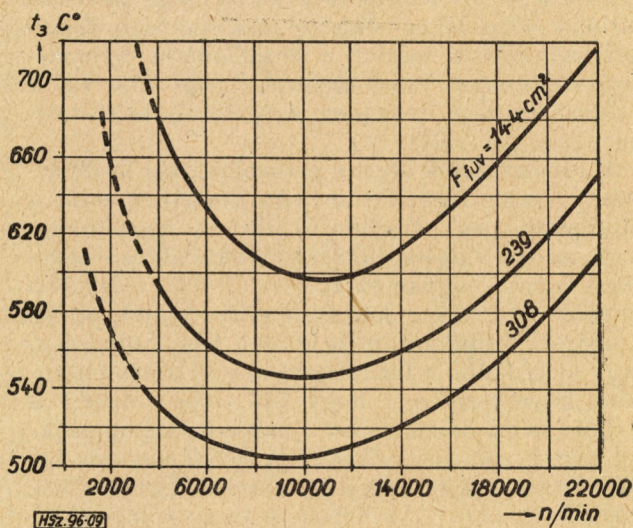
### 2.3. A hajtómű jelleggörbéi

A hajtómű tárgyalása során, ahol ez szükséges, összehasonlítást teszünk a használatos centrifugális kompresszoros sugárhajtóművek és a kísérleti gázturbinák jelleggörbéi között. Már említettük a kísérleti hajtómű viszonylag kicsi ( $\pi_k = 2,35$ ) nyomásviszonyát. A korszerű egyfokozatú centrifugális kompresszorok nyomásviszonya 4–4,5 között van. A másik legfontosabb különbség a kísérleti hajtómű kis (700 C°) maximális hőmérséklete. Az üzemérett hajtóművek legnagyobb hőmérséklete 800–900 C°.

A gázturbinák e két legfontosabb jellemzője kísérleti gépünk esetében távolról sem éri el a szokásos értéket. Ebből következik, hogy e



8. ábra. A hajtóművön átáramló levegőmennyiség változása



9. ábra. A turbina előtti  $t_3$  hőmérséklet változása

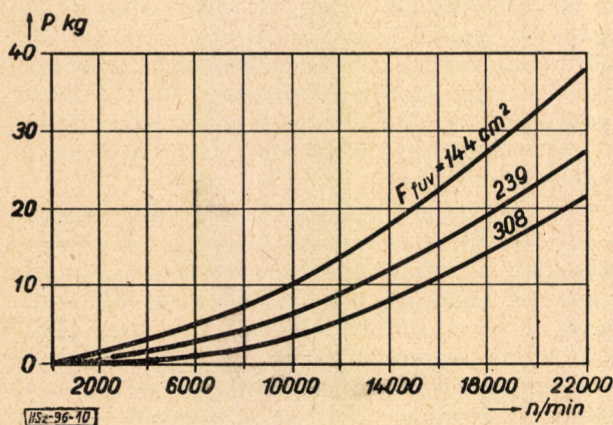
hajtómű várható fajlagos fogyasztása az üzemérett hajtóművekhez képest sokkalta nagyobb, fajlagos vonóereje pedig lényegesen kevesebb. Ezenkívül figyelembe kell venni még a turbina hatásfok számunkra kedvezőtlen jellegű változását is. Kísérleteink során azonban nem kiváló fajlagos jellemzők elérésére törekedtünk elsősorban, hanem meg akartunk a kisméretű gázturbinák üzemi viszonyával, fejlesztési lehetőségeivel ismerkedni, tanulmányozni akartuk jelleggörbéiket. Erre a célra ez a kísérleti hajtómű igen jól megfelelt.

A 8. ábrán a hajtóművön átáramló levegőmennyiség változása látható. A levegőmennyiséget lényegében a turbina állókoszorúja legszűkebb keresztmetszetének nagysága szabja meg. Már említettük, hogy a turbina állókoszorúja igen szűk, ezért adott expanziót véve, a rajta átáramló levegőmennyiség is kevés. Mindenesetre a kompresszor lényegesen több, a számítások szerint mintegy 2,5–4 kg/sec levegőmennyiség szállítására volna képes. Ebből ismét arra lehet következ-

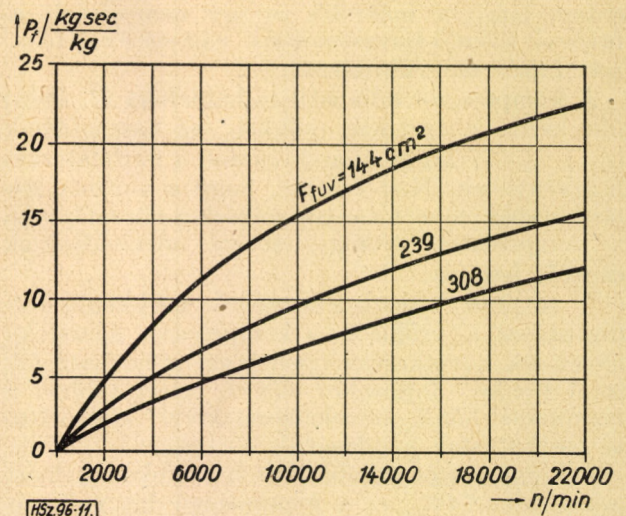
tetni, hogy a kompresszor erősen fojtva működik. Ezt mutatja az is, hogy a fúvócső kiömlő-keresztmetszetének változásakor a levegőszállítás csak csekély mértékben változik.

A maximális hőmérséklet (9. ábra) mind a kis, mind a nagy fordulatszámok felé növekszik, a legkisebb értéke 9–10 000/min fordulatszám körül van. A maximális hőmérséklet emelkedése a nagy fordulatszámok felé érhető, hiszen növekszik a hajtómű terhelése, növekszik hasznos munkája. A hőmérséklet emelkedése a kis fordulatszámok felé abból következik, hogy a tüzelőtér nyomásvesztése következtében a turbina nyomásviszonya a kompresszorénál mindig kisebb. Ez a nyomásvesztés kis fordulatszámok esetében, vagyis kis nyomásviszonyokon érezte erősen a hatását. A turbina csökkent nyomásviszonya következtében a turbina és a kompresszor munkák egyenlősége kis fordulatszámokon csak növekvő turbina előtti hőmérséklettel tartható fenn. Elméleti számítások szerint a tüzelőkamra nyomásvesztés-tényezőjének reciprok értéke adja azt a nyomásviszonyt, amelyen a  $t_3$  hőmérséklet végtelen nagygyá válik.

E tapasztalatok szerint a turbinák kis fordulatszámú üzeme legalább annyira veszélyes, mint a túlságosan nagy fordulatu. Ha az üzemenyagrendszerben nincsen hőmérsékletszabályozó automata (mint ahogyan ez az eset áll fenn a legtöbb hajtóműnél), akkor könnyen előfordulhat pl. az üresjárás fordulatszám helytelen beszabályozása, vagy méginkább a fordulatszám mérő hibás működése következtében, hogy üresjárás közben a turbina előtti hőmérséklet a lapátok szempontjából veszélyesen megnőhet. A  $t_3$  hőfok ugyanis kis fordulatszámok felé igen gyorsan és hirtelen növekszik (9. ábra). Az üresjárás nagy hőmérsékletéhez járul még a porlasztók üresjárás fordulatszámán történő nem kielégítő működése, kokszosodásra való erős hajlama. Így érhető, hogy az üzemeltetési utasítások az üresjárás fordulatszámán minimális üzemidőt engednek meg. Az itt elmondottak élesen rávilágítanak arra, hogy a hajtómű épségének megóvása, üzemidejének meghosszabbítása céljából milyen fontos szem előtt



10. ábra. A hajtómű tolóerejének változása különböző fúvócső kiömlő-keresztmetszet esetén



11. ábra. A hajtómű fajlagos tolóerejének változása

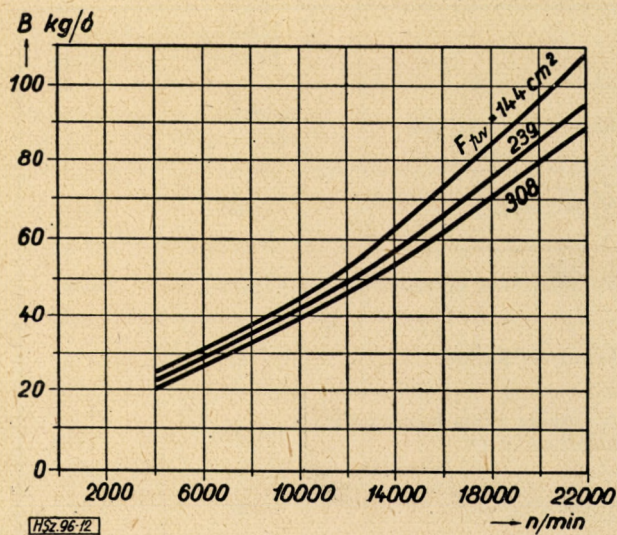
tartani az üzemeltetési utasításokban meghatározott üresjárás jellemzőket.

Kísérleti gázturbinánk forgólapátjait üzem közben megfelelő távolságból a fúvócsővön keresztül közvetlenül megfigyelhetjük, és ezáltal a forgólapátok színéből közelítőleg ellenőrizni tudjuk a hajtómű maximális hőmérsékletét. Tapasztalataink szerint a turbinalapátok üresjárás fordulatszámán a legnagyobb hőmérsékletűek (a legkisebb fúvócső-keresztmetszeten közel 700 C°). Ezt az a körülmény is elősegíti, hogy a porlasztók már említett nem kielégítő működése következtében az égés nem fejeződik be a tüzelőkamrában, hanem a turbinaházban s részben a lapátok között folytatódik tovább.

A hajtómű teljes tolóerejének változását a 10. ábra, fajlagos, 1 kg/sec levegőre eső tolóerejét a 11. ábra mutatja. A hajtóművel elért maximális tolóerő  $t_3 = 700$  C° hőmérsékleten 35 kg. Látjuk, hogy a hajtómű tolóereje a fúvócső-keresztmetszetének csökkentésével jelentékeny mértékben növekszik. A tolóerő változása a fordulatszám függvényében az üresjárás üzemállapottól eltekintve, közel lineárisnak tekinthető.

Számunkra sokkal érdekesebb a fajlagos tolóerő változása, hiszen a hajtómű minőségét elsősorban ez jellemzi. A fajlagos tolóerő maximális értéke 22 kgsec/kg. Ez nagyon kevés, különösen ha az üzemeltett centrifugális kompresszoros hajtóművek 52–58 kg sec/kg fajlagos tolóerejére gondolunk. Természetesen ekkora fajlagos tolóereje csak a 2000–3000 kg tolóerejű hajtóműveknek van. Kísérleti gépünkhöz hasonló teljesítményű gépek fajlagos tolóereje becslés szerint 40–45 kg sec/kg. Később számításokkal is igazoljuk, hogy ilyen jellemzőjű hajtóműből nagyobb fajlagos tolóerő nem vehető ki.

A hajtómű teljes tolóerejének változása az üzemi fordulatszámok körül közel lineáris, ettől eltér a fajlagos tolóerő változása, amely a fordulatszám (vagyis az azzal egyenértékű nyomás



12. ábra. A hajtómű óránkénti tüzelanyagfogyasztása

viszony) függvényében vízszintes tengelyű, másodfokú parabolát mutat. Ebből arra következtethetünk, hogy a fajlagos tolóerőnek a fordulatszám (nyomásviszony) függvényében optimális értéke van, mint ahogyan ez a gázturbinák elméletéből következik. Az optimális nyomásviszony a  $t_3$  hőmérséklet csökkenésével és a részhatásfok ( $\eta_{ad K}$ ;  $\eta_{ad T}$ ) romlásával erőteljesen csökken. Számítások szerint a hajtómű optimális nyomásviszonya 2,6–2,7 körül van. Ezért a fajlagos tolóerő görbéje a megengedett 21 000/min-nál nagyobb fordulatszámokon hamarosan újra csökkenni kezdene, bár a viszonyok tisztázását bizonyos mértékig zavarja, hogy a fajlagos tolóerő változásakor a  $t_3$  hőmérséklet nem állandó, hanem növekszik.

A sugárhajtómű óránkénti fogyasztása a 12. ábrán, fajlagos fogyasztása pedig a 13. ábrán látható. A kísérletek közben elért legkisebb fajlagos fogyasztás  $b_f = 2,93$  kg/kg óra. Az üzemérett, nagyteljesítményű, centrifugális kompresszoros sugárhajtóművek fogyasztása 1–1,1 kg/kg óra, ill. 100–200 kg tolóerő esetén 1,3–1,4 kg/kg óra körül van. A fajlagos fogyasztás optimális nyomásviszonya nagyobb, mint a fajlagos tolóerőé, ennél fogva a fordulatszám növelésével a hajtómű fajlagos fogyasztása valószínűleg egy bizonyos határig még tovább csökken.

A következőkben a kísérletek ellenőrzéseképpen a hajtómű maximális üzemállapotában ( $n = 21000/\text{min}$ ;  $t_3 = 700$  C°): meghatározzuk a hajtómű fajlagos vonóerejét és fajlagos fogyasztását. A számításhoz szükséges értékeket a megfelelő kísérleti eredményekből választjuk ki.

A hajtómű kiválasztott üzemállapotának jellemzői a következők:

$$n = 21000/\text{min}; \quad \pi = 2,35; \quad p_0 = 1,025 \text{ kg/cm}^2;$$

$$T_0 = 293 \text{ K}^\circ; \quad \sigma_{\text{diff}} = 0,97; \quad \sigma_{\text{tüz}} = 0,925; \quad \eta_{\text{adK}} = 0,73;$$

$$\eta_{\text{adT}} = 0,69,$$

$$c_{pg} = 0,265; \quad k_g = 1,345; \quad c_{pl} = 0,24; \quad k_l = 1,4.$$

A számításokat, mivel úgyis csupán közelítésről van szó a legegyszerűbb esetekre végezzük el. Ez egyúttal példa arra is, hogyan lehet egy hajtómű adatait ilyen alkalommal

meghatározni. A főbb számítási lépések és az egyes részeredmények az alábbiak:

A kompresszorban fellépő valóságos hőmérséklet-emelkedés:

$$\Delta T_{K\text{val}} = 110,9 \text{ C}^\circ.$$

A turbina hőmérsékletesökkenése a turbina és kompresszor munkák egyenlőségének feltételéből:

$$c_{pl} \Delta T_{K\text{val}} = c_{pg} \Delta T_{T\text{val}}$$

$$\Delta T_{T\text{val}} = 100,3 \text{ C}^\circ; \quad \Delta T_{T\text{id}} = \frac{\Delta T_{T\text{val}}}{\eta_{\text{adT}}} = 145,3 \text{ C}^\circ$$

A turbinából kiömlő gáz hőmérséklete:

$$T_{4\text{val}} = 872,7 \text{ K}^\circ; \quad T_{4\text{id}} = 827,7 \text{ K}^\circ$$

A turbina expanzióviszonya:

$$\delta_T = \frac{p_3}{p_4} = \left( \frac{T_3}{T_{4\text{id}}} \right)^{\frac{k_g}{k_g - 1}} = 1,8775.$$

A hajtómű egyes részeiben fellépő nyomások (az előzőkben használt jelöléseinkkel):

$$p_0 = 1,025 \text{ kg/cm}^2$$

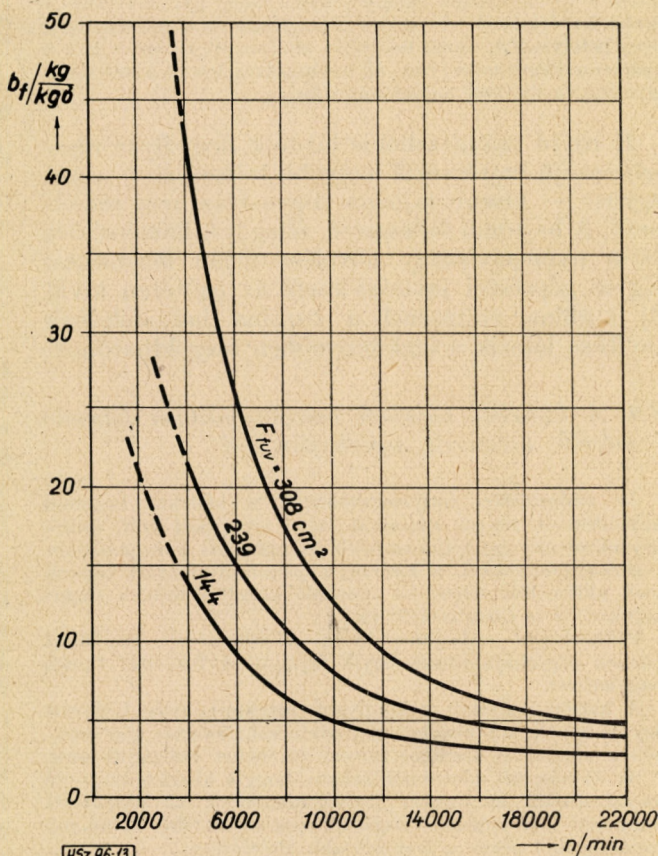
$$p_1 = p_0 \sigma_{\text{diff}} = 0,995 \text{ kg/cm}^2$$

$$p_2 = p_1 \pi_k = 2,34 \text{ kg/cm}^2$$

$$p_3 = p_2 \sigma_{\text{tüz}} = 2,16 \text{ kg/cm}^2$$

$$p_4 = \frac{p_3}{\delta_T} = 1,151.$$

A fűvócső nyomásviszonya:  $\frac{p_4}{p_5} = 1,124.$



13. ábra. A hajtómű fajlagos tüzelanyagfogyasztása

A fűvocső ideális hőfokviszonya:

$$\frac{T_{4val}}{T_{5id}} = \left(\frac{p_4}{p_5}\right)^{\frac{k_g - 1}{k_g}} = 1,0303$$

$$T_{5id} = 846,5 \text{ K}; \Delta T_{fid} = T_{4val} - T_{5id}$$

A fűvocső ideális hőesése:  $AL_{fid} = c_{pg} \Delta T_{fid} = 6,95$  kcal/kg.

A fűvocső kilépő-keresztmetszetében fellépő ideális gáz-sebesség a fűvocső hőeséséből (hasznos munkájából) határozható meg. Ez a sebesség csak a fűvocső szempontjából „ideális”, mivel a körfolyamat összes veszteségei közül csupán a fűvocső veszteségét nem vettük még figyelembe.

$$w_{sid} = \sqrt{\frac{2g}{A} AL_{fid}} = 241,5 \text{ m/sec.}$$

Az „ideális” fajlagos vonóerő (a hajtómű statikus állapotában):

$$P_{vfid} = \frac{w_{sid}}{g} = 24,6 \frac{\text{kg sec}}{\text{kg}}$$

A mért fajlagos vonóerő 22 kg sec/kg. A hajtómű statikus állapotában a valóságos és ideális fajlagos vonóerők viszonya a fűvocső sebességtényezőjével egyenlő, vagyis

$$\varphi_{fuv} = \frac{P_{vval}}{P_{vid}}$$

A fűvocső „látszólagos” adiabatikus hatásfoka  $\eta_{ad f} = \varphi^2 = 0,8$ .

A fűvocső hatásfoka a vártnál rosszabbra adódott, ennek értéke általában 0,85—0,95 között van.

E viszonylag gyenge fűvocső-hatásfokot indokolja, hogy a hajtómű eredeti konstrukciója következtében tömítetlenség miatt a turbinaháznál bizonyos mennyiségű gáz közvetlen a szabadba áramlott. A turbina hatásfokát ez a gázvesztés nem befolyásolja, annál inkább a létrehozott tolóerőt. Ezt a gázmennyiséget mérni nem áll módunkban, így ez a veszteség látszólag a fűvocső hatásfokát rontja.

E rövid számításból is kitűnik, hogy ilyen rész-jellemzőjű hajtóműtől nagyobb tolóerő és — ezzel együtt — kisebb fajlagos fogyasztás nem remélhető. A hajtómű fejlesztése főleg a  $t_3$  hőmérséklet és a nyomásviszony növelése útján lehetséges. Egyes géprezései javítása közül az égőtéren kívül új turbina építésével a turbina hatásfokának javítása látszik a legkönnyebben megoldhatónak.

#### 2.4 A kísérleti hajtómű összehasonlítása hasonló méretű, üzemeltetett sugárhajtóművel

Az eddigiekben megismerkedtünk a kísérleti hajtómű működésével, üzemi adataival. Ahol erre mód volt, összehasonlítottuk nagyteljesítményű centrifugális kompresszoros sugárhajtóművekkel. E kísérleti hajtóműről alkotott képünk csak akkor lesz teljes, ha hasonló kisteljesítményű sugárhajtóművel is összehasonlítjuk.

Példaképpen válasszuk ki a „Turboméca” családhoz tartozó sugárhajtóművek egyik fajtáját, a TR—011 típusú hajtóművet.

A hajtómű adatait a könnyebb áttekinthetőség kedvéért együtt közöljük a kísérleti gép adataival. Mindkét gép esetében a maximális üzemhez tartozó értékeket vizsgáljuk meg.

Az itt felsorolt adatokból látható, hogy a kísérleti hajtómű üzemi adatai lényegesen kedvezőtlenebbek az alapulvett üzemeltetett hajtóműnél. Vizsgáljuk meg az itt felsorolt adatok szemszögéből nézve a legfontosabb eltéréseket.

Kísérleti hajtóművünk nyomásviszonya 2,35, a TR—011-é 3,8. A gázturbinák tolóereje növekszik, fajlagos fogyasztása

	Kísérleti hajtómű	TR—011 hajtómű
Kompresszor fajtája	egyfokozatú centrifugális	egyfokozatú centrifugális
Nyomásviszony	2,35	3,8
Fordulatszám percenként	21000	35000
Légnyelés kg/sec	1,6	2
A turbina előtti legnagyobb hőmérséklet C°	700	780
Tolóerő kg	35	110
Fajlagos tolóerő kgsec/kg	22	55
Fajlagos tüzelőanyagfogyasztás kg/kg óra	2,93	1,06

csökken a nyomásviszony növekedtével. Ilyen szempontból tehát hajtóművünk igen kedvezőtlen helyzetben van.

A TR—011 hajtómű turbina előtti maximális hőmérséklete 80 C°-kal nagyobb, ennek következménye szintén a tolóerő növekedése és a fajlagos fogyasztás csökkenése.

Nyilvánvalóan (erről részletesebb adataink nincsenek) az egyes részhatásfokok is lényegesen jobbak, ez érthetővé teszi a két hajtómű jellemzői közt mutatkozó lényeges különbségeket.

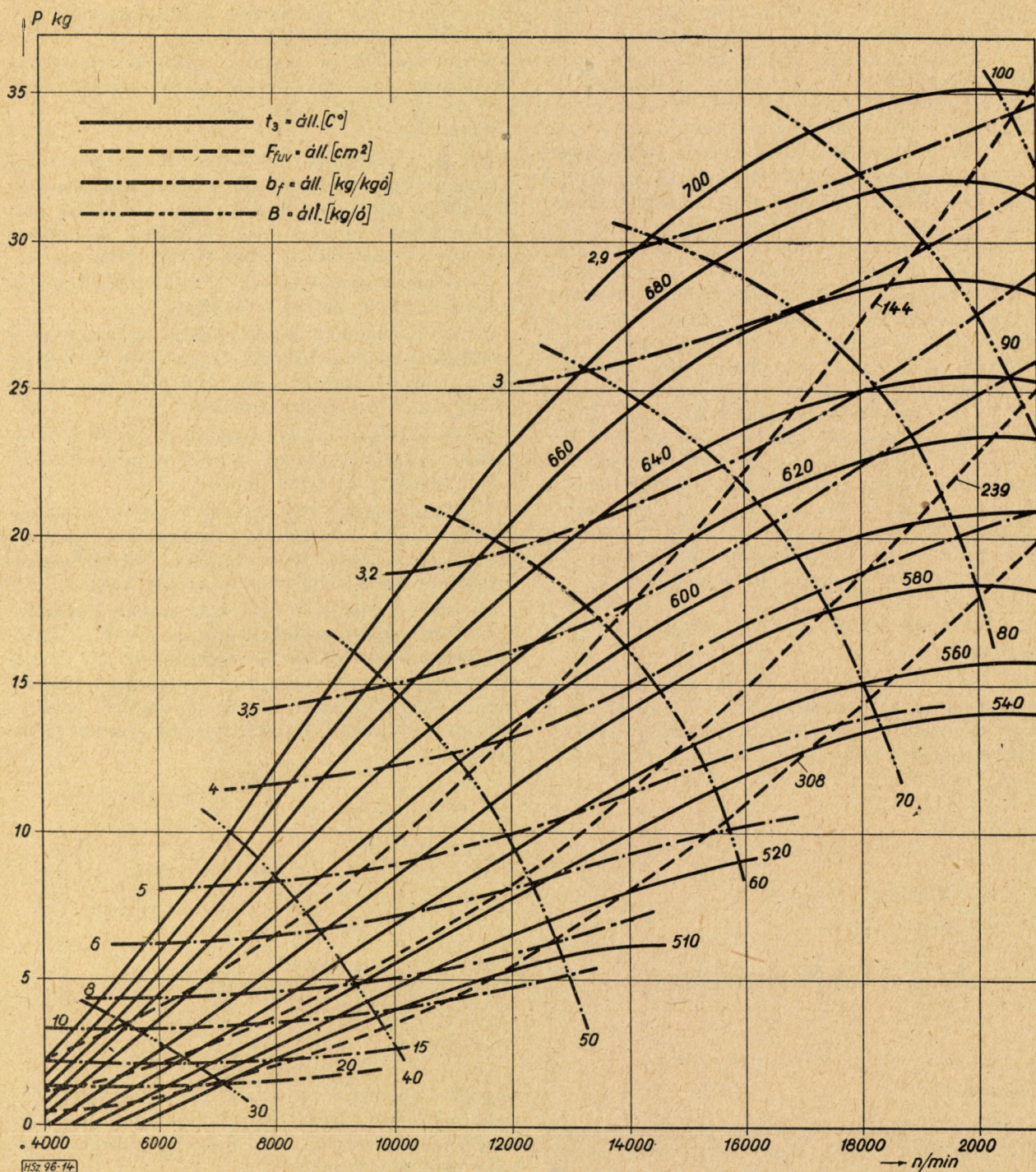
Az üzemeltetett hajtómű fajlagos tolóereje kb. 2,5-szer nagyobb, fajlagos fogyasztása mintegy 2,5—3-szorta kevesebb kísérleti hajtóművünk e jellemző adatahoz viszonyítva.

Ilyen szempontból rögtön világossá válik, hogy kísérleti gázturbinánk nem versenyezhet a használatban levő típusokkal, azonban mint ezt többször is hangsúlyoztuk, kísérleteinkben elsősorban a fejlesztés lehetőségeit kívántuk tanulmányozni.

#### 2.5. A hajtómű összműködési karakterisztikája

Az egész kísérlet egyik legértékesebb része a hajtómű összműködési karakterisztikájának meghatározása. A 14. ábrán a kísérleti eredmények alapján szerkesztett összműködési karakterisztika látható. A karakterisztika a fordulatszám függvényében a tolóerő változását mutatja különböző paraméterek esetében.

Vizsgáljuk meg e jelleggörbe tükrében a hajtómű működését. Látható, hogy állandó fűvocső-keresztmetszetet véve a fordulatszám megváltoztatása a  $t_3$  hőmérséklet szabályozása révén lehetséges. Fordítva: állandó hőmérsékleten a fűvocső keresztmetszetének változtatásával a hajtómű fordulatszámát és vele együtt a tolóerőt szabályozni lehet. Azonos maximális hőmérsékleten a fűvocső keresztmetszetének növelése legtöbb esetben a fordulatszám és a tolóerő növekedésével jár együtt. Megfigyelhető, hogy állandó hőmérsékleten a fűvocső keresztmetszetének növelése alkalmával beálló fordulatszám-növekedés nem növeli a toló-



14. ábra. A kísérleti hajtómű mért összműködési karakterisztikája

erőt korlátlanul. Nagyobb,  $t_3 = 600-700$  C° hőmérsékleteken egyre inkább kialakulnak az állandó hőmérsékletű görbék leszálló ágai is, amelyek a tolóerőnövekedés csökkenő tendenciáját mutatják. Ebből is kitűnik, hogy kísérleteink során még nem értük el az optimális nyomásviszonyt.

Állandó fúvócső-keresztmetszeten eszközölt tolóerőnöveléskor a fajlagos fogyasztás folyamatosan javul. Ez érhető, hiszen a hatásfok-

növelés elsősorban a  $t_3$  hőmérséklet és a nyomásviszony emelésével érhető el, márpedig e szabályozással mindkét tényező folyamatosan növekszik. Az állandó  $t_3$  hőmérsékletű szabályozás esetében erős kezdeti javulás után a fajlagos fogyasztás ismét romlani kezd. Ez esetben a nyomásviszony növekedése és a részhatásfokok ill. nyomásvesztés-tényezők romlása alakít ki optimális üzemi viszonyt.

Azonos nagyságú tolóerőt előállíthatunk na-

gyobb vagy kisebb fordulatszámokon is, a fúvócső kiömlő-keresztmetszetének változtatásával. Nagyobb fordulatszámhoz kisebb hőmérséklet, nagy kiömlő-keresztmetszet és rosszabb fajlagos fogyasztás tartozik. Nagyobb fordulatszámokon növekszik a lapátokban ébredő centrifugális erő, viszont a hőmérsékletcsökkenés következtében csökken a lapátok hőigénybevétele. A két üzemmód hátrányait, illetve előnyeiket csak hosszabb üzembentartási tapasztalat útján lehetne elbírálni. Mindenesetre az eddig elmondottakból is kiténik, hogy egy hajtómű szabályozási rendszerének helyes kiválasztásához az összműködési karakterisztika ismerete okvetlenül szükséges. Bármilyen szempontból (üzembentartási, fogyasztási stb.) optimális viszonyokat létrehozni csak állítható keresztmetszetű fúvócsővel lehet, azonban ennek szabályozási rendszere bonyolult és drága. Ezért a kisebb hajtóművek legtöbbször kielégítőnek tartják az állandó keresztmetszetű fúvócsövet. Ez a hajtóműtípus azonban csak a legegyszerűbb igényeket elégíti ki, pl. már utánégető-berendezés üzemeltetéséhez is változtatható keresztmetszetű fúvócső szükséges. A fejlődés mindenesetre a változtatható keresztmetszetű fúvócső felé tart.

#### 2.6. A kísérlet legfontosabb eredményeinek összefoglalása

Az eddig elvégzett kísérletek elgondolásaink helyességét igazolták. Megépítettünk egy oktatási célra jól megfelelő, kisméretű sugárhajtóművet. Szerkesztése és építése közben igen sok tapasza-

latot szereztünk, amelyeket a közeljövőben igen előnyösen tudunk felhasználni.

Megvizsgáltuk a kísérleti gázturbina-hatásfok és teljesítmény növelésének gyakorlati lehetőségeit, ezek közül legfontosabb tapasztalataink a következők:

a) A gázturbinák körfolyamatára igen nagy hatással van a tüzelőterek nyomásvesztése. A tüzelőterek nyomásvesztését megelőző karbantartással, gondos üzembentartó munkával számottevő mértékben lehet csökkenteni.

b) A porlasztás minősége érzékenyen befolyásolja a hajtómű helyes működését.

c) A turbina előtti hőfok-eloszlás egyenletessége nemcsak a turbina termikus működése szempontjából előnyös, hanem a deformációk, lapátsúrlódások elkerülése tekintetéből is.

d) A hajtómű tulajdonságainak javítása elsősorban a nyomásviszony és a maximális hőmérséklet növelésével lehetséges.

Meghatároztuk a hajtómű egyes géprészei jellegzőgörbéin kívül a hajtómű összműködési karakterisztikáját. Ebből igen értékes eredményekre juthatunk a hajtómű helyes szabályozására.

E cikkben leírt kísérletsorozat csupán a kezdete egy egyre inkább erőteljesebben meginduló kísérleti munkának, amelynek végső célja egy üzemérett gázturbina létrehozása. Az itt leírt kísérletekben nyert tapasztalatok is egy lépéssel továbbsegítettek bennünket célkitűzéseink valóra váltásában.

BERECZ BÉLA

MÉRNÖK-SZDS.

## A TACAN-rendszer

### 1. Bevezetés

A rádió navigációs rendszerek fejlődése hosszú időre tekinthet vissza. Egyrészt a repülőgépek sebességének növekedése, másrészt a repülőgépek számbeli növekedése egyre szigorúbb követelményeket támasztott mind a katonai, mind a polgári repülés biztonsága iránt a repülőterek és a repülőgép-anyahajók körzetében. A fokozódó követelmények kielégítésére egyre bonyolultabb fedélzeti elektronikus berendezéseket szerkesztettek, amelyek csőszáma jelentékenyen megnőtt. Miközben a repülés biztonságát a navigációs berendezések adatközlési kapacitásának kiterjesztésével akarták megjavítani, maguk a berendezések az elektroncsövek növekvő száma miatt üzembiztonságban romlottak. Az 1. ábra az Egyesült Államokban

végzett kísérletek alapján mutatja, hogy az elektroncsövek száma függvényében 10 óra repülésre vonatkoztatva a meghibásodás valószínűsége miképpen növekszik.

A görbét az alábbi egyenlet írja le:

$$P = 100 \left[ 1 - \exp \left( - \frac{3nt}{2L} \right) \right]$$

ahol:  $P$  a meghibásodás valószínűsége %-ban;  $n$  a csövek száma;  $t$  az üzemidő órákban;  $L$  a csövek átlagos élettartama.

Az 1. ábrán feltüntetett görbe 3500 óras átlagos csőélettartamra vonatkozik.

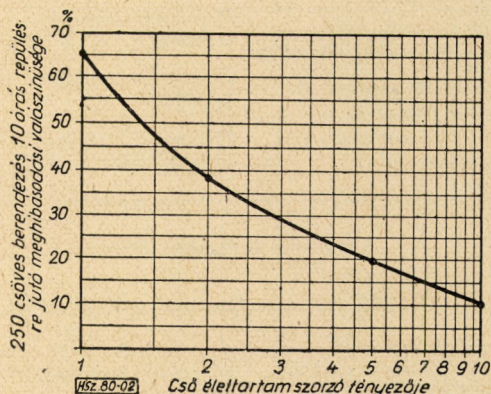
A megbízhatóság fokozására a csövek élettartam-növelése természetes irányzatnak mutatkozott, azonban sajnálatos módon önmagában ez az út nem vezet a kívánt eredményre. A 2. ábrán fel-

rajzolt összefüggés egy 250 csőből álló elektronikus berendezés 10 üzemóra-ra eső meghibásodási valószínűségét a csövek átlagos relatív élettartamának függvényében mutatja.

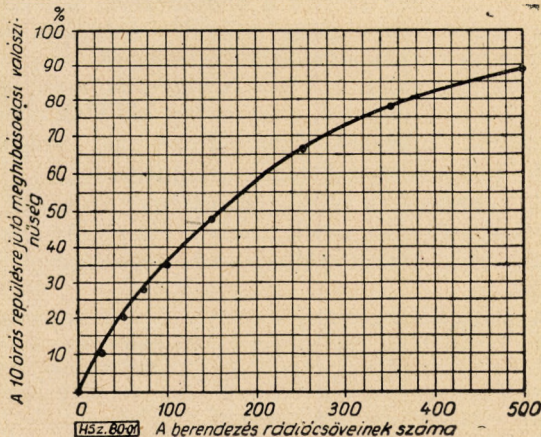
A tapasztalatokból arra a nyilvánvaló következtetésre jutottak, hogy a repülés biztonságának növelésére az adatközlés kiszélesítésével egyidejűleg a berendezéseket egyszerűsíteni, csöveik számát pedig csökkenteni szükséges.

A fejlődés már közvetlenül a II. világháború

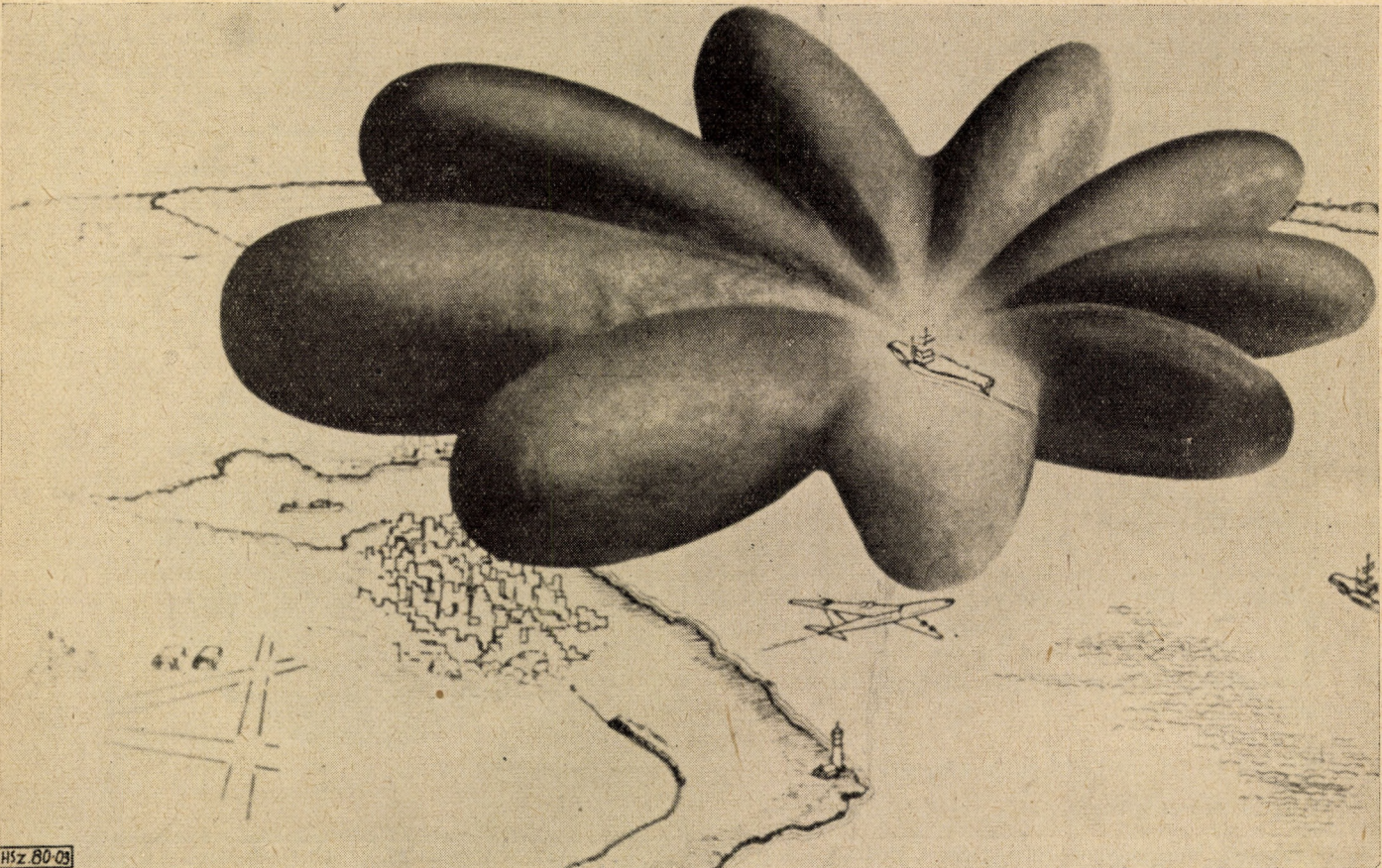
után megindult és az eredmények között lényeges, de nem lezárt lépcsőfokot jelent az Egyesült Államokban kifejlesztett TACAN-rendszer. A rendszer számos érdekes megoldást tartalmaz. Cikkünkben eredeti források alapján a TACAN működésével és főbb egységeivel foglalkozunk. A további részletek iránt érdeklődő olvasó a közlemény végén felsorolt irodalomból kaphat részletesebb tájékoztatást.



1. ábra. Az elektroncsövek meghibásodási valószínűsége a csövek számának függvényében



2. ábra. Az elektroncsövek meghibásodási valószínűsége a csőélettartam függvényében



3. ábra. A TACAN-antenna iránykarakterisztikájának háromdimenziós ábrázolása. Üzem közben a sugárnyaláb forog

HSz. 80-03

A TACAN elnevezés a „Tactical Air Navigation” (taktikai légi navigáció) rövidítéséből származik. A fedélzeti berendezés katonai típusjele AN/ARN—21, a földi vagy a hajón telepített készüléké pedig AN/URN—3.

A TACAN rövidtávolságú navigációs rendszer. Feladata a hatáskörzetében tartózkodó repülőgépek kiszolgálása navigációs adatokkal, a légtér áttekintése és repülőbiztonsági célokra a légtérben tartózkodó gépek számára parancsok közvetítése. A TACAN poláris koordinátarendszerben működik. A közlések szerint a berendezésre jellemző a nagy kapacitás, a nagy működési sebesség, valamint a bő információs tárolóképesség és a megfelelő mérési pontosság. A TACAN független a napszaktól és az időjárástól, viszonylag kis elektroncőszámmal, fokozott üzembiztonsággal dolgozik. Főbb jellemzőit az I. táblázat tünteti fel.

A távolsági és oldalszög adatok, valamint az azonosítási információk továbbítása alkalmával az adatközlés kódolt impulzusok segítségével történik.

A földi adó két szekrénybe van beépítve, amelyek egyenként 66×64×183 cm méretűek. A repülőgép adó-vevő 44×25×19 cm méretű, súlya 25,5 kg. A távolságmérés óránkénti 1900 km-es repülőgépsébségen 190 m±0,25% pontossággal végezhető. Az oldalszögmérés pontossága: ±0,1°.

A TACAN-rendszert újabban egy kiegészítő berendezéssel látták el. Ennek „TACAN Data Link” (TACAN adatközlő összeköttetés) az elnevezése és a II. táblázatban foglaltakkal jellemezhető.

Az adatokat zavarmentesen kell közölni. A nyelvnehezségek kiküszöbölése céljából az utasítások a pilóta és a földi irányító előtt egy műszer-

I. táblázat

Megnevezés	Jellemző adat
Hatótávolság	370 km
Oldalszögmérés	0—360°
Teljesítőképesség	100-nál több repülőgép kiszolgálása.
Adatközlés földről levegőbe	962-1024 MHz és 1151-1213 MHz 126 csatornán 1 MHz sávzélességgel
Adatközlés levegőből földre	1025—1150 MHz, 126 csatornán 1 MHz sávzélességgel

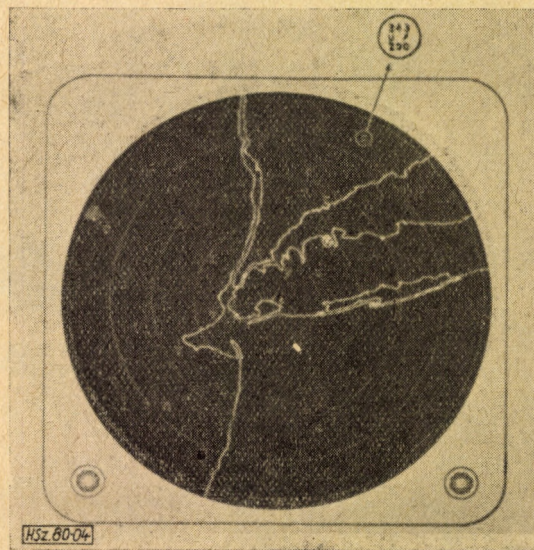
ablakban saját anyanyelvükön jelennek meg. A földi irányító előtt lokátor ábrázolási módon megjelenik a légtér képe a benne levő repülőgépek ismertetőjelének, repülési irányának és magasságának közlésével.

## 2. A TACAN működésének alapelvei

### 2.1. A távolságmérés

A távolságmérés elve ugyanaz, mint a lokátoré, azzal az eltéréssel, hogy az időméréshez a céltárgy visszavert impulzusa helyett a repülőgépen elhe-

Adatközlés földről levegőbe	
minőségi	menyiségi
Ismertető jelek száma : 1008	Parancsolt távolság a gép és a repülőtér között : 0—20 v. 0—200 (tengeri mérföld 0—37 v. 0—370 km)
Üzem mód : pl. forgalom-szabályozás, gépek automa-tikus bevezetése	Parancsolt oldalszög a gép és a repülőtér között : 0—360°
Meghatározott parancsok száma : 31 (pl. a repülést folytatni a futóművet kiengedni stb.)	Parancsolt magasság : 0—1500 v. 0—15 000 m
Ötféle újabb parancs to-vábbítása : felhívja a fi-gyelmet az esetleges pa-rancsváltozásokra	Parancsolt repülési irány : 0—360° Parancsolt repülési sebes-ség : 0—1200 km/h
Adatközlés levegőből földre	
minőségi	menyiségi
Azonosító ismertető jelek: automatikusan, az időbeli sorrenddel jellemezve	A távolságmérő műszer állásának automatikus köz-lése:
Automatikus válasz a földi kérdésekre	Mért távolság : 0—20 v. 0—200 tengeri mérföld (0—37 v. 0—370 km)
Meghatározott informáci-ók száma : 31 (pl. vakre-pülésben szeretnék leszáll-ni stb.)	Mért magasság : 0—1500 v. 0—15 000 m
Ötféle vétel-igazolás (pl. értettem stb.)	Mért repülési irány : 0—360° Mért repülési sebesség : 0—1200 km/h
Teljesítőképesség : 120 repülőgép kiszolgálása 6 másodperc alatt	



4. ábra. A földi berendezés katódsugárcsővén az irányító tiszt előtt megjelenik a légtér képe. A repülőgépek azonosítási számát, a repülési irányát és magasságát a cső ernyőjén feltűnő indexek jelzik.

lyezett válasz adó-vevő bocsát ki nagy energiájú impulzust. A kérdezés és a válaszolás hullámhossza egyértelművé teszi az azonosítást a repülőtér és a repülőgép viszonylatában. A jobb áttekinthetőség elérése céljából az indikátor nem katódsugárcső, hanem egy műszerlap.

A távolságmérés mechanizmusát az alábbiakban foglalhatjuk össze:

a) A repülőgép adója rövid kérdező impulzusokat bocsát ki, hosszú szünetekkel felváltva.

b) A földi vevő ezeket veszi, egyúttal elindítja a földi adó válaszjeleit.

c) A földi adó a repülőgép adófrekvenciájától eltérő frekvencián, vagyis másik csatornán ad válasz-jeleket.

d) A repülőgép-vevő veszi a válasz-jeleket és automatikusan kiértékeli a kérdező és a válasz-jelek közötti időtartamot, más szóval méri a távolságot. Megfelelő elektronikus áramkörök a jeleket

mérik a legutolsó saját impulzust, amelyre a válasz érkezik. Idegen repülőgépek kérdő impulzusai egy adott repülőgép kérdő impulzusaihoz képest szabálytalanok s így az ezekre érkező válaszok is szabálytalanok egy meghatározott késleltetéshez viszonyítva.

Az azonosító áramkör a repülőgép-vevőt egy új földi adó csatornára hangolja, ha az adásban hosszabb szünet állna be. Azonkívül egy tologatható kapu segítségével fokozatosan letapogatja a különböző késleltetett időintervallumokat. Ha nincs válaszjel vagy csak időnként érkezik válasz, akkor az azonosító áramkör nagyobb időkésleltetést állít be és a művelet előlről kezdődik. Az azonosító áramkör leáll, ha egy különlegesen késleltetett időszakaszban megfelelő számolási eljárással az azonosságot minden kétséget kizáróan megállapította. A válaszimpulzusok az időben ingadoztatott kérdő impulzusokkal szinkronizmusban vannak.

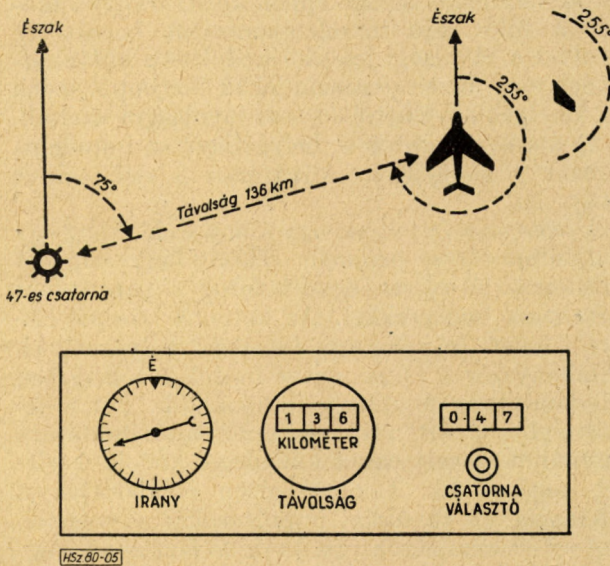
Az időmérés 4044 Hz-es referencia-frekvenciának segítségével történik. Ennek egy periódusa:  $\frac{1}{f} =$

$= 248 \mu\text{sec}$ , 20 tengeri mérföld (mintegy 37 km) távolságnak felel meg. Tehát a kérdező és válaszimpulzusok közé eső időszakaszt oly módon kapjuk, hogy a referencia-frekvencia egy periódusának valamilyen tört részével elosztjuk az intervallum idejét. A pontos mérés céljából a zérus referenciát a 4044 Hz-es frekvencia segítségével határozzák meg. Ebből impulzusokat állítanak elő és ezekkel indítják a kérdező impulzusokat. A 24, illetve 150 Hz ismétlődési frekvenciájú impulzusokat előállító stabilizálatlan multivibrátor a kérdező impulzus sorozatba időbeli ingadozást visz be. Ez a stabilis és pontos módszer alkalmas robot-pilóták és számológépek vezérlésére is.

Az időmérő áramkör emlékező részt is tartalmaz. Ez a válaszjelek elmaradása esetén keresés nélkül a távolságjeleket 10 másodpercig megtartja.

A földi adó mintegy 75 másodpercenként ad a nemzetközi Morse-kód szerinti azonosító jeleket, ezeket a repülőgépen hallhatóan veszik. Több, mint száz repülőgépet tud a földi adó távolsági adatokkal ellátni. A repülőgép-adó másodpercenként kb. 24 kérdező impulzust ad követéskor és kb. 150-et a keresés folyamán. A repülőgép által kibocsátott kérdező impulzusok közepes időköze 33000  $\mu\text{sec}$ . Száz repülőgépnek adott válaszimpulzus átlagos időintervalluma 370  $\mu\text{sec}$ . Ebből látszik, hogy a csatorna nincs kihasználva, és ezeket az intervallumokat még más adatok közlésére is fel lehet használni.

Az adatok közlésére iker-impulzusokat alkalmaznak. A vevőkben jelazonosító áramkörök (dekódolók) vannak, amelyek csak azokat az impulzuspárokat engedik át, amelyeknek előre meghatározott impulzusközük van. Ilyenformán, hamis vagy zavaró jelek csak abban a ritka esetben mennek át a jelvisszaalakítón, ha késleltetésük éppen az előírt 12  $\mu\text{sec}$ .



5. ábra. A mérés elve.

átalakítják és a távolságmérő műszert működtetik.

Mivel a földi adó a hatótávolságán belül tartózkodni több repülőgépet szolgál ki, ezért gondoskodni kell arról, hogy a repülőgép-vevők a nekik szóló válasz-jeleket kikeressék és az impulzusinterferencia-jelenséget kiküszöböljék. Ezt a feladatot úgy oldják meg, hogy a kérdező impulzusok ismétlődési időköze nem állandó, hanem egy stabilizálatlan multivibrátor segítségével időbeli ingadozást („jitter”) hoznak létre, más szóval az ismétlődési időköz egy rögzített érték körül statisztikus szórású mutató. Mivel a válaszjeleket a kérdezőjelek váltják ki, ilyenformán a két jel sorozat időbeli statisztikus eloszlása azonos, tehát egymással szinkron jelentkeznek. Ezzel szemben a nem saját repülőgép válaszjelei a saját jelcsoportokhoz képest szabálytalan időközben érkeznek be.

Egy állandó, vagy nagyon lassan változó időkésleltető áramkör segítségével a válaszimpulzusok helyét megállapítják és eközben folyamatosan

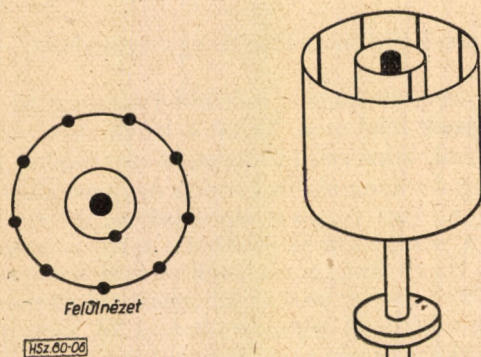
## 2.2. Az állandó üzemidő-arány jelentősége

Fontos követelmény, hogy a földi vevő érzékenysége a légiforgalomtól ne függjön, vagyis, ha egyetlen gép kérdez, azt majdnem olyan érzékenységgel vegye, mintha száz gép kérdezne. Ezt az állandó üzemidő-arány bevezetésével érik el. Ha nincs kérdező impulzus, akkor ui. az automatikus erősítés-szabályozó az erősítést a zajküszöbhez közel állítja be, oly módon, hogy a vevő kimenetén mintegy 2700 zajimpulzus keletkezzék másodpercenként. A kérdező jelek számának növekedtével kissé csökken az erősítés és a zajimpulzusokat felváltják a kérdező- és a válasz-impulzusok. Az impulzusok számának és az erősítésnek olyan összefüggésben kell lenni egymással, hogy akár egyetlen, akár száz géptől érkezne jelek, az érzékenység mindig a 3 dB-en belül maradjon.

## 2.3. Oldalszög mérés

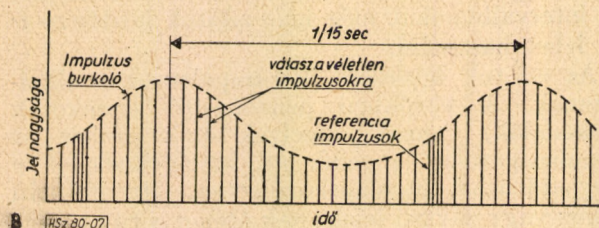
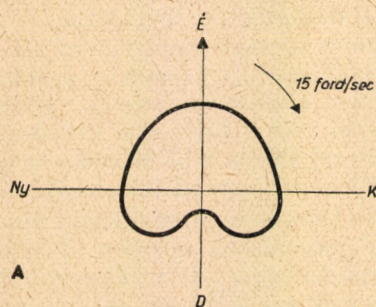
### 2.3.1. Durva oldalszög mérés

Az oldalszög mérése és a kapott értékek továbbítása különlegesen szerkesztett antennával történik. Mint a 6. ábrán látjuk, az antennarendszer a középső, egy helyben álló rúd sugárzóból és körülötte forgó két üveggyapot hengerből tevődik



6. ábra. A földi antenna sugárnyaláb modulációjának megoldása.

össze. A belső hengeren függőleges vezető helyezkedik el. Ez parazita sugárzóként viselkedik és a vízszintes antenasugárzási diagramot szívgör-



7. ábra. Az antenna irányjelleggörbéje egy parazita elemmel modulálva

bévé alakítja. A belső henger másodpercenként 15 fordulattal forog, azért a szívgörbe-diagram is forogni fog. A 7. ábra a poláris koordináta és a derékszögű koordináta szerinti sugárzási diagramm egy részét tünteti fel. Ezen világosan látszik, hogy a kisugárzott energiát 15 Hz-es rezgéssel modulálják és ilyen módon lehetővé teszik az oldalszög durva közlését.

A repülőgép-vevőben a 2700 Hz ismétlődési frekvenciájú, 12–30%-ig modulált impulzusokat demodulálják és így kapják az antenna oldalszögére jellemző burkológörbét. A burkológörbe egy periódusára 180 impulzus jut. Ezek az impulzusok a távolsági vagy egyéb adatokat hozzák a földi adótól.

A rendelkezésre álló 15 Hz-es burkológörbe az oldalszög meghatározására a repülőgépen önmagában még nem elegendő. Szükség van tehát még referencia-feszültségre is. Ezért, amikor a szívgörbe maximális értéke éppen keleti irányba mutat, a földi adó impulzussorozatot bocsát ki, amelyet a távolsági jelektől kódolással különböztetnek meg. Ez a referencia-jel 12 ikerimpulzusból áll, amelyek egymástól 30  $\mu$ sec távolságra vannak. A 7. ábrán feltüntetett helyzetben az impulzussorozat a repülőgép indikátorán a déli irányt állítja be.

A referencia-impulzust úgy állítják elő, hogy egy alumínium-tárcsa peremére vékony lágyvasmagot erősítenek. A tárcsa együtt forog a parazitákat tartalmazó hengerekkel. Az antenna középső elemétől keleti irányba egy tekereset helyeznek el. Valahányszor a tárcsa egyet fordul, a tekeresben mindannyiszor feszültség indukálódik. Ezt a feszültségimpulzust a távolságmérő-adó indítására használják, amely ekkor különleges kódolású jelet sugároz ki. A repülőgépen elválasztják a referencia- és távolsági impulzusokat egymástól.

A referencia-jelet a vett burkoló fázisának meghatározására használják. A modulációs burkoló-feszültség fázisát egy előre meghatározott értékkel hitelesített fázistolóval megváltoztatják. Ezután a referencia és a burkolójel egy pontja között a koincidenziát keskeny kapujellel ellenőrzik. Az oldalszögkeresés 20 másodpercig tarthat. Utána a szervorendszer automatikusan és folyamatosan követi a gép mozgásából származó normális oldalszögváltozásokat.

A repülőgép vevőberendezése emlékező áramkört is tartalmaz. Ez az előző jeleket keresés nélkül 3 másodpercig megtartja, majd ismét keresésre kapcsol.

A fázismérésre kijelölt pont a modulációs hullámon nem a sinus-alak maximuma, hanem az  $x$  tengellyel való metszéspontja. Ez a pont a szívgörbén megfelel a maximumot  $90^\circ$ -kal megelőző pontnak. Tehát, ha a szívgörbe maximuma dél felé néz, akkor ez a pont keletre van.

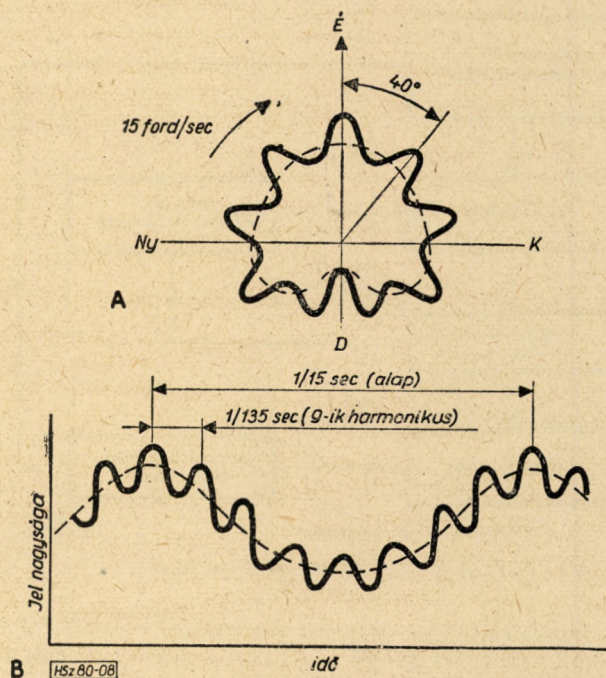
A TACAN-rendszerben a földi adó közli a pilótával, hogy a repülőgép a földi adótól milyen irányban van. A pilóták azonban jobban szeretik, ha azt közlik velük, hogy a repülőgéptől milyen irányban van a földi adóállomás. Így pl. amikor a földi adótól a repülőgép északra van, akkor a pilóta műszere

0°-ot mutat, mivel a pilóta a repülőgéptől az adót északra látja. Az oldalszöget az északi iránytól az óramutató járásával egyező irányban mérik. A pilótával közölt oldalszög adathoz tehát még 180°-ot kell hozzáadni, mint azt az 5. ábra mutatja.

A repülőgép műszerfalán a TACAN-hoz még kétféle műszer tartozik. Az egyik a földi adó irányát a gép hossz tengelyéhez viszonyítva mutatja. Ez az iránytű és a földi adó információit automatikusan egyesíti, a másik műszerrel külső beállítás segítségével ki lehet választani a földi adóra a rárepülés irányát. A műszer ettől az iránytól való eltérést mutatja.

2.32. Finom oldalszögmérés

A finom oldalszögmérés nagyon megnöveli a szívgörbe-rendszer pontosságát. Csökkenti azt a két alapvető hibát, amely a fázismérés tökéletlenségéből és a helyi visszaverődésekből származik. E mérés céljából az antenna központi elemét körülvevő két henger egyikére kilenc parazita



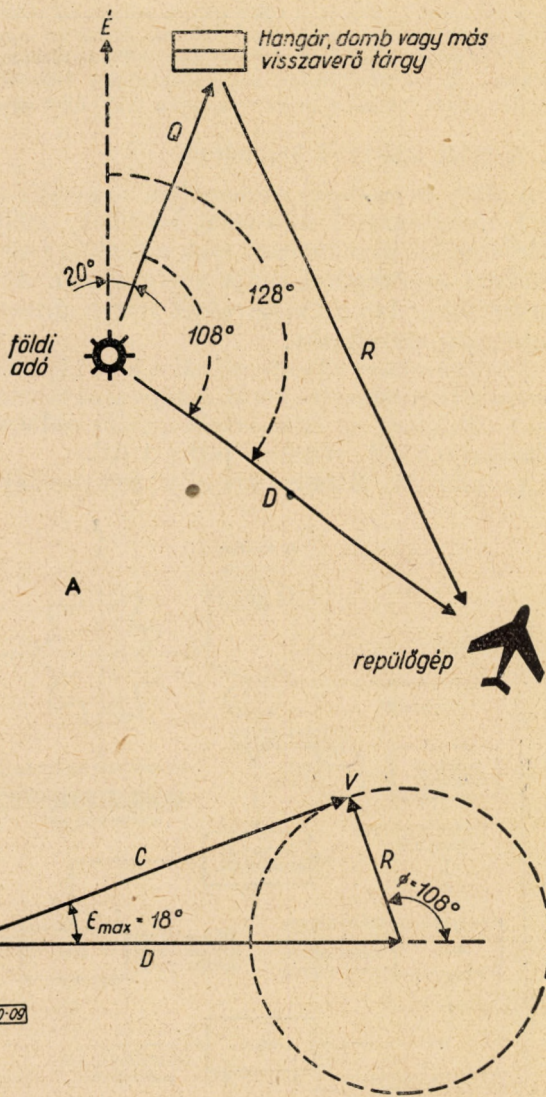
8. ábra. Az antenna irányjelleggörbéje kilenc parazita elemmel modulálva

elemet tesznek. Ezek a szívgörbe alakú sugárzási karakterisztikát a 8. ábrán látható formára alakítják át.

Az egyes parazita-elemeket egymástól 40° távolságra helyezik el. A külső henger a belsővel forog együtt másodpercenkénti 15 fordulattal. A parazita-elemek hatására  $9 \times 15 = 135$  Hz-es modulációs frekvencia keletkezik. Itt is szükség van referencia-jelre a 135 Hz-es moduláció fázisának meghatározása végett. Ezt a durva oldalszögméréshez hasonló módon állítják elő. A referencia-jelek hat ikerimpulzus-sorozatból állnak, egymástól 24  $\mu$ sec távolságra. Az antenna egy fordulata

alatt nyole ilyen sorozatot sugároz ki. A kilencedik sorozat a 15 Hz-es referencia-jellel esik egybe.

A 135 Hz-es jel legfontosabb tulajdonsága, hogy egy fordulat alatt 1° szögváltozást kilenc részre bont. Ilyen formán egy 360 fokos műzerskálán 0,11° mutató-elmozdulás (az 1°-nak 1/9-ed része)



9. ábra. A helyi visszaverődések okozta hiba

felel meg 1° elektromos fázisszögnek. A 135 Hz-es jel fázismérését egyértelművé kell tenni, mivel a repülőgépvezető felé kilenc egyforma fázisú adat megy. Ezek közül kell a megfelelőt kiválasztani. A durva fázisméréssel érik el ezt a célt. A pilóta műszerének mutatója a durva fázismérés segítségével azonnal a kiválasztott 40°-os oldalszögsávra áll, és ezen belül a megfelelő oldalszögállásba a finom fázismérés vezérli.

2.33. Helyi visszaverődések okozta hibák

Az oldalszögmérés pontosságát leginkább a telepítés helyét körülvevő tereptárgyakról visszaverődő sugárzás befolyásolja. A repülőgépre ui. nemcsak a közvetlen sugárzás érkezik,

hanem eljutnak a tereptárgyokról visszaverődött jelek is. A 9. ábrán látható, hogy a  $128^\circ$  oldalszögű közvetlen sugár  $D$  úton jut el a repülőgépre, a tereptárgyról visszaverődő sugár pedig  $Q + R$  úton, és  $20^\circ$ -os oldalszöggel indul az adótól. A repülőgép vevőre a vektoriálisan összegeződött eredő  $D + R$  jel érkezik.

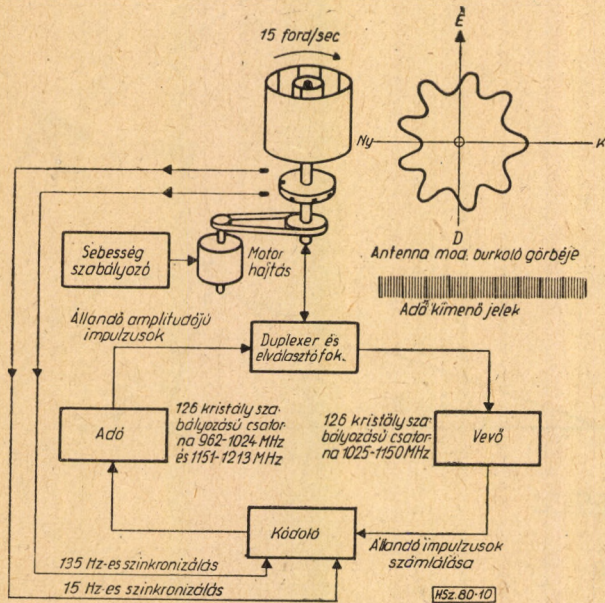
Az ábrán jól látszik, hogy az  $\epsilon$  hibaszög ez esetben  $18^\circ$ , és nagysága függ a visszavert jel erősségétől, valamint a  $\Phi$  szög nagyságától. A  $\Phi$  szög változhat  $0-360^\circ$ -ig, attól függően, hogy egymáshoz képest a földi adó, a reflektáló tereptárgy és a repülőgép hogyan helyezkedik el. A kilenc nyalábos szívgörbe rendszerben a  $0-18^\circ$ -os hiba  $1/9$ -ed részére,  $2^\circ$ -ra esökken. E rendszerben ui. a jel elektromos fázisszögében minden egyes foknak a műszer skáláján  $0,11^\circ$  felel meg.

**3. A földi adó-vevő berendezés**

A földi berendezés önmagában nagyteljesítményű távolságmérő adó-vevő készülék, mely az oldalszög-közlő műveletet csak a csatolt antenna-rendszer segítségével tudja végrehajtani. Az adó tervezésekor  $146$  dB veszteséget vetek antennától antennáig számításba.

A közös adó-vevő antennánál a jel a tápvezetelen keresztül a duplexerre kerül. A tápvezetel vesztesége  $1-3$  dB lehet, az adás-vételkapcsoló csillapítása adásban  $0,5$  dB, vételben pedig  $1$  dB.

Az adó  $45$  MHz-es kristály frekvenciáját a



10. ábra. A földi állomás működési vázlatja

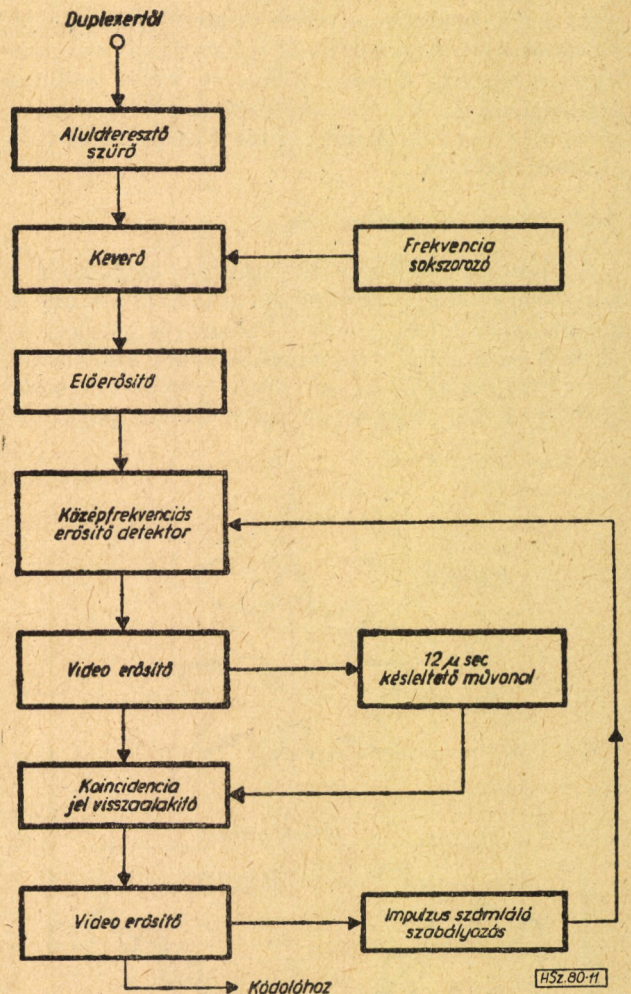
frekvencia-sokszorozó 24-szeresre növeli. A végfrekvencia a balansz-keverőre jut. Ezután következik a kis zajú középfrekvencia előerősítő egy Ferris-diszkriminátorral, mely a szomszédos csatornafrekvenciát  $80$  dB-lel csillapítja. Az automatikus erősítés szabályozó biztosítja az állandó üzemiáramányt. A jelazonosító áramkörben LC késleltető művonal van a  $12 \mu\text{sec}$ -os ikerimpulzusok részére. Kérdező jel nélkül az erősítés nagy és így elő lehet a zajfeszültségből állítani a  $2700$  Hz ismétlődési frekvenciájú impulzust, amely  $100$  repülőgép részére elegendő.

A kódoló az alábbi feladatokat látja el:

a) A nemzetközi Morse-kód szerint a vevő-

kimenet részére  $2700$  kapuzott azonosító impulzust hoz létre.

b) Az antenna felől érkező indító impulzusok hatására két sorozat oldalszög referencia-impulzust kelt. A  $15$  Hz-es sorozat  $12$  ikerimpulzusból



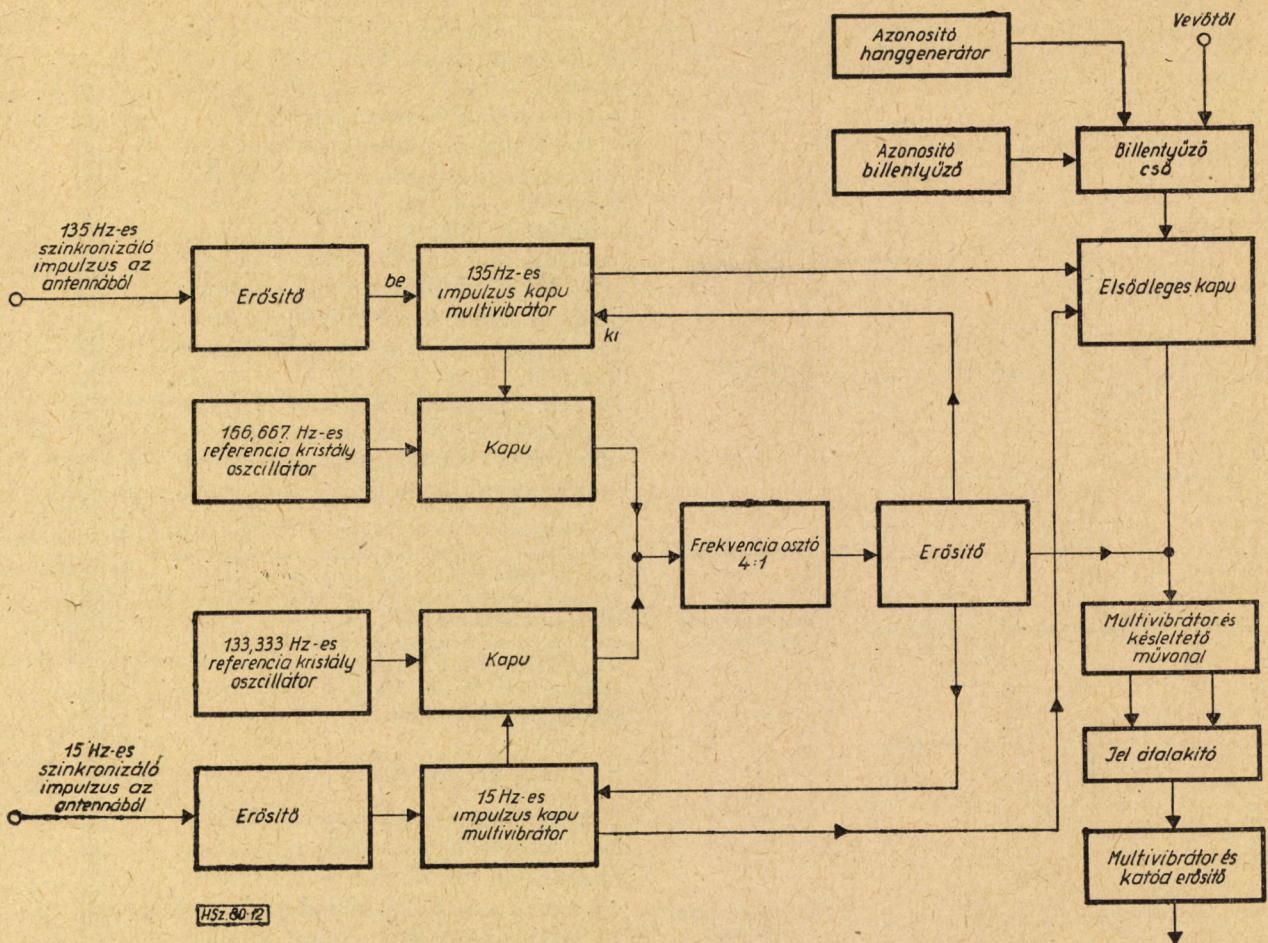
11. ábra. A földi vevő működési vázlatja

áll, amelyek  $30 \mu\text{sec}$  távolságra vannak egymástól,  $133,33$  kHz rezgésből  $4:1$  arányban leosztva. A  $135$  Hz-es csoport  $6$  ikerimpulzusból áll, egymástól  $24 \mu\text{sec}$  távolságra,  $166,66$  kHz rezgésből  $4:1$  arányban leosztva.

c) Avégből, hogy a kérdések vétele és a válaszok adása között  $50 \mu\text{sec}$  időtartamot biztosítson, a távolsági kérdő impulzusokat hőmérsékletre stabilisan viselkedő LC művonnal késlelteti.

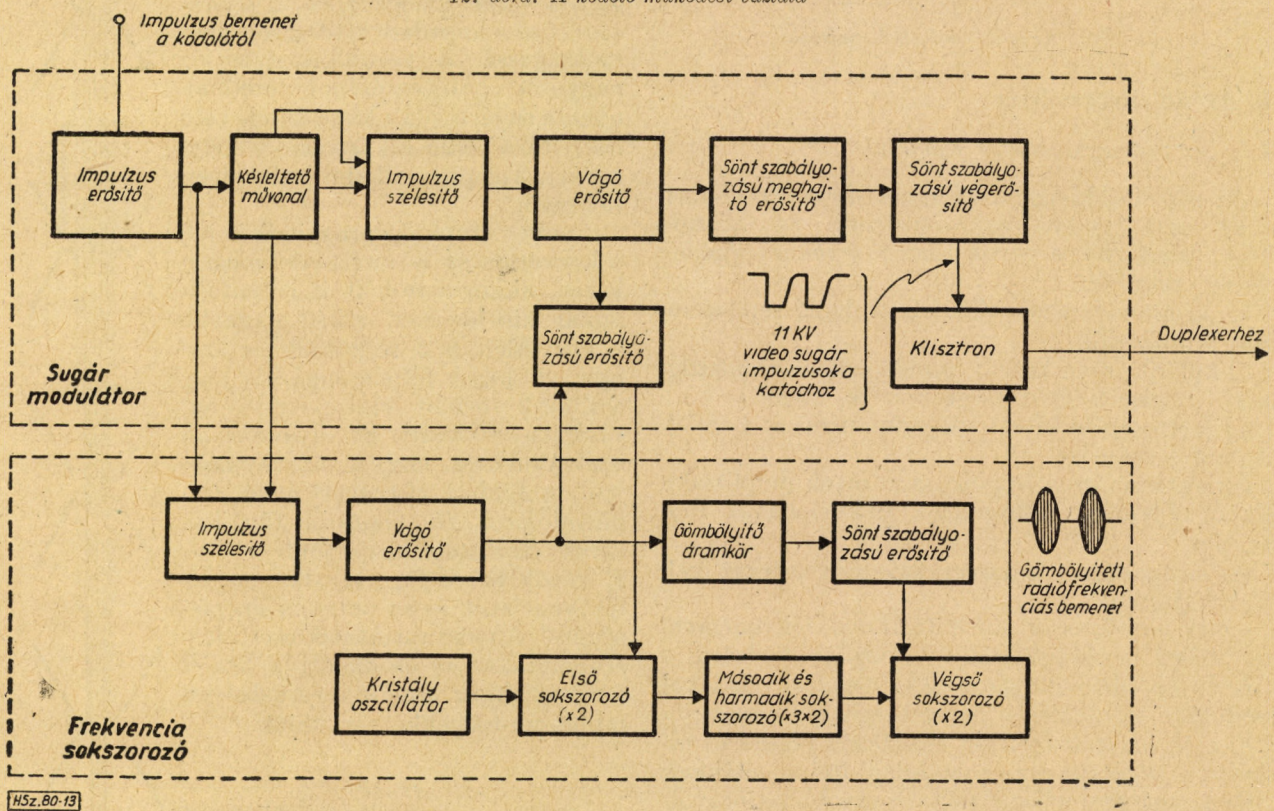
d) Minden impulzust impulzuspárrá alakít át, ezek között a távolság  $12 \mu\text{sec}$ . Az adóba  $3600$  impulzuspárt bocsát.

Az adó több mint  $5$  kW csúcs teljesítményt szolgáltat, az impulzus szélesség  $3,5 \mu\text{sec}$ . Az impulzusalak olyan, hogy át tudjon az  $1$  MHz sáv szélességű csatornán haladni. Három üreges nagyerősítésű teljesítmény klisztront használnak kimenőcsőnek. A kódolótól érkező  $3600$  impulzuspár két úton halad tovább. Egyszer keresztül megy a formáló fokozaton és a frekvencia sokszorozót moduláló áramkörökön, másodsor pedig a klisztront kapuzó áramkörökön. A frekvencia sokszorozótól a bemeneti klisztron-üregre  $50$  W-os jel kerül.



HSz.80-12

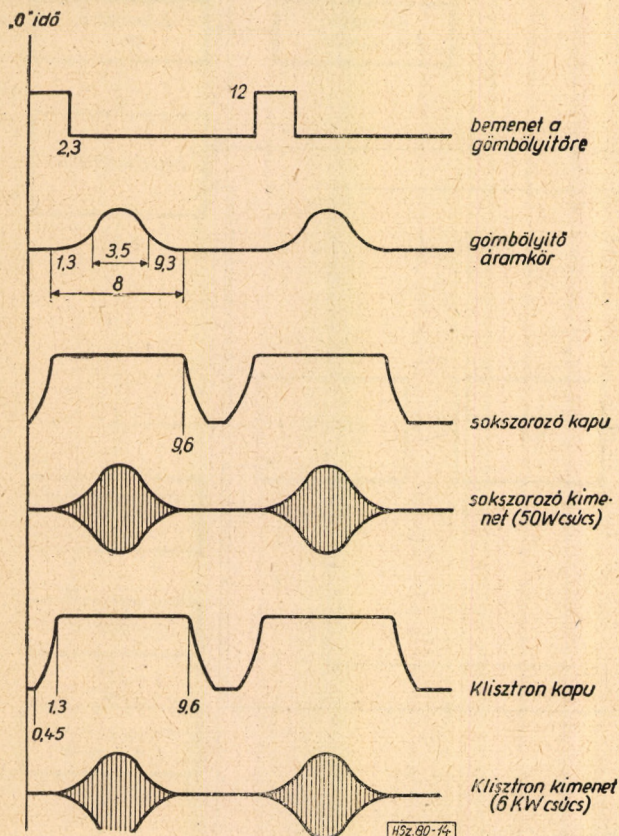
12. ábra. A kódoló működési vázlata



HSz.80-13

13. ábra. A földi adó működési vázlata

A modulátor-impulzus teljesítménye csúcsban 33 kW (11 kV; 3 A). Az átlagos teljesítmény 2,2 kW (11 kV; 0,2 A). A klisztroncső csúcsteljesítménye 6 kW, átlagteljesítménye pedig 0,15 kW.



14. ábra. Az adóberendezés impulzusai

## 4. Az antennarendszer

### 4.1. Az antennarendszer feladatai

Az adó által kisugárzott impulzussorozat elemei:  
a) szabálytalan zajimpulzusok, az állandó üzemi dőarány és a vevők állandó érzékenységének elérése céljából;

b) az állomás azonosítására szolgáló rendszerezett impulzusok;

c) különlegesen kódolt impulzusok az oldalszög-mérés referenciaszültsége részére, végül

d) pontosan időzített válaszipulzusok a távolságmérés számára.

Az antenna ezen impulzussorozatokat amplitudóját az oldalszög információs frekvenciával modulálja.

Az antennának a következő műveleteket kell végrehajtania:

a) az impulzussorozatot 15 Hz-es frekvenciával modulálni az oldalszög durva meghatározására;

b) az impulzussorozatot 135 Hz-es frekvenciával modulálni az oldalszög finom meghatározására;

c) referens-indítójeleket előállítani pontosan fázisban a 15 és 135 Hz-es moduláló frekvenciákkal;

d) a sugárzási jelleggörbét a nagyobb hatótávolság elérése céljából vertikálisan irányítani;

e) a függőleges jelleggörbét kb. 5°-kal a horizont fölé emelni, hogy ezáltal a helyi reflexiókból adódó mérési hibák csökkenjenek.

A TACAN-rendszerben két antenntípust alkalmaznak: az egyiket a hajókra szerelik, a másikat a szárazföldön állítják fel. A rádiófrekvenciás rész mindkét típusban azonos. A hajóantennát a hajó imbolygásával szemben stabilizálják, ezenkívül oldalirányú stabilizálást is kap avégből, hogy a hajó hossztengelelyének irányától független legyen. A szárazföldi antennának csak az oldalirányú stabilizálása van; ez elősegíti az antenna kezdetitájolását.

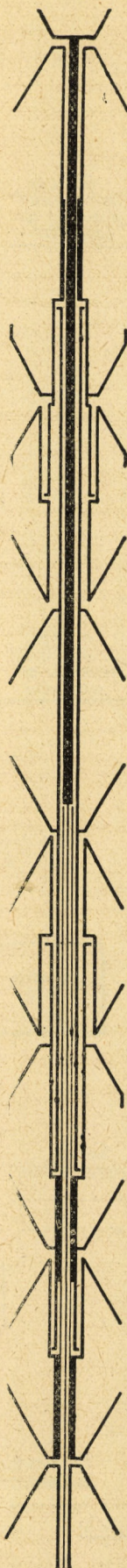
A szárazföldi és a tengeri berendezésben külön-külön antennaszervelet szolgál az alsó és felső frekvencia sávú üzem részére. Az alsó frekvenciasávban dolgozó antenna 962—1024 MHz-ig ad és 1025—1087 MHz-ig vesz. A felső frekvenciasávban dolgozó antenna 1151—1213 MHz-ig ad és 1088—1150 MHz-ig vesz. A szárazföldi antenna forgási sebességét stabilizálják.

### 4.2. A működés elve

A rendszer pontosságának növelése végett az antenna egy alapfrekvenciát és annak a kilencedik harmonikusát állítja elő. A központi sugárzó-sor feladata, hogy az energiát a térbe kisugározza. A széles-sávú üzem impedancia illesztést tesz szükségessé. A vertikális nyereség nagyobb hatótávolságot eredményez, a sugárnyaláb kissé felfelé való irányítása pedig kiküszöböli a helyi zavart. Telepítés alkalmával ez igen kedvező.

Amikor a repülőgépre mindkét jel: a közvetlen és a visszavert megérkezik, akkor a reflektált jel hatása annál kisebb lesz, minél nagyobb a közvetlen és a reflektált jel aránya. A kissé fölfelé sugárzás még a földről történt visszaverődés hatását is csökkenti. Ez olyanformán nyilvánul meg, hogy a sugárnyalában, a földről visszavert jelek amplitudójától és fázisától függően, zérus térerősségű közök jönnek létre. E közök helye függ az alkalmazott frekvenciától és az antenna magasságától. A vevő automatikus erősítés szabályozása is csökkenti a közök hatását akkor, amikor a zérushelyek minimum-helyekké alakulnak.

15. ábra. A földi adó-antenna középső sugárzó elemének metszete

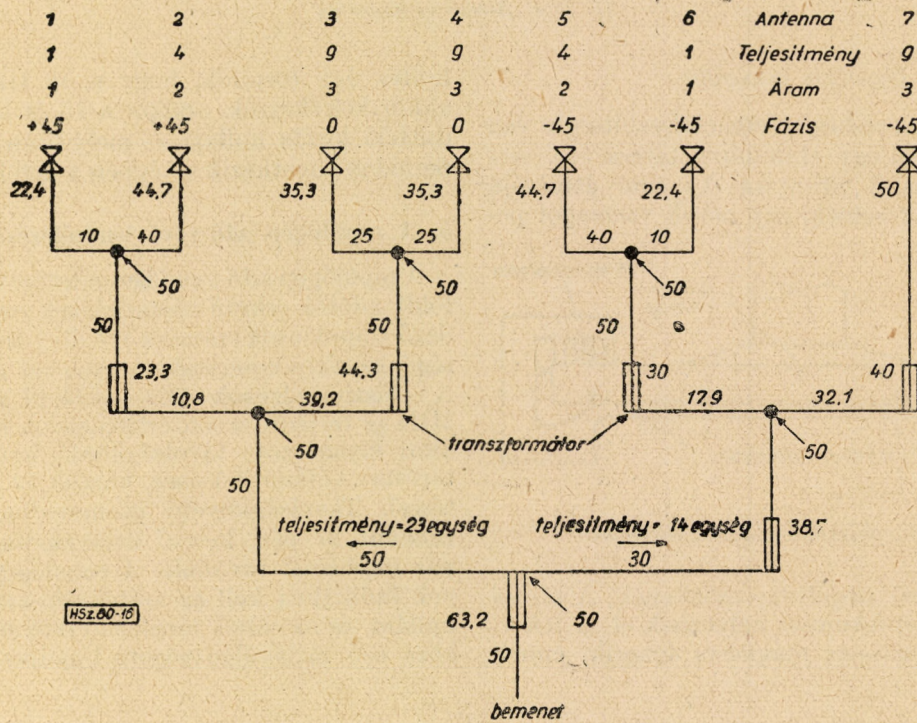


Az antennát 7 bikonikus dipól alkotja. Az energia elosztását soros gerjesztésű tápvonal-darabok eszközlik. A főtápvonal a sugárzó sor közepébe csatlakozik. Az elosztókörbe a csatlakozási pontokban impedancia-transzformátorok vannak beiktatva. Az alsó 6 elem közül a két középső elemet 9 egységnyi energiával táplálják, a két következőt 4, a végelemeket pedig 1 egységnyiével.

A sugárnyaláb fölfelé irányítása céljából a középső elemekhez képest az alsó elemek árama siet, a felsőké pedig késik. A felső elem ellensúlyal

ábrán (B) van feltüntetve a kilenc parazita-csoport által előállított vízszintes antenna-karakterisztika, valamint az eredő jelleggörbe (C). A sugárnyaláb forgatásakor a térben egy figyelő-ponton amplitudó-modulációt észlelnek.

A moduláció mélységét a parazitaelemek vezetőképessége és száma szabja meg. A TACAN-rendszer fejlesztése során azt tapasztalták, hogy még kis átmérőjű rézvezetőkkel is nagy modulációs mélységet lehet elérni. A parazitaelemek és a központi sugárzó függőleges irányú jelleggörbéjé-



16. ábra. Az antenna középső sugárzó elemének működési elve

dolgozik; ez 9 egységnyi energiát vesz fel és segít a sugárnyaláb fölfelé irányításában, mivel árama a két középső elemhez viszonyítva fázisban késik. Nagy magassági szögek esetén az ellensúly igyekszik az alsó hat elem sugárzását oly módon befolyásolni, hogy döntő mértékben a felső elem szolgáltatson energiát.

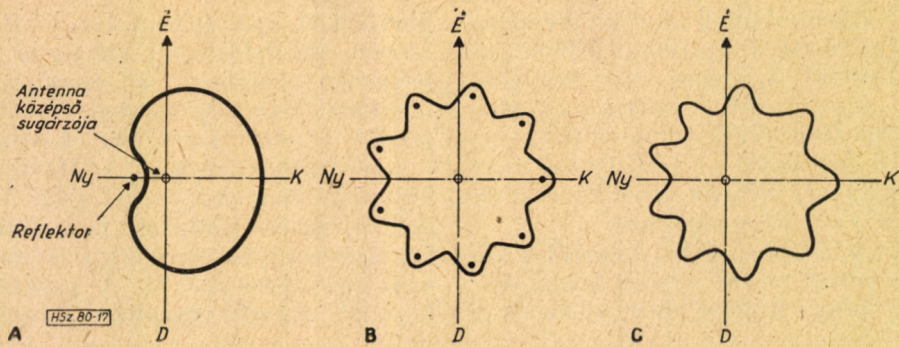
### 4.3. A modulálás

A modulálás tisztán mechanikus úton történik, egyetlen elektroncsövet sem tartalmaz. Az antennarendszer középső sugárzó elemét két üvegyapottból készült henger veszi körül. A 15 Hz-es modulációs frekvencia elérése céljából a belső hengerre parazita sugárzócsoport van erősítve. A külső henger több ilyen parazita sugárzócsoportot tartalmaz, egymástól 40°-ra elhelyezve, a kilencedik harmonikus modulációs frekvencia számára.

A 15 Hz-es rezgést előállító egyedülálló parazita sugárzócsoport a sugárnyalábot a 17. ábrán (A) látható szívgörbévé alakítja át. Ugyanezen az

nek, következésképpen az árameloszlásoknak is megközelítőleg egyformának kell lennie. A modulációs szint leszállítása, úgyszintén a frekvencia-érzékenység csökkentése szempontjából, valamint a kívánt függőleges irányú jelleggörbe elérése végett előnyös nagy ellenállású parazitaelemeket alkalmazni. A parazitaelemeket ezért 0,025 mm átmérőjű krómnikkel huzalból készítik. Egy-egy parazita-csoport 4 db kétféle hosszúságú huzalból áll

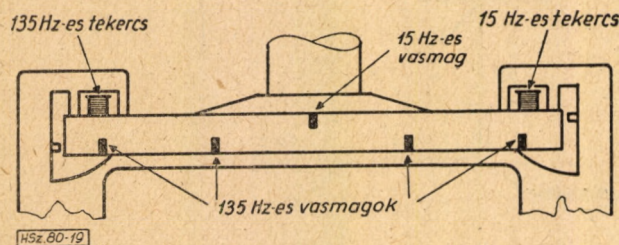
Avégett, hogy az összes vevőket megfelelően lehessen beállítani, a gyakorlatban a 15 és 135 Hz-es rezgések között a fázisnak hitelesítettnek kell lennie. A távolság és oldalszögjelek ui. a vevő felé együtt haladnak. A vevőben a távolsági információt az időzített válaszjelek keltik, melyeket a demoduláció után vágnak. Az impulzussorozat 100%-os moduláció esetén megszakadna, ezért a 15 és 135 Hz-es rezgések relatív fázisát és amplitudóját szabványosítják. A két henger együtt-forgása mechanikai úton van biztosítva, ennél fogva itt a későbbiek folyamán fázisváltozás nem léphet fel.



17. ábra. Antenna jelleggörbék

#### 4.4. Referencia impulzus generátor

Az oldalszög méréshez referenciafeszültségre van szükség. Evégből egy alumínium tárcsa alsó szegélyébe egymástól  $40^\circ$ -nyira  $0,4$  mm átmérőjű lágyvasmagnet préselnek, egy másik vasmagot pe-



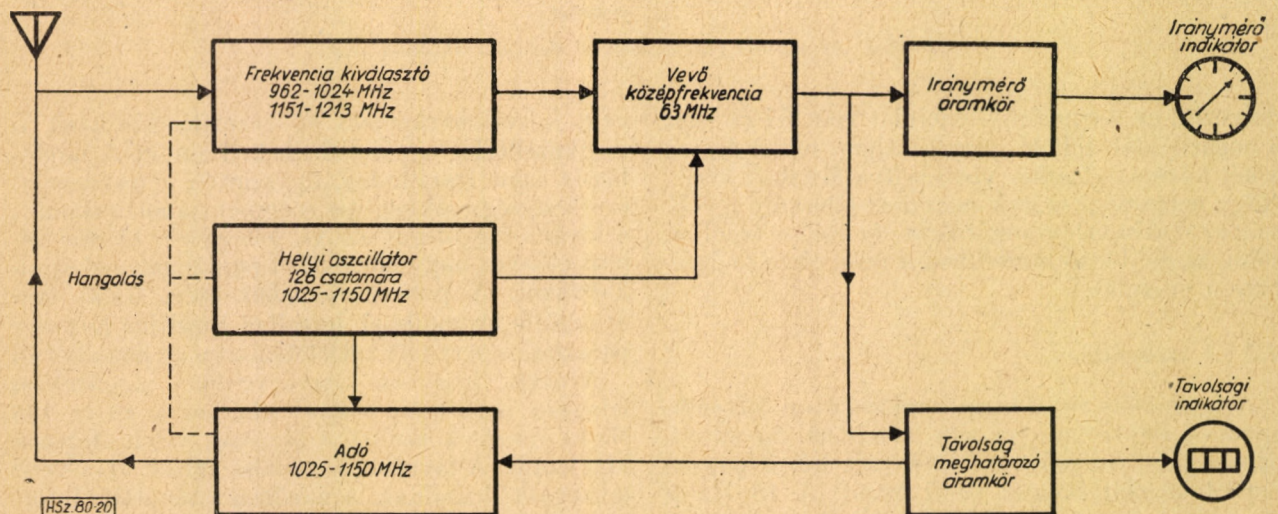
19. ábra. A referencia-impulzusok előállítására

dig a tárcsa felső szegélyébe erősítenek. A tárcsa szélén két leszedőtekereszt helyeznek el. A tekercsokat egy permanens mágnesre tekerik, ennek

lesítés úgy történik, hogy a  $15$  Hz-es impulzus akkor keletkezik, amikor a  $15$  és  $135$  Hz-es moduláció közös nullája — mely után a pozitív félperiódus következik — éppen a déli irányt metszi.

#### 5. A repülőgép adó-vevő berendezése

A repülőgép adó-vevő berendezése a kiválasztott földi adótól érkező válaszjeleket veszi fel. A kérdező impulzusok számára  $126$  db  $1$  MHz sáv szélességű, kristály-vezérlésű csatorna áll rendelkezésre. A válaszimpulzusok a  $962-1024$ , ill. az  $1151-1213$  MHz-ig terjedő sávon érkeznek. A repülőgép-adó által kisugárzott távolságkérdező impulzusok időtartama kétszer  $3,5$   $\mu\text{sec}$ , közöttük  $12$   $\mu\text{sec}$  késleltetéssel. Távolságkövető üzemmódban másodpercenként  $27$  pár, kereső üzemmódban pedig  $130$  pár impulzust továbbít. A repülőgép-berendezésnek indikálnia kell az amplitúdó-modulált sinus-hullám és az ennek megfelelő referenciafeszültség közé eső fáziskülönbséget. Ugyancsak ábrázolni

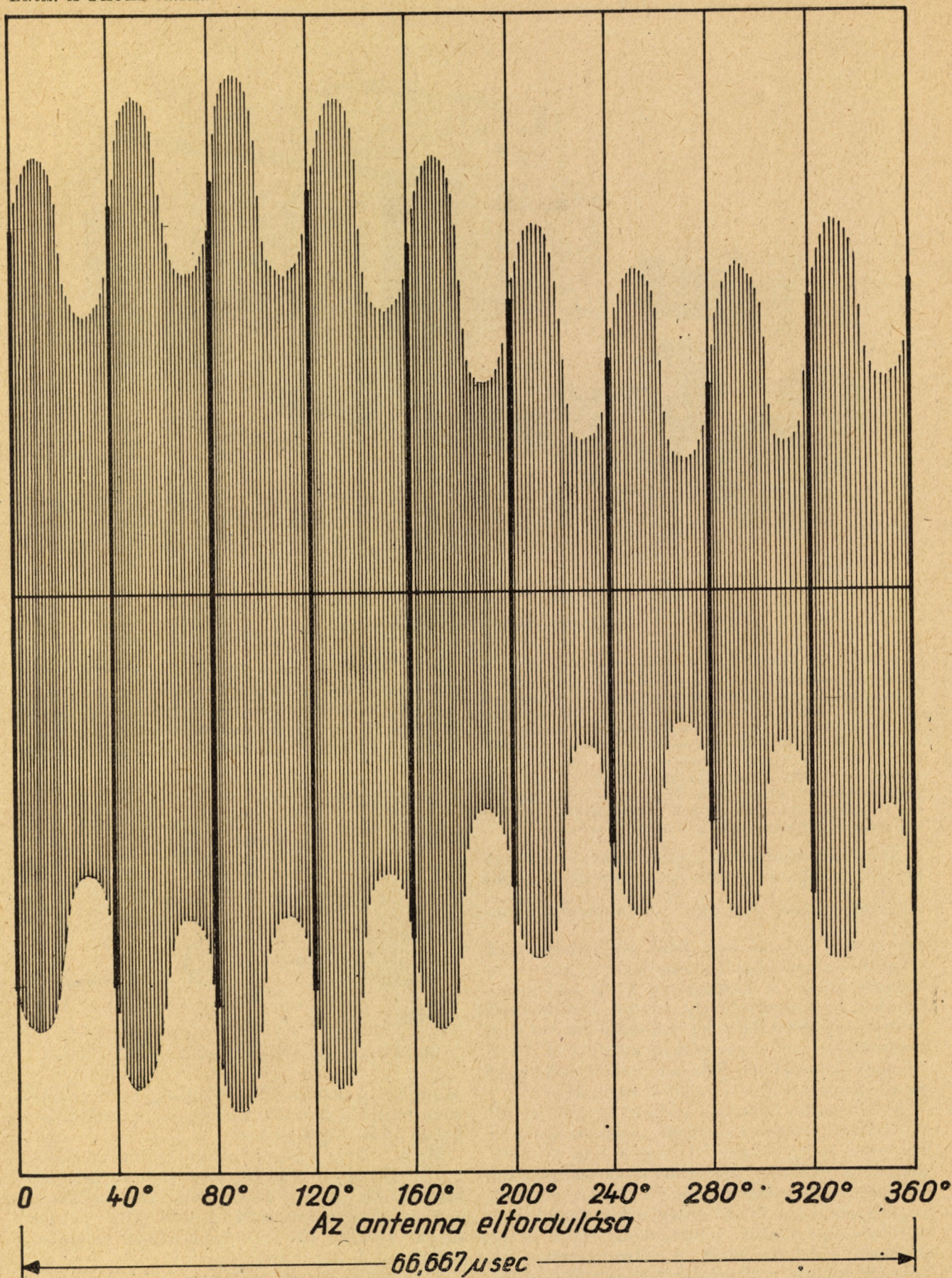


20. ábra. Repülőgép adó-vevő működési vázlat

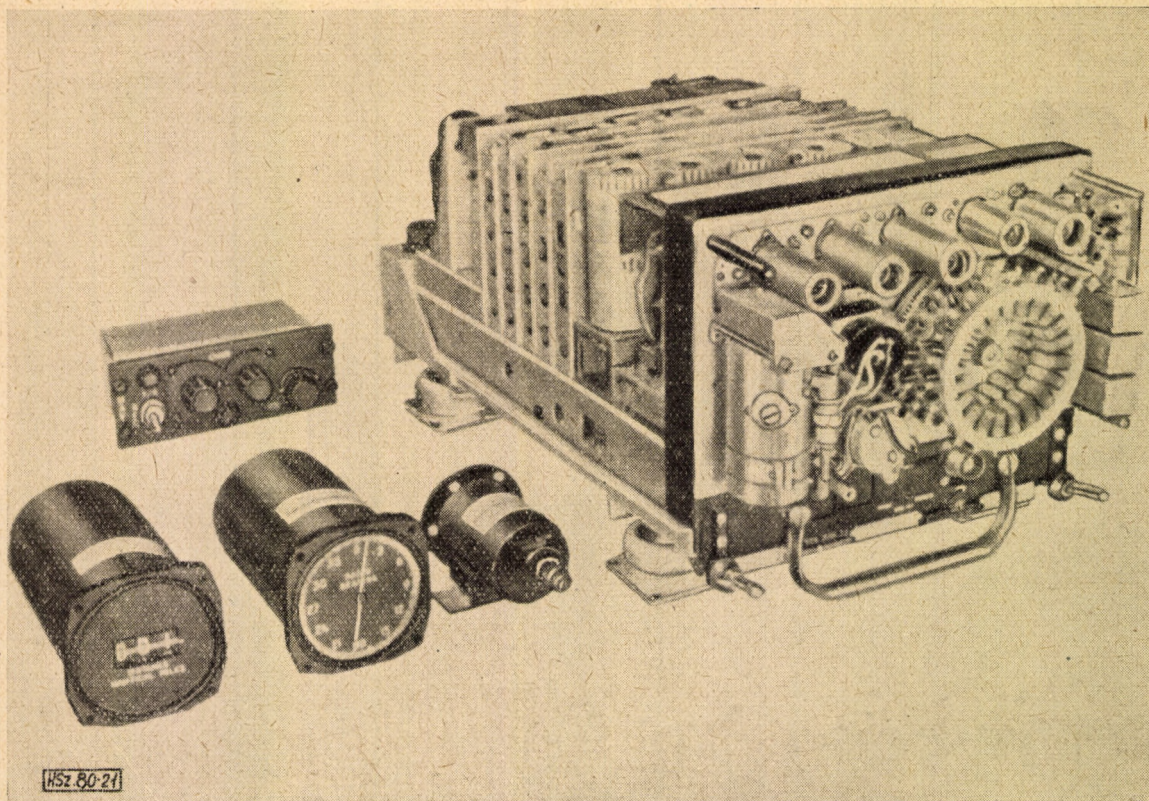
légrésében forog a lágyvasmagnet magában foglaló alumínium tárcsa szegélye. Amikor a lágyvasmagnet a kört zárja, akkor csökken a mágneses ellenállás és a tekercsben impulzus indukálódik. Így keletkezik a  $15$  és  $135$  Hz-es referenciaimpulzus. A hite-

kell mérföldben az időkülönbséget a kérdező és válaszimpulzusok között.

$42$  db kristály  $27$ -szeres frekvencia-sokszorozás segítségével  $1067-1109$  MHz-ig terjedő sávot állít elő, ezt egy fix  $42$  MHz-es rezgéssel keverik. Így  $84$  frekvenciát kapnak,



18. ábra. A repülőgép vevőantennájára érkező jelsorozat egy körülfordulás alatt



21. ábra. Repülőgép adó-vevő berendezés

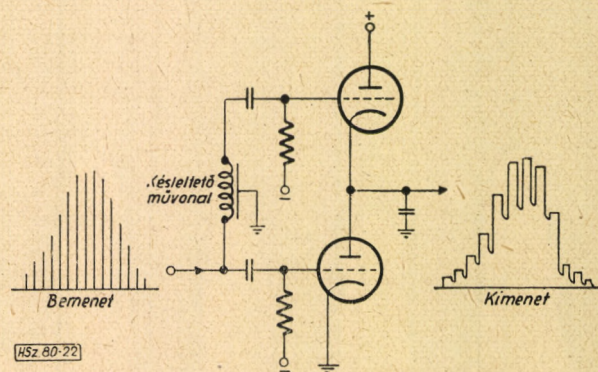
mégpedig 1024—1067 MHz-ig és 1109—1151 MHz-ig, mivel minden keverés alkalmával az összeget és a különbséget veszik le. Ha ehhez hozzáadják az alap 42 különböző frekvenciáját, akkor ilyen módon 126 csatorna adódik. A helyi oszcillátor 10 mW-ot ad a vevő keverőjébe és mintegy 5 W-ot az adóba.

Az adóban 2C39 A földelt rácús triódákkal a helyi oszcillátor-frekvenciát három fokozat erősíti. A csövek anódja impulzus-modulált; a moduláló impulzus 2500 V-os, koaxiális áramköröket alkalmaznak. Egy barometrikus kapcsoló kb. 10 000 m magasságban 800 W teljesítményre kapcsol és ezáltal az üzemi magasságot kb. 16 000 m-re növeli.

Az előválasztó-fokozat (preszelektor) védi a vevő keverőkristályt az adótól és korlátozza a hamis válaszok számát. Két pár  $\frac{\lambda}{4}$  hullámhosszú áramkör szolgál az alsó és a felső sáv részére, ezek állandóan a vevőkristály-keverőre és az antennára vannak kötve. A használaton kívül álló áramköröket rövidre zárják. Ily módon a rezonancia frekvenciája 2000 MHz. Az elválasztó-fokozat csak rezonáláskor von el energiát az antennától. Mivel az adófrekvencia 63 MHz-cel tovább esik, ezért az adó-kimenettől nem vehet el energiát.

A vett video-impulzus kódjait 12  $\mu$ sec-os LC művonal segítségével alakítják vissza. Innen a jel két úton megy tovább. Az egyik rész a video-csúcsokat kiválasztó fokozatba és az automatikus erősítésszabályozóba fut be, a másik pedig a vágóba, majd ezután a távolsági válasz-áramkörbe, a referencia-impulzus jelviszualakítójába és az azonosító erősítőbe kerül. A video-csúcsokat kiválasztó fokozat a visszaalakított impulzussal feltölt egy kondenzátort, majd ezt 5  $\mu$ sec múlva

kisüti. Ezen az úton a legutóbb vett impulzus amplitudójával arányos jelet kapnak és így jutnak az antenna modulációs feszültségéhez. Ezt szűrik, majd a 15 és 135 Hz-es feszültség a fázistolóba kerül és ezután a referenciasfeszültséggel összeha-



22. ábra. A video csúcsokat kiválasztó fokozat áramköre

sonlítják. A kapott hibafeszültség kellő erősítés után hajtja a motort és eképpen az indikátor a valódi oldalszögöt mutatja.

Ha a vett és a jelzett oldalszög közötti eltérés  $\pm 20^\circ$ -nál nagyobb, akkor a berendezés keresésre kapcsol. Ha a jel  $\pm 20^\circ$ -on belül van, abban az esetben az indikátor ismét követi  $\pm 0,1^\circ$  pontossággal, egészen  $10^\circ$  másodpercenkénti szögsebességig.

A távolsági áramkörnek meg kell különböztetnie a számára érkező jelet a többi repülőgépet



illető beérkezett válaszjelektől. A teljes áramkörnek mintegy fele a 10  $\mu$ sec-os kapupárt hozza létre, amely a követés alatt vár a jelre. A referencia-oszcillátor egy periódusa 37 km távolságnak felel meg és indító impulzusokat kelt. Ezeket fázistolóba vezetik, majd a kétértelműség elkerülése végett azonosítják egy 200 tengeri mérföldnek (370 km) megfelelő impulzussal, végül egy kapupárt hoznak létre. Ezeket összehasonlítják a vett jellel, és azonosság esetében a távolsági jelzéseket egy motor segítségével követik. Ha a saját

jel a vett jeltől 10 sec-nyira lemarad, akkor a készülék keresésre kapcsol, amely művelet 19 km/sec sebességgel folyik. A mérés pontossága 1900 km/h sebességnél  $190 \text{ m} \pm 0,25\%$ .

#### Irodalom

- [1] Electrical Communication **33**—1 (1956).
- [2] Interavia, **12**—6, 553 (1957).
- [3] L'Onde Électrique **37**—363, 562 (1957).
- [4] Radio-Electronics, **27**—11, 88 (1956).
- [5] NTZ. **10**—3, 105 (1957).

FÜLÖP ZOLTÁN

OKL. GÉPÉSZMÉRNÖK, EGYET. ADJUNKTUS\*

## A rakéták továbbfejlődésének várható irányai

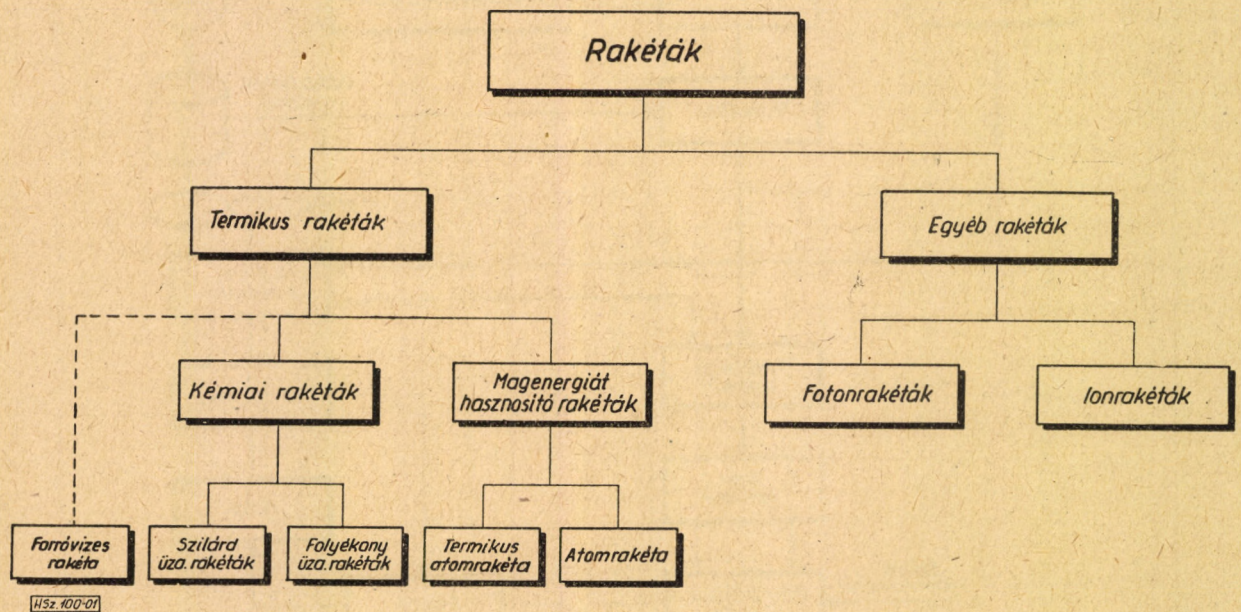
### 1. A rakéták osztályozása

A rakéták (rakétahajtóművek) osztályozása a rakétából kivetett közeg felgyorsítási módjának figyelembevételével a legcélszerűbb.

A rakétából kivetendő közeg (gáztömeg) felgyorsítása történhet hőenergia hozzávezetéssel, vagy más módon. Ezzel a megkülönböztetéssel a rakétacsald két alapvető csoportját kapjuk, úm. a *termikus rakétákat* és az *egyéb rakétákat*. A ter-

*kémiai reakció* útján, vagy pedig *atommag-reakció* révén hajtjuk végre. Így megkülönböztetünk *kémiai rakétákat* és *magenergiát felhasználó rakétákat*. A kémiai rakéták jellegzetes képviselője a *szilárd üzemanyagú* és a *folyékony üzemanyagú rakéta*. Az atommag hasadásakor felszabaduló hőenergiát közvetve vagy közvetlenül használhatjuk fel a rakéta hajtására. Az előbbit *termikus atomrakétának*, az utóbbit pedig *atomrakétának* nevezhetjük.

A termikus rakéták egyik különleges tagja a



1. ábra. A rakéták felosztása

mikus rakéták további két csoportra bonthatók attól függően, hogy az energia felszabadítását

\*Bp. Műszaki Egyetem Gázturbinák Tanszéke (Brodszky Dezső egyet. tanár).

repülőgépeknél és szárnyas lövedékeknél start-rakétaként használatos ún. *forróvízes rakéta*, amely a nyomás alatt hevített vizgőzt használja fel a rakéta indítására. Ennek alkalmazását főleg szer-

kezeti egyszerűsége és olcsósága indokolja. A rakéta munkavégző közegének felgyorsítása nemcsak termikus úton mehet végbe. Így pl. ha egy gázatom külső elektronhéjából egy elektront veszít, akkor ez az ionizált részecske kifelé pozitív töltésű ionná válik. Ha ezt a pozitív töltésű részecskét most egy olyan elektromos erőterbe helyezük, amelynek a töltése negatív, akkor ezt a pozitív töltésű részecskét az elektromos tér, szerkezeti anyagok hőigénybevétele nélkül felgyorsítja. Ehhez hasonló folyamat játszódik le a magfizikai kutatásokban gyakran használt részecske-gyorsító berendezésekben, mint amilyen pl. a ciklotron. A közeg (ionizált gázcsepe) felgyorsítása tehát ebben az esetben elektromos energiával történt. Az ilyen alapelv szerint működő rakétát *ionrakétának* nevezzük.

Az ionrakéta a rakéta család legfiatalabb, ma még csak elméletileg kutatott tagja.

Az ún. *fotonrakéta* is ma még az elméleti kutatás tárgya. Ebben az esetben a nagyhőmérsékletű testekből a fénysebességgel kilépő fotonok reakciója során keletkező tolóerő használható fel a rakéta hajtására. Elméleti vizsgálatok szerint a szükséges fénynyomást a feketén sugárzó test mintegy 100 000–150 000 C° hőmérsékletnél szolgáltatja. Ezt a hőmérsékletet és a fellépő fénynyomást még ezideig nem sikerült előállítani.

A rakéta család egyes tagjainak felhasználási területei a következők:

*Forróvízes rakéta:*

repülőgépek, szárnyas repülőtestek indítására.

*Szilárd üzemanyagú rakéta:*

tüzérségi rakétafegyverek, kis hatótávolságú szárnyas vagy szárny nélküli lövedékek, meteorológiai rakéták, repülőgép indító rakéták.

*Folyékony üzemanyagú rakéták:*

nagytávolságú ballisztikus rakétalövedékek, meteorológiai kutató rakéták, repülőgép-segéd- és főhajtóművek. Mesterséges hold felbocsátását végző rakéták, űrrakéta.

*Termikus atomrakéta:*

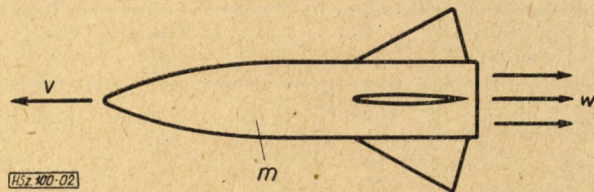
nagytávolságú ballisztikus rakétalövedék, űrrakéta.

*Atomrakéta, ion- és foton-rakéta:*

űrrakéta.

## 2. A rakéta klasszikus mozgásegyenlete

A mozgásegyenlet felírásakor, mivel ebből csak alapvető következtetéseket kívánunk levonni, nem vesszük figyelembe a nehézségi erőternek és a levegő ellenállásának hatását. A mozgásegyenlet



2. ábra.

így csak a Földtől és bolygóktól nagy távolságban haladó rakéta esetére ad pontos értéket.

A rakétahajtómű üzeme közben a rakétából időegység alatt egy bizonyos mennyiségű  $dm$

tömeget dob ki  $w$  sebességgel. Ha a hajtómű működtetésekor a kiáramlási sebesség állandó, akkor az időegység alatt elfogyott hajtóanyag mennyisége is állandó. Ennek értéke

$$\frac{dm}{dt} = -k.$$

A negatív előjellel a hajtóanyag csökkenési tendenciáját jelöljük. Ha  $m_0$  a rakéta tömege az indítás pillanatában, akkor a rakéta  $m$  össztömegét bármely időpillanatban az

$$m = m_0 - kt$$

összefüggésből határozhatjuk meg. Ha a rakéta  $v$  sebességgel halad, akkor az impulzustétel értelmében felírható, hogy a rakéta impulzusa és a hátradbott gázsugár impulzusa időben állandó. Ennélfogva valamely  $t$  időpontban a rakéta impulzusa:

$$(m_0 - kt)v = I,$$

$dt$  idő múlva a rakéta tömege  $[m_0 - k(t + dt)]$ -re csökken, sebessége  $(v + dv)$ -re növekszik, tehát így a rakéta impulzusa és a  $(v - w)$  abszolút sebességgel hátradbott közeg impulzusa

$$[m_0 - k(t + dt)](v + dv) + (v - w)k dt$$

nagyságú lesz.

Az előzőekben már rámutattunk arra, hogy a  $t$  időpontban, úgyszintén a  $(t + dt)$  időpontban a rakéta és a hátradbott közeg összipulzusának egyenlőnek kell lenni, tehát

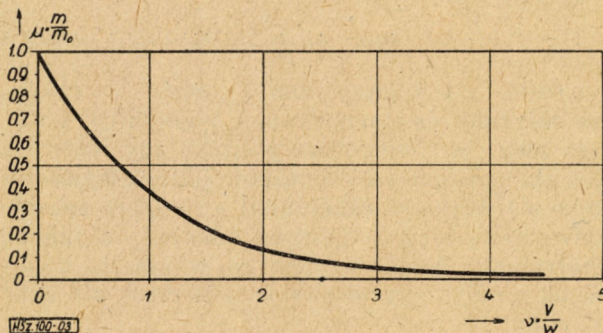
$$(m_0 - kt)v = [m_0 - k(t + dt)](v + dv) + (v - w)k dt$$

A megfelelő összevonásokat elvégezve, továbbá a másodrendűen kicsiny tagokat elhanyagolva a

$$w \cdot k = (m_0 - kt) \frac{dv}{dt}$$

egyenlőséget kapjuk. Az egyenlet integrálásával az

$$\frac{m}{m_0} = e^{-\frac{v}{w}} \tag{1}$$

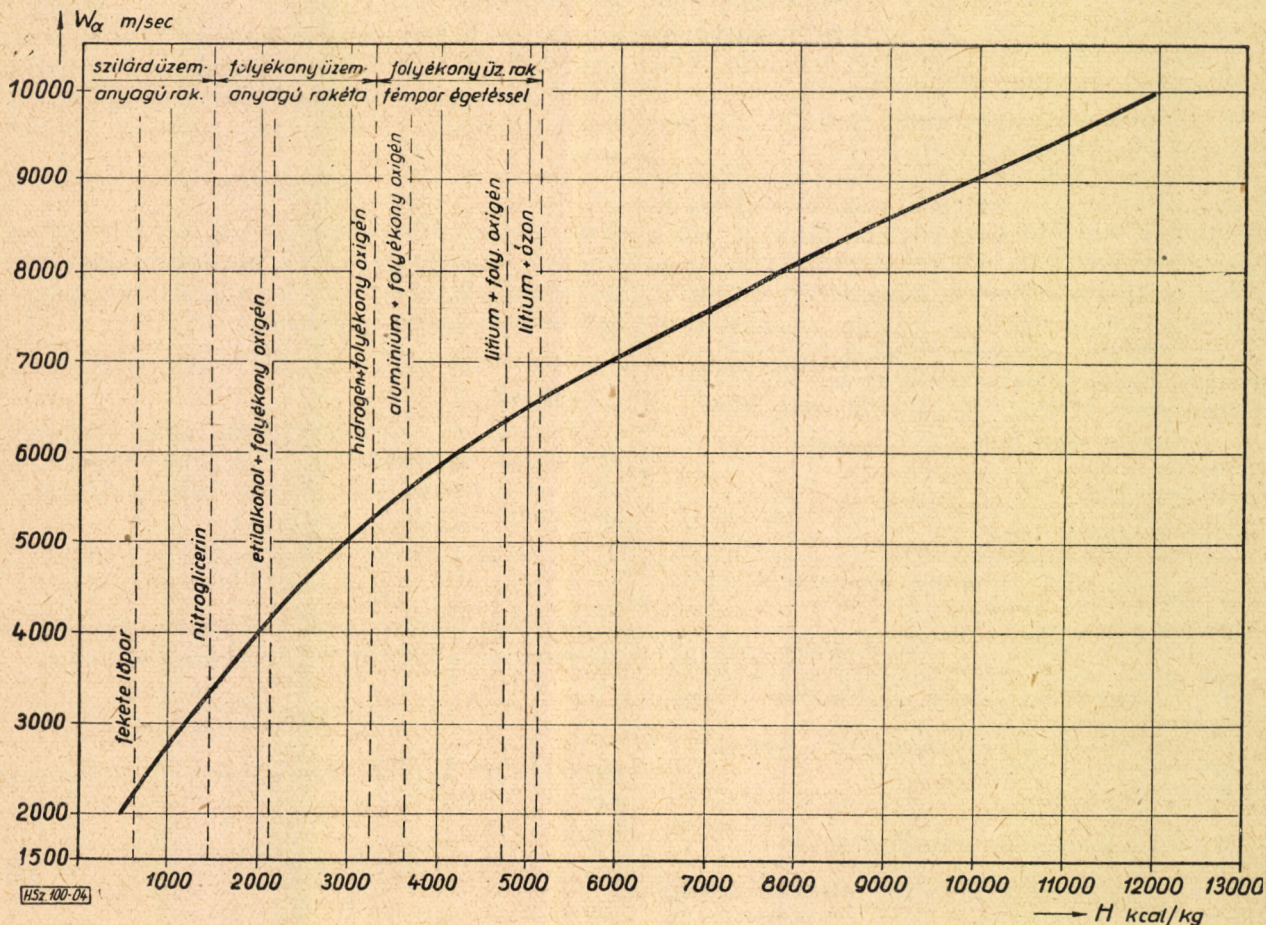


3. ábra. A tömegviszony változása a sebességviszony függvényében

klasszikus alakra jutunk. (Ezt az alapösszefüggést először 1903-ban Ciolkovszkij vezette le.)

A  $\mu = \frac{m}{m_0}$  értéket tömegviszonynak, a  $v = \frac{v}{w}$  értéket pedig sebességviszonynak nevezzük<sup>1</sup>. Mint látjuk, a rakéta végsebessége a tömegviszonynak és a rakétából kiáramló közeg sebességének a függvénye. A 3. ábrán a tömegviszony függvényében ábrázoltuk a sebességviszony értékét. Kitűnik, hogy a kiáramlási sebességgel egyenlő haladási sebesség esetén a rakéta tömegviszonyának  $\mu = 0,379$  értéket kell elérni, a kiáramlási sebesség kétszeresének, ill. háromszorosának megfelelő haladási sebesség esetén pedig a  $\mu = 0,136$ , ill.  $\mu =$

hatunk a rakéta tömegviszonyának lényeges javulásával. A rakéta végsebességét leginkább a kiáramlási sebesség növelésével növelhetjük. A  $w$  kiáramlási sebesség értéke a hajtóanyaggal közölt energiamennyiség függvénye. A kémiai rakétáknál a közölhető energiamennyiség a hajtóanyag viszonylag alacsony fűtőértéke miatt korlátozott, és legkedvezőbb viszonyok között sem haladja meg elméleti kiáramlási sebessége a 6500 m/sec értéket. Így egylépcsős rakéta végsebességére  $\mu = 0,2$  tömegviszony esetén az (1) összefüggésből  $v = 9750$  m/sec érték adódnék. Ez az érték az egylépcsős kémiai rakétával legkedvezőbb körülmények között elméletileg elérhető legnagyobb haladási sebesség, amelyet azonban a nehézségi erő, a légellenállás, a korlátozott tágulású fűvóka és az energia-átalakulás során fellépő további veszteségek még jelentősen csökkentenek.



4. ábra. Az elméleti kiáramlási sebesség értéke az üzemanyag fűtőértékének függvényében

$= 0,0496$ . A tömegviszonyt tehát a rakéta üres súlyának és startsúlyának a viszonya határozza meg. A tömegviszony értéke egy bizonyos érték alá nem igen csökkenthető. (Ennek legkisebb értéke mai korszerű rakétáknál  $\mu = 0,2$ -re tehető. Nyilvánvaló, hogy a hasznos tehernek, a rakéta tartályainak, hajtóművének és a rakéta köpenyének a súlya egy meghatározott érték alá nem süllyedhet.)

A táblázatban tájékoztatásul néhány egylépcsős rakéta tömegviszonyát adtuk meg. Ebből kitűnik, hogy nem számol-

<sup>1</sup> A külföldi irodalomban gyakran ennek a mennyiségnek a reciprokával ( $\frac{1}{\mu}$ ) találkozunk.

Jellemző adatok	Wasserfall	V 2	Viking 1-6	Viking 7
Startsúly kg	3500	12800	5150	4430
Szárazsúly kg	1565	4008	1800	1080
$\frac{m}{m_0}$ tömegviszony	0,446	0,319	0,350	0,244
Kiáramlási sebesség m/sec	1780	2100	2360	2360

### 3. A kémiai rakéták üzemanyagaival elérhető sebességek

A kémiai rakéták üzemanyagainak megválasztásakor az előállítás egyszerűségének, a tárolásnak, a kezelhetőségnek és a gazdságosságnak stb. kétségtelenül fontos szempontjain kívül a legdöntőbb az üzemanyag fűtőértéke. A kémiai rakétáknál üzemanyagon (hajtóanyagon) mindig a tüzelőanyagnak és az égéshez szükséges oxidálószernek együttes mennyiségét értjük. A fűtőértéket egységnyi súlyú üzemanyagmennyiségre vonatkoztatjuk.

Felírható a környezeti hőmérsékletig történő veszteségmentes expanzió esetén a hajtóanyag  $H$  fűtőértékének és a hőenergia felszabadítása révén keletkező mozgási energiának az egyensúlya.

$$A \frac{w^2}{2g} = H.$$

Ebből a kiáramlási sebességre a

$$w = \sqrt{\frac{2gH}{A}} \quad (2)$$

összefüggést kapjuk. ( $A$  a mechanikai munka hőegyenértéke.) A 4. ábrán a rakétaüzemanyag fűtőértékének a függvényében ábrázoltuk a kiáramlási sebességet a (2) összefüggés alapján. Az ábrában néhány jellegzetes rakétaüzemanyag összetétele is megtalálható [1].

Megjegyezzük, hogy közepes fűtőértékű rakétaüzemanyag esetén a tüzelőtérben levő láng hőmérséklete már 2000–3000 C°. Avégből, hogy a szerkezeti anyagok ezt a hőmérsékletet a rakétahajtómű rövid élettartama alatt is különösebb károsodás nélkül elviseljék, a tüzelőtér, valamint a fűvósó hűtéséről kell gondoskodni. Mivel az üzemanyag fűtőértékének növekedésével a szerkezeti anyagok hőigénybevétele fokozódik, ezért az intenzív hűtés a termikus rakétahajtóművek egyik legfontosabb problémája.

A folyadék üzemanyagú rakétának — az üzemanyag egyik komponensével hűtött — tüzelőterében a hőcsere folyamata a következő:

- a) a nagyhőmérsékletű gáz hőátadása a falra;
- b) hővezetés a falban;
- c) hőátadás a folyadék felé.

A hőigénybevétel csökkentésének módozatai a hőcsere folyamatának vizsgálatából önként adódnak. Ugyanis minél rosszabb a hőcsere a gáz és a fal között, s minél jobb a fal hővezetése, valamint a fal és folyadék közötti hőátadás, annál kisebb a fal hőmérséklete, ill. hőigénybevétele. Az 5. ábrában Baxter szerint ábrázoltuk [2] adott gázhőmérséklet esetére a fal hőmérsékletének értékét. Látható, hogy egyszerű hűtési viszonyok között a 2500 C° gázhőmérsékletnek mintegy 900 C° kamrahőmérséklet felel meg. A hőmérséklet 500°-kal való növekedésével a falhőmérséklet mintegy 150°-kal növekszik.

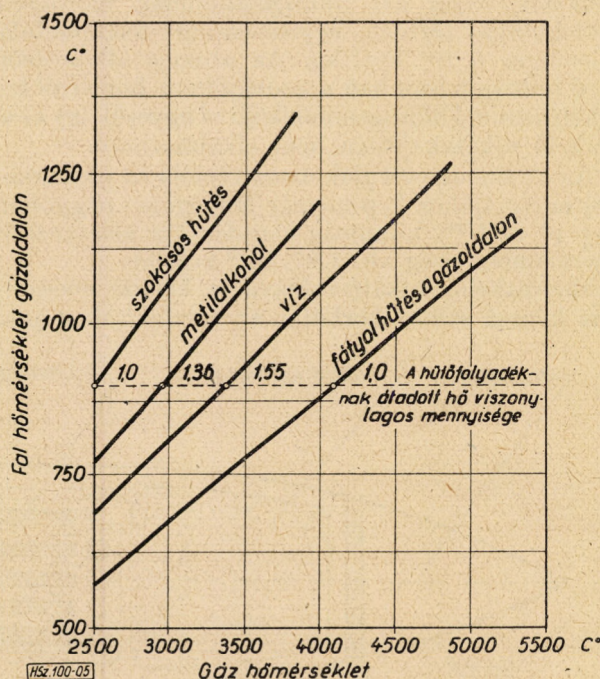
A gáz és fal közötti hőcsere folyamatában leglényegesebb a fal határrétegének állapota. A fő törekvés a határréteg vastagítása. A határrétegbe bevezetett folyadékhártya lényegesen rontja a

hőcsere; e hártya elpárolgásakor keletkezett gőzbuborék ui. számottevő hőellenállást okoz. Az 5. ábrában a jelzett egyenes mutatja a folyadékhártya jelenlétének intenzív hűtőhatását. Ha a legegyszerűbb hűtési viszonyokat vesszük alapul, akkor a folyadékhártya-hűtés alkalmazásával a gázhőmérséklet több mint 1500 C°-kal emelhető a fal hőigénybevételeinek növekedése nélkül.

A kamra falában mentől jobb hővezetésre kell törekedni. Ezt kis falvastagsággal és jó hővezető képességű anyaggal érik el. A hőálló szerkezeti anyagok azonban rosszabb hővezető képességűek. Ez az oka annak, hogy a gáz- és folyadékoldal közötti hőmérsékletkülönbségből keletkező hőigénybevétel is jelentős.

A folyadék és fal közötti hőcsere megvalósításában tekintettel kell lenni arra, hogy a közeg keringetése a kamra hűtővezetékében kis teljesítményekkel történjék, és a hőátadás során a hűtőközeg ne forrjon fel. A keletkezett gőzbuborék ugyanis lényeges hőcsere-romlást okoz.

A folyadék és fal közötti hőátadásra hatással van a határréteg hővezető képessége, a közeg áramlási sebessége, továbbá a hőátadási felület



5. ábra. A rakéta-tüzelőtér hőmérséklete különböző hűtési módok esetén

nagysága. Függ a hőcsere az alkalmazott folyadék fizikai állapotától is. Így pl. azonos felületet és sebességet véve, a metilalkohol alkalmazása esetén kétszer nagyobb hőátadást érünk el, mint petróleum használatakor. Víz alkalmazásával a hőátadás mértéke már ötszörte múlja felül a petróleumra mért értékeket. Jól szemléltetik a viszonyokat az 5. ábrában erre az esetre rajzolt egyenesek.

Az elmondottak figyelembevételével végkövetkeztetéseket vonhatunk le a kémiai rakéták várható fejlődésére nézve.

A 4. ábrából látjuk, hogy a kémiai rakétáknál a közölhető energiamentiség korlátozott a hajtóanyag alacsony fűtőértéke miatt, és legkedvezőbb esetben sem haladja meg a 6500 m/sec kiáramlási sebességet. Az egylépcsős rakétával elérhető végsebesség értékét a nehézségi erőter, továbbá az energia-átalakuláskor elkerülhetetlen veszteségek, valamint a túlzott hőigénybevétel megakadályozása végett korlátozott tüzelőtér-hőmérséklet figyelembevételével legfeljebb 4000—5000 m/sec-ra tehetjük. Ez az érték egyben az egylépcsős kémiai rakétákkal legkedvezőbb körülmények között elérhető végsebesség felső határának is tekinthető. Ezt a végsebességet is csak fémpor elégetésével kaphatjuk.

A fémpor tüzelőtérbe való juttatásának egyik módja pl. az, amikor a finoman őrölt fémport folyadékban szuszpendálják és így a folyékony üzemanyaghoz hasonlóan szivattyúk segítségével juttatják a tüzelőtérbe.

A kémiai rakéták végsebességének számottevő mértékű növelése az ún. lépcsős rakéták alkalmazásával lehetséges.

#### 4. A magenergia felhasználása rakétahajtóművekben

A kémiai rakétákban tulajdonképpen az elektronhéj energiájából nyerjük azt a hőenergiát, amelyet mozgási energiává alakítunk át. Az így felszabadítható energia értéke optimális esetben is legfeljebb  $5 \cdot 10^3$  kcal/kg értéket ér el. A kémiai reakciók során két hidrogénatomnak hidrogénmolekulává történő egyesülésekor felszabaduló hőenergia  $5 \cdot 10^5$  kcal/kg. Az atomos állapotban levő hidrogén azonban a szobajöhető hőmérsékleteken azonnal hidrogénmolekulává egyesül, így ez a reakció rakétahajtásra nem alkalmazható.

Az atommag energiakonzentrációja az elektronhéj energiájához képest már lényegesen nagyobb. Így pl. az  $U^{235}$  atommag hasadásakor keletkezett energiamentiség kb.  $1,67 \cdot 10^{10}$  kcal/kg.

Magreakciók alkalmazásával a kémiai energiához képest szinte korlátlan energiaforráshoz jut-

A magenergiát közvetlenül felhasználó atomrakétánál ugyanis a kiáramló közeget a magreakció során keletkezett termékek alkotják. Ennek megvalósítását ma két nagy akadály gátolja. Az egyik abban áll, hogy az energia felszabadulásakor keletkező  $10^8$  C<sup>0</sup> nagyságrendű hőmérsékleteken nincs lehetőség a kiáramló sugár irányítására. A másik akadály, hogy jelenleg még nincs megfelelő eljárás állandó jellegű magreakciók létrehozására. Meg kell jegyezni, hogy ezen a téren a közzétett kísérleti eredmények szerint lényeges előrehaladás várható.

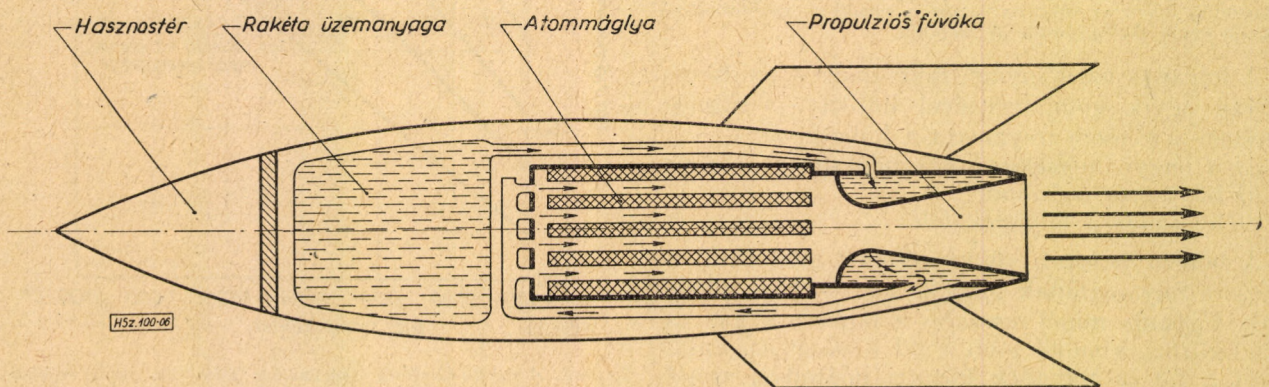
A rakétában ez ideig a magenergia hasznosítását a termikus atomrakétával valósíthatjuk meg. (6. ábra.) A termikus atomrakéta munkafolyamata lényegében a kémiai folyékony üzemanyagú rakéta munkafolyamatával egyezik meg.

A rakétahajtómű tüzelőtérben az atomerőművek reaktorához hasonló kisméretű atommáglya van elhelyezve. A rakéta hajtására kiválasztott közeget külön tartályban helyezik el. A közeget a rakéta működtetésekor az égőtérbe helyezett atommáglya hőenergiájával hevítjük.

A rakéta szerkezet súlyát akkor, ha emberek is vannak a fedélzetén, lényegesen növeli majd az atommag bomlásakor keletkező radioaktív sugárzást árnyékoló berendezések súlya. A kiömlés folyamata a továbbiakban már azonos a kémiai rakétákéval. A hőigénybevételek csökkentése végett itt is lehetőség van a folyékony üzemanyagú rakétáknál használt hűtési módszerek alkalmazására.

Adiabatikus expanziót és légüres térbe való kiömlést feltételezve, a kiáramlási sebességre a felírhatjuk a termodinamikából ismert

$$w = \sqrt{2g \frac{\kappa}{\kappa - 1} p_1 v_1}$$



6. ábra. Termikus atomrakéta elvi vázlata

hatunk. A gázkiáramlási sebesség értékére a magreakció során keletkezett energia teljes felhasználásakor  $w = 11\,820\,000$  m/sec érték adódnék. A számításban szándékosan figyelmen kívül hagytuk a teljes energiaátalakuláshoz fellépő különleges hatásokat. A magreakciókban felszabaduló energiamentiség kihasználásának határt szab a rakétahajtómű szerkezeti anyagának rendkívüli hőigénybevétele.

összefüggést. Ha ide a tüzelőtérben levő gáz állapotát meghatározó nyomás és fajtérfogat-értéket a  $p_1 v_1 = RT_1$  összefüggésből helyettesítjük, továbbá a gázállandót az univerzális gázállandóval és a molekulásúllyal fejezzük ki, akkor a

$$w = \sqrt{2g \frac{\kappa}{\kappa - 1} \frac{R}{M} T} \quad (3)$$

egyenletet kapjuk.

A termikus atomrakéta hajtóanyagának megválasztásban a (3) összefüggés ad útmutatást. Eszerint állandónak vett tüzelőtér-hőmérséklet esetében a legnagyobb kiáramlási sebességet a legkisebb molekulatömegű közeggel érhetjük el.

Ha feltételezzük, hogy a termikus atomrakéta tüzelőtérében fellépő hőmérséklet a kémiai rakétáknál határesetben fellépő közeghőmérséklettel egyenlő, amely mintegy 3700 K<sup>0</sup>, akkor az  $M = 2$  molekulatömegű hidrogénre ( $\alpha \approx 1,18$  értéken) a kiáramlási sebesség

$$w = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot \frac{1,18}{0,18} \cdot \frac{848}{2} \cdot 3700} = \\ = \sqrt{202 \cdot 10^6} = 14\,200 \text{ m/sec}$$

Így tehát már  $\mu = 0,48$  tömegviszony esetében egylépcsős rakétával is elérhető pl. a Föld nehézségi erőterének leküzdéséhez szükséges sebesség.

A számításnál feltételeztük, hogy a tüzelőtér hőmérséklete 3700 K<sup>0</sup>. Ezen a hőmérsékleten hidrogén-üzemanyag alkalmazásakor a kamra falának hőigénybevétele jóval nagyobb lesz, mivel a hidrogén hővezetőképessége és hőátadási képessége jobb, mint a szokványos kémiai rakéták hajtóanyagából az üzem során keletkező égésterméké. Példaképpen megemlíthetjük, hogy 1000 C<sup>0</sup> esetén  $\lambda$  értékére CO<sub>2</sub> gáznál  $\lambda_{\text{CO}_2} = 74,2 \text{ kcal/m}^2\text{h C}^0$ , míg H<sub>2</sub>-nél  $\lambda_{\text{H}_2} = 510 \text{ kcal/m}^2\text{h C}^0$  adódik. A hővezetési tényező értékeiben megmutatkozó nagy különbség nagyobb hőmérsékleteken is fentmarad.

A hidrogén-üzemanyag alkalmazásakor ezzel szemben előnyként jelentkezik az, hogy mivel a tüzelőtérben oxigén nincs jelen, a korrózió veszélye elesik, és a megnövekedett hőigénybevétel jobb hőállóanyagok alkalmazásával ellensúlyozható. Ilyen anyagként itt elsősorban wolfram, molibdén, tantal stb. alapú ötvözetek alkalmazása várható.

A termikus atomrakéta üzemanyagaként a (4 atomsúlyú) hélium felhasználása is szóba jöhet. A hélium hővezetőképessége jóval alatta marad a hidrogénének és így azonos gáz-hőmérsékletet véve a falak hőigénybevétele is mérsékeltebb. Hélium alkalmazása esetén, ha a tüzelőtér hőmérséklete az előbbivel azonos, a kiáramló gáz sugársebessége mintegy 10 000 m/sec-ra tehető. A héliumnál a nagyobb hőmérsékleteken fellépő ionizáció és sugárzás a nagyobb kiáramlási sebesség elérését nem teszi lehetővé.

Ha kikapcsoljuk most az atommáglya és az üzemanyag közötti hőátzármaztatás kétségtelesen súlyos problémáját és feltételezzük, hogy a átszármaztatás mértéke ezen a helyen nincs korlátozva, akkor a tüztér hőmérséklete jelentősen növelhető. A gáznemű közegeknél a konvekciós hőközlés nagysága a tüzelőteret határoló falakra az  $I$  entalpia és a  $p$  kamrayomás szorzatának  $n < 1$  hatványával arányos. Tehát nagyobb tüzelőtér-hőmérséklet alkalmazása esetében a túlzott hőigénybevételek elkerülése céljából a kamrában levő gáz nyomását csökkenteni kell. A nyomáscsökkentés mértéke csak addig hatásos, míg az áramlási alapösszefüggések érvényben maradnak, mivel igen kicsiny nyomásoknál és számottevő hőmérsékleteken másodlagos jelenségek hatványozottabb mértékben formában növelik a falnak átadott hő nagyságát [3].

## 5. A fotonrakéta alkalmazásának várható eredményei

Érdeemes figyelembevenni a fotonrakéta-hajtóműtől várható eredményeket, jöhetnek ezt a fizikai alapjelenséget rakéták hajtására még csak képzletben alkalmazzák.

A rakétahajtóművek fejlődésének végső állomása az a rakéta, amely a nagyhőmérsékletű testekből fénysebességgel kirepülő fotonok keltette impulzust használja fel a rakéta mozgására.

A fotonrakéta mozgását a relativisztikus mechanika alap-egyenleteinek felhasználásával írhatjuk le<sup>2</sup>. Levezethető, [4] hogy ha a rakétából a közeg fénysebességgel áramlik ki, akkor a mozgás alapegyenlete

$$\mu = \left[ \frac{1 - \frac{v}{c}}{1 + \frac{v}{c}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Ebben az egyenletben a  $c$  a fény terjedési sebessége,  $v$  pedig a haladási sebesség. E szerint  $\mu = 0,2$  tömegviszonyú rakétánál a rakéta végsebességére a starthelyhez viszonyítva  $0,92 c$  érték adódik.

Ha a fotonrakéta  $dt$  idő alatt  $dm$  tömeget sugároz ki fénysebességgel, akkor a fellépő gyorsulás

$$a = \frac{d}{v} = \frac{c}{dt} \frac{dm_0}{m}$$

Ha  $a$  a fotonrakéta gyorsulása, akkor a  $v$  végsebesség eléréséhez szükséges idő (a rakétában mérve)

$$t = \frac{v}{a} = \frac{b}{a} \ln \frac{m}{m_0}$$

Az álló megfigyelő a starthelyen az időt  $\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$  — el

hosszabbnak méri, mint a rakétában utazó. Így a rakéta a kívánt végsebességet az álló megfigyelő szerint mérve

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (4)$$

sec-ban észleli.

Ha feltételezzük, hogy a fotonrakéta  $a = 10 \text{ m/sec}$  gyorsulással mozog, akkor a  $\mu = 0,2$  tömegviszonyú rakéta

$$t_0 = \frac{0,92 \cdot c}{10} = 2,76 \cdot 10^7 \text{ sec}$$

azaz 349 nap alatt gyorsul fel (az időt a rakétában mérve). Ez alatt a starthelyen eltelt idő a (4) összefüggés értelmében

$$t = \frac{349}{\sqrt{1 - 0,92^2}} = \frac{349}{\sqrt{0,165}} = 860 \text{ nap.}$$

A fotonrakéta alkalmazásával tehát az állócsillagok megközelítésére lehetőség nyílna.

## 6. A rakéták üzemanyagfogyasztása

A rakéták üzemanyagfogyasztásán az időegységben felhasznált összes anyagok súlyát (tehát kémiai rakéták esetében a tüzelőanyag és az oxigén együttes mennyiségét) értjük. Leginkább a fajlagos vonóerőre vonatkoztatott üzemanyagfogyasztással számolunk. Ezt kg/kg tolóerő órában vagy kg/t tolóerő sec-ban szokás megadni.

Előbbi esetben a fajlagos fogyasztás értéke a

<sup>2</sup> Az összefüggések a Lorentz-transzformáció eredményeiből következnek. Az eredmények kísérleti igazolására még ezideig nem került sor. A mesterséges holdak mozgásának igen pontos vizsgálata erre a kérdésre is választ adhat.

rakétából kiáramló közeg sebességének ismeretében

$$B_h = \frac{3600 \cdot g}{w} \text{ kg/kg tolóerő óra,}$$

az utóbbiban pedig

$$B_{sec t} = \frac{1000 \text{ g}}{w} \text{ kg/t tolóerő sec.}$$

A termikus rakétákra a 7. ábrában megadtuk a kiáramlási sebesség függvényében az üzemanyag-fogyasztást.

A 7. ábra alapján megállapítható, hogy a szilárd üzemanyagú rakéták üzemanyagfogyasztása ideális kiömlést fel-

tételezve 10 — 5 kg/t sec, folyékony üzemanyagú rakétákra 5 — 2 kg/t sec, termikus atomrakétáknál pedig 1 kg/t sec értéket ér el.

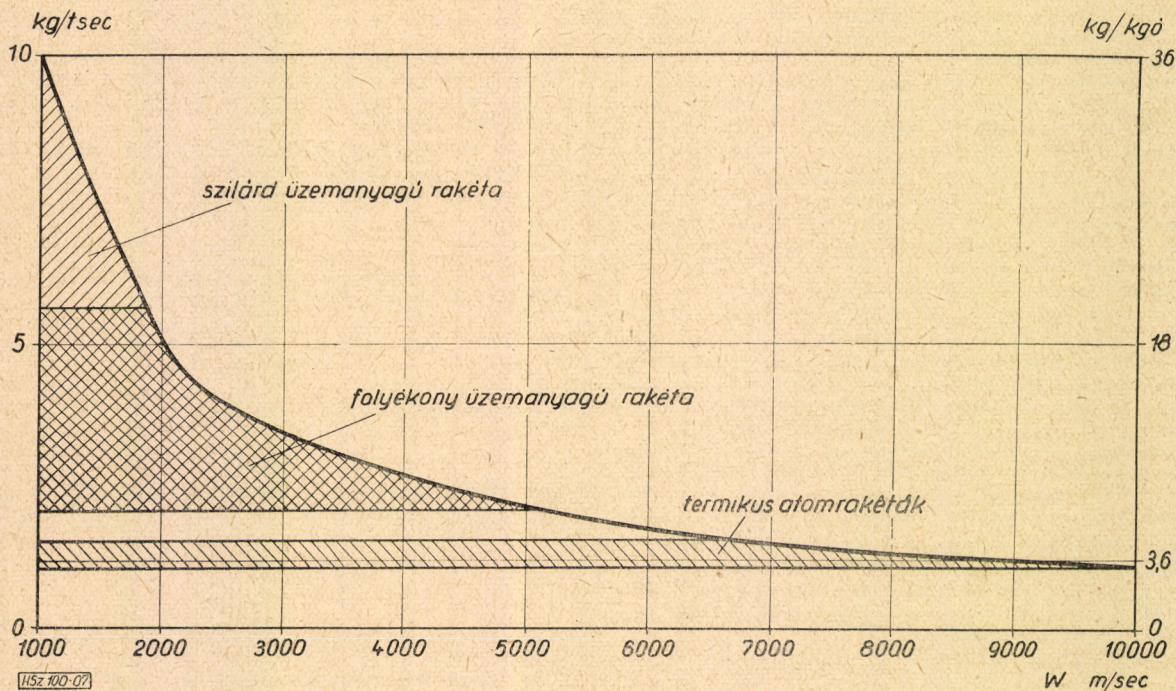
#### Irodalom

[1] E. Schmidt: Technische Thermodynamik, Springer Verlag (1956).

[2] Baxter: J. British Interplanetary Society 15—3: 146—163. (1956.)

[3] I. Sängner-Bredt: Zur Thermodynamik von Arbeitsgasen für Atomraketen. Naturforschung, Tübingen (1953).

[4] E. Sängner: Die physikalischen Grundlagen der Strahltriebstechnik. VDI. Forschungsheft 437. B. Band. 19. (1953.)



7. ábra. Üzemanyagfogyasztás a kiáramlási sebesség függvényében

### A Haditechnikai Szemle következő számaiban többek között az alábbi nagyobb cikkek közlését tervezzük:

Aknagránátok stabilizálása a röppályán  
Fegyvercsövek elhasználódásának és élettartamának vizsgálata  
Földmunkagépek vonóereje és teljesítménye  
Idegmérgek  
Műanyagszigetelésű kábelek  
Páncélosok téli előmelegítése  
Rádiónavigáció  
Stabil robbanómotorcsaládok kialakítása katonai szempontokból

A szilárd üzemanyagú rakéták legfontosabb jellemzőinek meghatározása  
Szintétikus kenőanyagok  
Terepázmentesítési vizsgálatok  
Tűzérési hüvelyek alakváltozása  
Válogatott fejezetek a külső ballisztikából  
A valószínűségszámítás katonai alkalmazásai  
A vastagfalú henger viselkedése különböző igénybevételek esetén

# Rakéta-üzemanyagok

(I. KÖZLEMÉNY)

## 1. Bevezetés. Elvi kérdések

A rakéta üzemanyaga fontosság tekintetében egyenrangú a rakéta szerkezeti részeivel, az irányítószervezettel, vagy a hasznos teherrel. A tényleg felhasznált üzemanyag legtöbbször féltveőrzött titok, de az irodalomból egyre több adat kerül nyilvánosságra. A rakétákat az jellemzi, hogy az üzemanyag elégetéséhez szükséges oxigént — ellentétben a gázsgárhajtású gépekkel — nem a levegőből vonják el, hanem magukkal viszik. A rakéta működését, gyors repülését, a belső nagynyomású égési térből a kisnyomású környezetbe igen nagy sebességgel kitóduló anyagrézescskék mozgási energiája teszi lehetővé. A kitóduló anyagrézescskékkel — gázmolekulákkal — ellentétes irányban fellépő *tolóerő* hajtja a rakétát előre.

Ennek a tolóerőnek nagysága a mechanika törvényei szerint arányos a kitóduló anyagrézescskék időegységre eső mozgásmennyiség változásával.

$$I = m \cdot w = \frac{s}{g} \cdot w \quad (1)$$

ahol  $I$  a tolóerő (kg),  $m$  az egységnyi idő alatt kiáramló tömeg (kg sec/m),  $s$  az  $m$  tömeg súlya (kg/sec),  $w$  az  $m$  tömeg sebessége (m/sec).

Az  $I/s$  értéket fajlagos tolóerőnek vagy fajlagos impulzusnak nevezzük. Ezt az alábbi módon kapjuk:

$$I_f = \frac{m \cdot w}{m \cdot g} = \frac{w}{g}, \text{ ebből}$$

$$I_f = \psi \frac{1}{g} \sqrt{\frac{2g \kappa}{\kappa - 1} \frac{RT_t}{M} \left[ 1 - \left( \frac{P_k}{P_t} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} \right]}$$

itt  $R = 848$  mkg/kgmol K<sup>0</sup>,  $g = 9,81$  m/sec<sup>2</sup>,  $2gR = 16637,76$  és  $\sqrt{2gR} = 128,98$ , ezekkel

$$I_f = \psi \frac{128,98}{9,81} \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa - 1} \frac{T_t}{M} \left[ 1 - \left( \frac{P_k}{P_t} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} \right]} = 13,18 \psi \sqrt{\frac{T_t}{M} \left[ 1 - \left( \frac{P_k}{P_t} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} \right]} \quad (2)$$

ahol  $I_f$  a fajlagos impulzus (kg sec/kg),  $w$  a valóságos kiáramlási sebesség (m/sec),  $\psi$  sebességi együttható (a tényleges kiáramlási sebesség aránya az ideális kiáramlási sebességhez),  $M$  a tűzkamrából kiáramló gázok átlagos molsúlya (kg/mol),  $T_t$  a tűzkamrában levő gázok hőfoka (C<sup>0</sup>),  $\kappa = \frac{c_p}{c_v}$  fajhőviszony,  $c_p$  a gázok közepes fajhője állandó nyomáson (kcal/mol<sup>0</sup>),  $c_v$  a gázok közepes fajhője állandó térfogaton (kcal/mol<sup>0</sup>),  $P_k$  a kiáramló gázok nyomása a fúvócső orrában a szélső keresztmetszetben (kg/cm<sup>2</sup>),  $P_t$  a tűztérben levő gázok nyomása (kg/cm<sup>2</sup>).

A rakétaüzemanyag teljesítménye annál nagyobb, minél nagyobb tolóerő keletkezik az üzemanyag súlyegységnyi mennyiségéből. A felhasználási tér nagysága döntően befolyásolja a rakéta üzemanyagát. A kis hatótávolságú rakétákban *szilárd* üzemanyagot használnak, a nagy hatótávolságúaknál *folyékony* üzemanyagot alkalmaznak. Ilyenképpen szilárd és folyékony rakétaüzemanyagokat különböztetünk meg.

A szilárd rakétaüzemanyag általában tüzelőszernek és oxidálószernek az elegye. Az ilyen elegyekkel szemben támasztott igen fontos követelmény, hogy égési sebességükre a környezet nyomása és hőmérséklete pontosan meghatározott, egyértelmű és adott határok között mozgó befolyást gyakoroljon. A tüzelőszer szerkezetének nem szabad változnia sem a hirtelen nyomásváltozásra, sem a másodperc törtrészei alatt végbemenő nagymértékű hőmérsékletváltozásra, mert ellenkező esetben a rakétaüzemanyag szétesik s ezáltal az égési felület jelentősen megnő és robbanás következhet be. A szilárd rakétaüzemanyagok tulajdonképpen robbanószerek. Az ilyenfajta üzemanyaggal működő rakéták hatótávolsága kicsiny. Hátrányos tulajdonságuk, hogy szabályozásuk nehézkes és legtöbbjük robbanásra is hajlamos.

Napjaink technikája a nagy hatótávolságú rakéták megalkotására törekszik. Ezeknek hajtására különleges igényeket kielégítő, új üzemanyagról kell gondoskodni, mert a szilárd rakétaüzemanyagoknak, így például a klasszikusnak számító lőpornak is az a legnagyobb hátránya, hogy kicsi az energiatartalma. Azonkívül ezek az üzemanyagok túlságosan drágák ahhoz, hogy nagy rakétákat nagy távolságra hajtsanak velük. S hogy mégis alkalmazzák — így többek között páncéltörő rakétavetőekben és lövegekben, repülőgépek indítórakétájaként, továbbá a 12–60 csöves rakéta-sorozatvetőknél — annak többek között az a magyarázata, hogy nagy tűzerejük van és nincs visszalökésük, de a folyékony, többkomponensű üzemanyagrendszer feleslegesen bonyolult szerkezetekre is vezetne az ilyen rendeltetésű rakéták esetében.

A legújabb rakétáknak folyékony *kétkomponensű*, oxidálóanyagból és fűtőanyagból álló hajtókeveréke van. A továbbiakban elsősorban a kétkomponensű folyékony üzemanyagok szempontjából vizsgáljuk a kérdéseket, mert az ezekre vonatkozó megállapítások kisebb-nagyobb módosításokkal mindenféle rakétaüzemanyag rendszerre érvényesek. Ha közelebbről akarjuk meg-

ismerni a rakétaüzemanyagokat, s az elégésük során lejátszódó folyamatokat, akkor előbb tisztán kell látnunk néhány fizikai, kémiai és mechanikai kérdésben.

## 2. Hőmérséklet- és nyomásviszony

Mindenek előtt meg kell vizsgálnunk és meg kell határoznunk a felhasznált üzemanyag teljesítményét, majd pedig a már említett fajlagos tolóerőnek a nagysága és a kitóduló gázok sebessége részletesebb megismerése céljából tanulmányoznunk kell az üzemanyag égésének reakciómechanizmusát. Ehhez a reakciókinetika és a kémiai egyensúlyok törvényeinek ismerete ad lehetőséget.

A használatos üzemanyagrendszerek alkotóelemei általában a szén, a hidrogén, az oxigén és a nitrogén. Ezekből az elemekből álló vegyületek — oxidálószeres és fűtőanyagok — reakciója folytán keletkezett hő, a reakcióhő szolgáltatja az üzemeléshez szükséges energiát. Kimutatható, hogy azokban az égési folyamatokban, amelyekben elegendő oxigén áll rendelkezésre, minden szénből széndioxid és minden hidrogénből víz keletkezik. A gyakorlat azt mutatja, hogy a folyékony üzemanyagrendszerek égésreakciói mindig negatív oxigén hőegyenlegűek, mert a kitóduló gázok sebességének szabályozhatósága miatt oxigént soha sem viszünk feleslegesen a rendszerbe.

A kísérletek során az égési reakcióban keletkező gázokat műszeresen ellenőrzik. Ez az ellenőrzés történhet kémiai gázelemző készülékkel, tömegspektroszkóppal, infravörös sugárzási mérési módszerrel, paramágneses oxigénelemző készülékkel vagy a hővezetőképesség mérése útján. Ezt az utóbbi vizsgálatot alkalmazzák leginkább, mert megbízható, gyors és olcsó.

A reakció helyén, a rakétakamrában kialakult hőmérsékletet a mérési módszereken kívül számítással is megállapíthatjuk. A reakcióhő és a keletkezett égéstermékek fajhőjének alapján

$$Q_p = n \cdot c_p \cdot T_t, \quad (3)$$

ahol  $Q_p$  az égési reakcióban keletkező hőmennyiség állandó nyomáson (kcal/kg),  $n$  a keletkezett molok száma súlyegységni anyagból,  $c_p$  az összes bomlástermékek átlagos mol-fajhője állandó nyomáson az égés hőmérsékletén (kcal/mol<sup>0</sup>),  $T_t$  a tűzkamra hőmérséklete (C°).

A  $Q_p$  kiszámítható a Hess-törvény figyelembevételével az égési egyenlettel a kiinduló és a képződött anyagok képződéshőjének ismerete alapján:

$$Q_p = Q_2 - Q_1, \quad (4)$$

ahol  $Q_p$  a reakció hőszínezete (kcal/kg),  $Q_2$  a képződött anyagok molekuláris képződéshője (kcal/kg),  $Q_1$  a kiinduló anyagok molekuláris képződéshője (kcal/kg).

Az eredmények azt mutatják, hogy a számítással kapott tűztér-hőmérséklet mindig magasabb, mint amennyit mérések alapján kapunk. Ennek oka az, hogy a reakció nem folyik le ideálisan és a fellépő sugárzási és egyéb veszteségek is közrejátszanak.

A mérések végrehajtása nem egyszerű feladat, mert a rakétakamrában igen nagy: 2500—3000 C° körüli hőmérsékletek alakulnak ki. Ilyen nagy hőmérsékletek kétféleképpen határozhatók meg.

Egyik mód az adiabatikus körülmények és az állandó nyomás feltételezésével — a reakcióhő és az égéstermékek fajhője ismeretének birtokában — számítás útján meghatározni a hőmérsékletet. Sajnos, ez nem szolgáltat kielégítő pontosságú eredményt. A másik módszer a mérés, amely alkalommal a gázok infravörös sugárzás-intenzitását, a hidroxil-gyök-színképvonalnak és a nátrium „D” vonalának az intenzitását használják fel. A különböző módszerek közül a nátrium „D” vonal reverzálási módszer látszik a legalkalmasabbnak.

A gázok hőmérsékletének emelkedése egy adott térfogaton belül maga után vonja a nyomás növekedését is. Ennek ismerete konstrukciós szempontból igen fontos. Az üzemanyagoknak a tűztérben kialakult nyomása az égési reakciók során keletkező gázmennyiségektől és azok hőfokától függ. A megfelelő nyomás kialakításában jelentős szerepe van a fűvócső méretének is. A rakétakamrában keletkező nyomást piezoelektromos műszerekkel mérik.

## 3. Égési viszonyok

A rakétaüzemanyagok égése nagymértékben függ a konstrukciós megoldástól.

Az égéskamra és az üzemanyagot betápláló injektor kombinációjának olyannak kell lennie, hogy megfelelő üzemanyaggal minimális térfogaton a lehető legnagyobb legyen a hatásfok. A rakétakamrában az égés gyors vagy lassú folyamat formájában játszódik le. A gyors égés — öngyulladás vagy robbanás — a tapasztalatok szerint akkor következik be, amikor az éghető üzemanyag a szükséges hőmérsékletű és nyomású térbe kerül, és amikor az égés a kamra egész térfogatában jelentkezik. Ezt a hőmérsékletet és nyomást kritikus hőmérsékletnek és nyomásnak nevezzük. Lassú égés esetén a láng terjedését a gáztömegek mozgása kíséri. Az égés jelenségének a legkisebb részletekig menő tisztázása a rakéták tervezésének alapvető fontosságú feladata. Az e tekintetben követett aprólékosság és részletesség érthető is, mert a reakciók „kézbentartása” az égési jelenségek legpontosabb ismeretét tételezi fel. Szokolik szovjet kutató a gázkeverékek alábbi égési eseteit állapítja meg:

a) Az egyenletes égés állandó nyomáson játszódik le, s akkor keletkezik, ha az éghető gázkeveréket egyik végén nyitott csőben meggyújtják. Ekkor az éghető réteg a külső atmoszférával érintkezik, tehát a nyomás állandó marad.

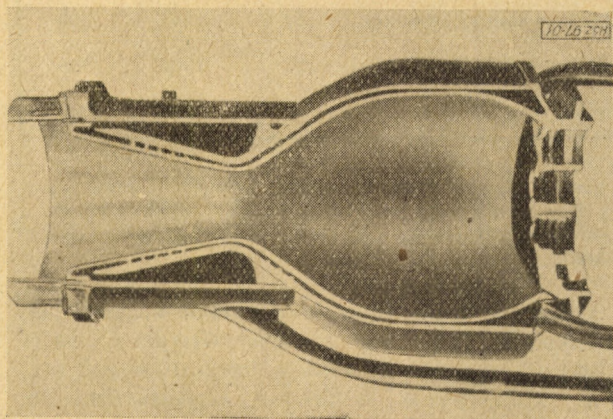
b) Lángolással történő égés alkalmával a láng terjedése egyenetlen, a láng sebessége időnként növekszik, majd csökken, sőt iránya is megváltozik. Az ilyen jelenségek oka, hogy ilyenkor a láng terjedése változó nyomáson megy végbe.

c) Vibrációs lánggal történő égés akkor keletkezik, ha az éghető gázkeverékkel töltött és az egyik végén zárt csövet nyitott végén gyújtjuk be. A láng vibrációját nyomásingadozás követi.

d) A detonációs égés nagy intenzitású lökhullám, az ún. detonációs hullám következtében jön létre, s a gáz minden rétegében, ahová elér, öngyulladást okoz.

A felsorolt égési esetek vizsgálatát résfényképezés segítségével végzik el oly módon, hogy a tűzkamra falába nitrogénnel hűtött kettősfalú kvarcablakokat építenek be és ezen keresztül fényképezik az égési jelenségeket.

Igen sok mérési eredmény azt mutatja, hogy az állandó égést soha sem lehet elérni, még akkor sem, ha az égés egyébként stabilisnak látszik. A felsorolt égési esetek közül kedvező viszonyok között lángoló égés keletkezik, kedvezőtlen körülmények között vibrációs és detonációs égés áll elő. Az



1. ábra. Hidrogénperoxid és hidrazinhidrát üzemanyagú rakéta égéskamrája és fúvócsőve

égés stabilitásának biztosítása egyben a korszerű rakéták üzemeltetésének megoldását is jelenti. Ellenkező esetben a rakétán mechanikai rongálódás következik be, vagy a nagymértékű helyi felmelegedések miatt kiegészések keletkeznek. Ilyen esetekben a kényes vezetékeket és vezérlő-berendezéseket a rázkódtatások tönkreteszik. Még kedvezőbb, ha a nem megfelelő égés csak kisebb-nagyobb pontatlanságot okoz a mérőműszerek, a szervómechanizmusok működésében. A szovjet tervezők az égés szabályszerű lefolyását kielégítően megoldották. Ezt bizonyítja, hogy nagyteljesítményű rakétáik megfelelő pontossággal működnek. A korszerű rakétákban a kamra nyomásingadozása a mindenkori átlagos nyomás 2–3%-ánál nem nagyobb. Ez igen jelentős eredmény, mert általában 10%-os, sőt igen durva szerkezetekben 100%-os nyomásingadozás is felléphet.

A rakéták üzemében a stabilis állapot megteremtése nagyon fontos. Éppen ezért a vizsgálatok arra irányulnak, hogy megállapítsák, melyek azok a jelenségek, amelyek az instabilis állapot kialakulásában szerepet játszanak. A kérdés eldöntése az üzem közben lejátszódó, rendkívül bonyolult folyamatok következtében nagyon nehéz. Az instabilis állapot kialakulására vezethet tapasztalat szerint:

a) az üzemanyag áramlási sebességének ingadozása az égéskésleltetés következtében;

b) az üzemanyag áramlási sebességének ingadozása a vezérlőmű és a szervómechanizmusok instabilitása következtében;

c) a tűzkamrában az égési folyamat következtében fellépő akusztikus rezonancia;

d) az olyan égési folyamat, mely önmagában képtelen a stabilitás elérésére.

#### 4. Az ideális üzemanyag

A rakétaüzemanyagok elvi kérdéseinek vizsgálata után tanulmányozzuk a felhasználásra kerülő vegyi anyagokat, amelyek kémiai energiáját hasznosítjuk. Az ideális üzemanyag iránt támasztott követelmények hosszú sorát így állíthatjuk össze:

- a) nagy fajlagos impulzus,
- b) nagy sűrűség,
- c) öngyulladóképesség, minimális gyújtási késleltetéssel,
- d) kis gőznyomás,
- e) nagy fűtőérték,
- f) nagy égési sebesség,
- g) kis molekulasúly,
- h) kis fajlagos térfogat,
- i) ne legyen mérgező,
- j) stabilis legyen mind kis, mind nagy hőmérsékleten,
- k) könnyen kezelhető és szállítható legyen,
- l) kis viszkozitása és lapos viszkozitási görbéje legyen,
- m) hőkapacitása akkora legyen, mint a vízé,
- n) minél egyszerűbben és olcsóbban legyen előállítható.

Természetes, hogy nincsen olyan üzemanyag, amely ezeknek a szigorú feltételeknek hiánytalanul megfelelne. Kénytelenek vagyunk egyik-másik szempontból engedelményeket tenni a cél érdekében. Az egyes rendszerek tárgyalása során ismertetjük, hogy az egyes üzemanyagok mennyiben tesznek eleget ezeknek a követelményeknek.

#### 5. Az üzemanyagok csoportosítása

Megkülönböztetünk egy- és kétkomponensű hajtóanyagokat. Az egykomponensűek csak egyféle anyagból állanak, amelynek nagy hőmérsékleten gázmolekulákra történő bomlása és égése szolgáltatja a szükséges energiát. A kétkomponensű rendszerek oxidálószerből és fűtőanyagból tevődnek össze és ezeknek az anyagoknak a reakciójából felszabaduló energiát hasznosítják.

Az egykomponensű anyagok csoportjába szilárd és folyékony halmazállapotú anyagok tartoznak. Ezt a csoportot a nagy hatótávolságú rakétákban a már említett okok miatt nem alkalmazzák. Legfontosabb alkalmazási területük a tüzérség hatáskörébe tartozó viszonylag kisebb hatótávolságú rakétafegyvereknél van. Tárgyalásunkban csak a főbb típusok és néhány jellegzetességük ismertetésére szorítkozunk.

A korszerű szilárd üzemanyagú rakéták területén megkülönböztetünk homogén, vagy kolloid és

heterogén, vagy összetett üzemanyagokat. A homogén szilárd rakétaüzemanyagok kémiaiilag egykomponensű rendszerek, amelyek az oxigént — a fűtőanyaggal kapcsolódva — saját maguk tartalmazták és pedig rendszerint nitrocsoport, vagy salétromsavészterek formájában. Ezek sorában találjuk a nitrocellulózt mint egybázisú üzemanyagot, a nitrocellulóz és nitroglicerint, valamint a dietilén-glikol-dinitrát koloid oldatát mint kétbázisút. Ezek közül megemlíjtük a ballisztit elnevezésű üzemanyagot, amely a nitroglicerint és a nitrocellulóz elegye; ez az anyag nagy felületen lejátszódó egyenletes égést tesz lehetővé. A keletkező gázok nagy hőmérsékletének csökkentésére és a gáztérfogatviszonylagos növelésére különféle adalékanyagokkal látják el. Megfelelően ellenőrzött összetétel esetén igen megbízható, nagyteljesítményű rakétaüzemanyagot szolgáltat.

A heterogén szilárd üzemanyagok több-bázisú rendszerek. Ezek alkotórészei: oxidálószer, amelyek rendszerint kristályos anorganikus sók, továbbá fűtőanyagok, amelyek szénben és hidrogén-gazdag vegyületek és végül adalékanyagok, amelyeket a stabilizáláshoz, az égési sebesség szabályozása céljából stb. alkalmaznak. Legismertebb oxidálószer az ammóniumnitrát, az ammónium-perklorát, valamint a káliumperklorát. A jellegzetes fűtőanyag-alkotórészek sorában megtaláljuk az aszfaltot, a gyantákat és a szintetikus gumit.

Az egykomponensű üzemanyagok alkalmazását annak idején azok a megfontolások segítették elő, hogy megoldják az üzemeltetést olyan körülmények között, amikor az üzemanyag égéséhez nem áll elegendő oxigén rendelkezésre. Az egykomponensű folyékony üzemanyagok első kísérleteit 70% nitroglicerinnel és 30% metilalkohollal végezték és igen jó gyakorlati eredményt kaptak. Ebben a csoportban a nitrometán is beváltotta a hozzáfűzött reményeket.

A koncentrált hidrogénperoxidot, mint egykomponensű üzemanyagot használták rakéták segéderőtelepének hajtóanyagául. A V 2 kísérleti generátorát is hidrogénperoxiddal táplálták. Ebben a generátorban a hidrogénperoxidot és vizes káliumpermanganát-oldatot kb. 21 kg/cm<sup>2</sup> nyomással préselték be a reakcióterbe. A keletkező termékek egy 500 LE-s turbinát hajtottak, amely a tulajdonképpeni üzemanyag, adott esetben az alkohol és a cseppfolyós oxigén szivattyút működtette. A hidrogénperoxid és nitrometán számított teljesítményére az I. táblázat ad felvilágosítást.

I. táblázat

Üzemanyag	Tűzkam-ranyomás kg/cm <sup>2</sup>	Kiáram-lási sebes-ség m/sec	Kiáram-lási hő-mérséklet C°
100%-os hidrogénperoxid	21	1430	990
90%-os hidrogénperoxid	21	1300	740
Nitrometán	21	2145	2200

A hidrogénperoxidot, mint egykomponensű üzemanyagot, még ma is használják a nagy rakéták segédüzemében, a tulajdonképpeni üzemanyag betáplálására szolgáló szivattyúknál.

A rakéta hajtásának eddigi tapasztalatai azt bizonyítják, hogy nagy teljesítmények elérésére a kétkomponensű folyékony üzemanyaggal működő, többlépcsős rakéta a legcélravezetőbb. A szovjet interkontinentális rakéta és a mester-séges holdak szállítórakétái is ezt a megoldást igazolják. Ezeknek az anyagoknak a kémia és a fizika törvényein alapuló és a gyakorlati tapasztalatok által kialakított felhasználása nyitja meg az utat az űrhajózásig. Az atomenergia minden bizonnyal a rakétatechnikában is előbb vagy utóbb döntő szerepe lesz.

(Befejező közlemény következik)

## SZERKESZTŐI üzenet

Eddigi tapasztalataink szerint a Haditechnikai Szemle olvasói szívesen fogadták a múlt számunkban megindított „Külföldi technikai szemle” c. rovatot. Folyóiratunk korlátozott oldalszáma folytán nem tudjuk egyelőre e rovatunkat a jelenleginél lényegesen nagyobb terjedelemben adni. A külföldi irodalom haditechnikai vonatkozású újabb közleményeiről további tájékoztatást nyújt a „Haditechnikai Figyelő” címmel, kézirat gyanánt megjelenő kiad-

vány. Ennek díjtalan megküldését a Haditechnikai Könyvtártól (Budapest 114. pf. 26.) lehet igényelni; e kiadványban szereplő könyvek, folyóiratok és egyéb dokumentumok eredetiben vagy fényképmásolatban ugyanonnan — könyvtárközi kölcsönzés útján — rendelkezésre állnak. A Haditechnikai Figyelőben közölt anyagról, úgyszintén a kölcsönzés részletes feltételeiről az érdeklődőknek a könyvtár készséggel ad felvilágosítást.

## Tranzisztoros egyenfeszültség átalakítók

A rádiókészülékek, különösen a katonai készülékek szerkesztésében egészen a legutóbbi időkig égető szükség volt méreteiben is kicsi, kisteljesítményű feszültségátalakítóra. A tranzisztorok feltalálása után hamarosan megállapították, hogy ezeket az új elemeket mint igen jó hatásfokú, kisfeszültségű átalakítókat az adó-vevő berendezések anód- és árnyékolórács-körének táplálására is fel lehet használni.

Különösen alkalmasak erre a célra a rétegtranzisztorok, amelyeknek ellenállása az áteresztő irányban kicsi, a záróirányban pedig nagy. Egy ilyen tranzisztoros feszültségátalakító kapcsolást mutat az 1. ábra. A kapcsolási rajz egy *p-n-p* típusú rétegtranzisztorral működő kismeghajtású billenő oszcillátort (relaxációs generátort) ábrázol.

Az oszcillátor rezgőköre egy háromtekeres transzformátorból áll. A kollektor áramkörébe kapcsolják a transzformátor primertekeresét ( $N_p$ ); a kristálytrióda bázisának áramkörébe pedig a visszacsatolótekeresét ( $N_b$ ). A nagy menetszámú szekundertekeresen kapott feszültséget a  $D$  dióda egyenirányítja és ezután kerül az  $R$  külső terhelésre. A  $C$  kondenzátor szűri az egyenirányított feszültséget. Mikor a tranzisztoron át áram folyik, a rezgés ún. bemenőütemében az energiát a transzformátor induktivitása tárolja, a tranzisztor zárási periódusában pedig (kimenőütem) ez az energia megnövekedett feszültséggel a kimenőkörbe távozik.

A bemenőütem idején a kollektor áramkörében és a transzformátor primertekeresében növekvő áram lép fel. A megváltozott mágneses fluxus negatív feszültséget indukál a visszacsatolótekeresben. A tranzisztor bázisán állandó előfeszültség van. A kollektor árama egy meghatározott időpontig növekedni fog. Abban a pillanatban, amikor a transzformátor primertekeresében az áram változásának sebessége csökkenni kezd, kisebb lesz a bázisra adott feszültség is. Ennek következtében a kollektoráram ( $I_k$ ) is csökkenni kezd, majd teljesen elűnik. Az egész bemenőütem idején a  $D$  dióda zár, rajta keresztül nem folyik áram.

A primeráram csökkenésével csökkenni fog a mágneses fluxus is, és a szekunderfeszültség előjele megváltozik. A transzformátor szekundertekeresében növekvő feszültség indukálódik. Abban a pillanatban, amikor ez a feszültség egyenlő lesz a szűrőkondenzátoron visszamaradó  $V_0$  feszültséggel, a  $D$  egyenirányítón keresztül áram kezd folyni, melynek erőssége fokozatosan csökken. Így a transzformátor induktívitasában tárolt energia a kimenőütem ideje alatt átmegy a  $C_0$  kondenzátorba és a terhelésbe. Amikor a kimenőáram 0-ra eszik, a bemenőkör újra bekapcsolódik és a folyamat előről kezdődik. A változó feszültség az áramkörökben négyzetögalakú.

A bemenőütem idején a munkapont a tranzisztor  $V_q/I_k$  karakterisztikáján (2. ábra) fokozatosan tolódik a  $Q$ -tól a  $P$

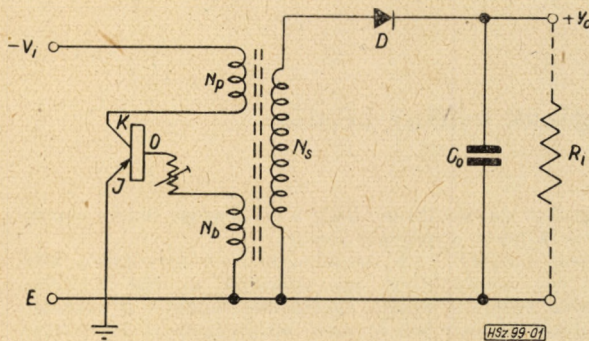
pontig. Kikapcsoláskor a munkapont hirtelen leesik, a  $Q$  pontban marad az egész kimenőütem ideje alatt, azután pedig gyorsan visszatér a kiindulópontba.

Avégből, hogy a bemenőütem előről kezdődhessék, a bázisra negatív előfeszültséget kell adnunk, amely csökkenti a trióda bemenőellenállását. Ez az ellenállás  $u_i$  ha a bázis 0 potenciálon van, viszonylag elég nagy lehet. Az előfeszültség mintegy megnöveli a visszacsatolást, s ezáltal elősegíti az oszcilláció megindulását. A rezgések beindulása után erre nincsen szükség.

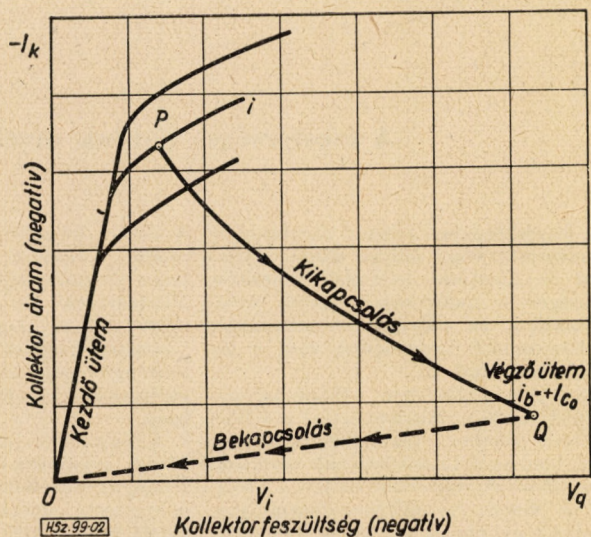
Az előfeszültség előállításához gyakorlatilag külön berendezés nem kell, mivel a kimenőütem után a menetek közötti szórtpacitás a transzformátor tekercseiben át sül ki. Így rövid időre előállítja a bázis negatív előfeszültségét s a gerjesztéshez ez is elegendő.

A tranzisztorba bemenő és rajta át a terhelésbe kerülő teljesítményt az átalakító hatásfokának növelése céljából a bázis áramkörébe kapcsolt  $R_B$  ellenállással szabályozhatjuk. Ajánlatos ezt az ellenállást néhány mikrofárados kapacitással söntölni.

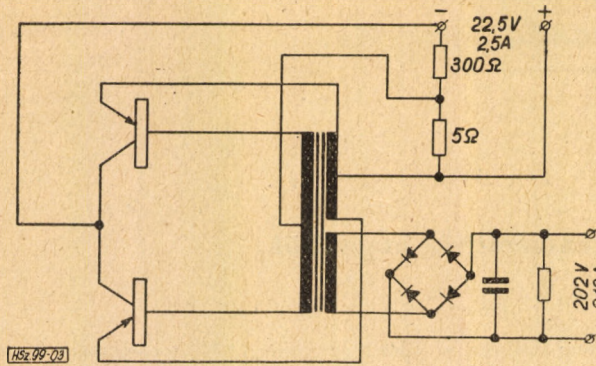
A kapcsolat alapvető alkotóeleme a transzformátor. Számítása az általánosan ismert módon történik, de a jó hatásfok elérésére nagyon fontos az üzemi frekvencia helyes kiválasztása, ettől függ  $u_i$  az átalakítóban fellépő energiavesztés nagysága. Ajánlatos pl. az üzemi frekvenciát minél kisebbnek választani, hogy ezáltal a tranzisztor be- és kikapcsolása-



1. ábra. Tranzisztoros feszültségátalakító elvi kapcsolása



2. ábra. A tranzisztor jelleggörbéje



3. ábra. Nagyobb teljesítményű tranzisztoros feszültségátalakító elvi kapcsolása

kor fellépő átmeneti veszteséget csökkenthessük. Kisebb frekvencián növekszik a transzformátortekercsek ellenállásán fellépő veszteség. Ezért a különböző konstrukciójú transzformátoroknak a hatások szempontjából optimális üzemi frekvenciája 500—5000 Hz között változik. A kiválasztott üzemi frekvencia alapján a transzformátortekercsek adatait meg lehet állapítani.

Nagy üzemi frekvenciákon ajánlatos ferritmagos transzformátorokat használni. Mivel az ismertett kapcsolásban a mágneses fluxus iránya nem változik, a transzformátor utánmágnesesződik. Ennek elkerülésére ellenütemű kapcsolásokat alkalmaznak. Ezeket akkor használják, amikor nagyobb kimenő teljesítményre van szükség, mint amennyit egy tranzisztor adhat.

A jelenlegi tranzisztortípusok lehetővé teszik olyan átalakítók készítését, amelyek pár volt bemenőfeszültséggel néhány watt kimenőteljesítményen több kilovoltot adnak.

A tranzisztoros átalakítók mérete és súlya jóval kisebb, mint a mechanikus átalakítóké. Ha például egy vibrátoros átalakító súlya 1,5—2 kg, akkor az azonos üzemi adatú tranzisztoros átalakítóé mindössze 20—30 dkg.

Az alábbiakban néhány, már használt-

ban levő tranzisztoros átalakító adatait ismertetjük.

a) Egy tranzisztoros hangfrekvenciás erősítőfokozatú telepes rádióvevőkészülék keverő- és középfrekvenciás fokozatainak nagyfeszültségét szolgáltató átalakító 6 V bemenőfeszültségből 45 V-ot állít elő 3 mA árammal. Elemei: egy 50 W-os germániumtrióda, egy csúcsérrintkezős germániumdióda és egy  $4 \times 4 \times 2,5$  cm méretű ferritmagra tekercselt transzformátor. Hatásfoka 80%.

b) Egy öt wattos áramforrás hordozható rádióadó-vevők részére 12 V-ból 100—150 V-ot állít elő. Ebben két db 2 W-os tranzisztor van, ezen kívül egy réteges germániumdióda, mint egyenirányító és egy vasmagos transzformátor  $5 \times 5 \times 3$  cm magméretekkel. Hatásfoka 70% körül.

c) Egy oszcilloszkóp nagyfeszültségét szolgáltató átalakító bemenőfeszültsége 12 V, kimenőfeszültsége 0,8 mA terhelésen 2 kV, 3 mA-nál pedig 150 V. Alkotóelemei: egy 2 W-os tranzisztor, egy szelvényirányító feszültségkétszerező kapcsolásban és egy  $7 \times 6 \times 5$  cm méretű ferritmagra tekercselt transzformátor. Hatásfoka 70%.

d) Egy nagyobb teljesítményű feszültségátalakító 10 kHz frekvencián ellenütemű kapcsolásban két 10 W-os kristály-

triódával. Az átalakító fogyasztása 56,3 W (22,5 V, 2,5 A). Kimenetén 202 V feszültséget ad 0,184 A árammal; ez 37,2 W hasznos teljesítménynek felel meg. Ez az átalakító egy nagyteljesítményű hangerősítőt vagy közepes teljesítményű adót lát el nagyfeszültséggel. Hatásfoka 66%. (3. ábra.) Az egyenirányítóban 4 db réteg germániumdiódat használnak hídkapcsolásban. Kimenőszűrőként egyetlen 1  $\mu$ F-os kondenzátor szerepel. Ez 10 kHz frekvencián elegendőnek bizonyult.

e) 250 W-os feszültségátalakító. Ez két nagyteljesítményű, P—11 típusú germániumtranzisztorral dolgozik, bemenőfeszültségét 24 V-os akkumulátor szolgáltatja. Az átalakító ellenütemű kapcsolású. 100 Hz-en dolgozik öngerjesztéssel, a tranzisztorok bázisa földpotenciálra van, transzformátora háromtekercses (kollektor és emitterkörüli tekercs, középkivezetéssel, valamint nagyfeszültségű tekercs.) A transzformátor magja toroid. Az egyenirányító hídkapcsolású, Z1—5 nagyteljesítményű germániumdióda. A szűrőkondenzátor a kimenőpólusok között van párhuzamos kapcsolásban. Az egyes triódák maximális kollektorárama impulzuscsúcsban 12 A, a disszipált teljesítmény 21 W. Hűtés végett a tranzisztorokat csillámszigeteléssel 3 db  $15 \times 15$  cm méretű alumíniumlemeze erősítették. Az egész berendezés hatásfoka eléri a 80%-ot, súlya pedig mindössze 4—5 kg.

A tranzisztoros átalakítók hátránya az üzemi hőmérséklet egyelőre korlátozott határa +50 C°-ig. Másrésztől segítségükkel megoldható a kisteljesítményű rádiókészülékek anód- és második rácskörének táplálása kisfeszültségű telepekről. Pótolják a kisebb teljesítményű áramforrásokban eddig mutatkozott hiányt, és megbízhatóságban, élettartamban (több mint 10 000 óra) jelentősen felülmúlják a mechanikus átalakítókat, végül pedig súlyuk és méreteik jóval kisebbek.

(A. Szavadnyik ezds. cikkének kivonatos fordítása a Vojennij Szovjuziszt 1956. decemberi számából.)

## A mesterséges holdak mechanikájának néhány kérdése

A következőkben néhány diagrammon bemutatjuk, hogy milyen elemi energetikai és kinetikai feltételek teljesítése szükséges a mesterséges holdak útbaindításához és pályájukon tartásához. A diagrammok levezetésére ezen a helyen nem térünk ki.

Első megközelítésben néhány egyszerűsítést teszünk. Mindenekelőtt a Földet tökéletes gömbnek tekintjük. A mesterséges hold szállító rakétájának mozgását a hajtóművek működése idején a lövegcsőben mozgó lövedékéhez hasonlítjuk, jóllehet a gyorsulási viszonyok itt mások.

A rakéta képzeletbeli lövegcsőve ugyan rendkívül hosszú, azonban ez a hossz a teljes felszállópályához képest csekély. Mindenesetre az elképzelt cső hossza mégis akkora, hogy a rakéta égésvégi pontjában (vagyis ahol az utolsó fokozat hajtóművének működése megszűnt), a légellenállás közelítőleg már elhanyagolható.

A háromlépcsős rakéta ezek szerint három, egymásba tolt lövegnek felel meg. Könnyen elképzelhető, milyen nagyok a nehézségek, amikor pontosan meghatározott időben kell az irányított lövéseket

leadni, hogy a mesterséges hold a stabilis pályára jusson.

A továbbiakban az egyszerűség kedvéért úgy tekintjük, mintha a szállító rakéta egylépcsős, továbbá a képzeletbeli lövegcső elhanyagolható hosszúságú volna. Ebben az esetben az indítás a talajszintről történnék  $v_0$  kezdősebességgel. A mozgást akadályozó légellenállást figyelmen kívül hagyjuk, de a Földnek a repülési magassággal csökkenő vonzását számításba vesszük.

Az első kérdés: mekkora kezdősebesség szükséges ahhoz, hogy a lövedék a Föld

vonzóerejét legyőzve, kirepüljön a világűrbe. A megoldást a mechanikából ismerjük: ez a különleges kezdősebesség, az ún. szökési sebesség az előbb említett egyszerűsítésekkel

$$v_0^* = 11,5 \text{ km/sec} \quad (1)$$

Ebből közvetlenül kapjuk annak az energiának a nagyságát, amelyet a lövedéknek adni kell avégből, hogy a Föld gravitációs teréből kiszabadítsuk. Ha a lövedék  $m$  tömegű, akkor ez a kiszabadítási munka

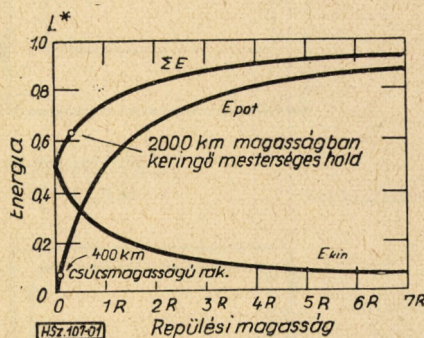
$$L^* = \frac{m v_0^{*2}}{2} \quad (2)$$

A továbbiakat ezután a diagrammok alapján vizsgáljuk meg.

**1. ábra.** A diagramm a mesterséges hold energiáját (egység a kiszabadítási munka) tünteti fel a repülési magasság (egység a fűldsugár,  $R = 6365 \text{ km}$ ) függvényében. A stabilis pályán keringő mesterséges hold összes energiája a helyzeti  $E_{pot}$  és a mozgási  $E_{kin}$  energiák összege, vagyis

$$\Sigma E = E_{pot} + E_{kin} \quad (3)$$

Az ábrán feltűntették a 400 km csúcsmagasságú rakéta (1948. évi Bumperkísérlet), valamint egy 2000 km távolságban keringő mesterséges hold energiáit. Ez utóbbi nagysága  $0,615 L^*$ . (A második szöveg mesterséges hold földtávolban 1700 km-nyire kering, az energia  $0,6 L^*$ -nek vehető. *A szerk.*)

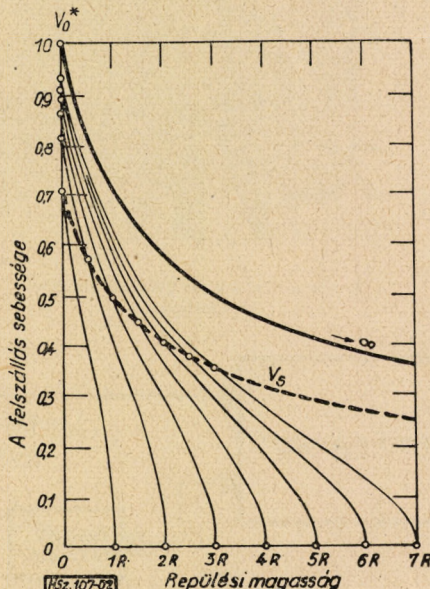


1. ábra. A mesterséges holdak energiaszükséglete

**2. ábra.** A repülési magasság függvényében mutatja a függőleges felszállás sebességét. Az említett egyszerűsítő feltevések szerint a rakéta égésvégi sebességét kezdősebességnek vettük.

A  $v_0^*$  kezdősebességű lövedék kirepül a világűrbe. Hétszeres földugárnyi távolságban a szökési sebesség 35%-a a talajszintű értékek és csak végtelen távolságban csökken zérusra.

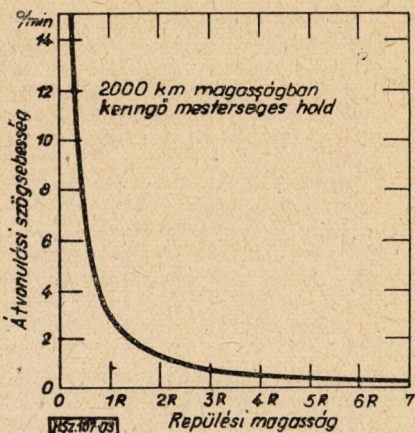
Ha az égésvégi sebesség  $0,7 v_0^*$ , akkor a rakéta éppen egy földugárnyi magasságba emelkedik. A kezdősebesség  $0,7 v_0^*$  és  $1 v_0^*$  közé eső értékeire a berajzolt görbék mutatják az elérhető legnagyobb ( $2 R, 3 R$  stb.) emelkedési magasságokat.



2. ábra. A mesterséges holdak felszállási sebessége különböző pályamagasságokon

A szaggatott vonallal rajzolt görbe a mesterséges hold stabilis körpályára vonatkoztatott  $v_s$  sebességet tünteti fel.

A diagrammból azt is megállapíthatjuk, hogy mekkora kezdősebesség kell egy meghatározott körpályamagasság eléréséhez.



3. ábra. A mesterséges holdak átvonulási szögsebessége

**3. ábra.** A repülési magasság függvényében tünteti fel, hogy milyen szögsebességgel vonul át a mesterséges hold a zeniten. A 2000 km magasságban repülő mesterséges hold 84 perc alatt kerüli meg a Földet. A talajszinten álló megfigyelő percnként  $12^\circ$ -os sebességgel látja a zeniten átvonulni; a látszólagos sebesség 48-szor akkora, mint a Nap mozgásáé, de csak  $\frac{1}{4}$  része annak, mint amekkorával egy 10 km magasságban szálló korszerű repülőgépet látunk végighaladni.

Az 5,75-szoros földugárnyi távolságban keringő mesterséges hold éppen 24 óra alatt kerüli meg egyszer a Földet.

Megfigyelési és irányítási szempontból célszerű, ha az átvonulás szögsebessége nem túlságosan nagy. Ha a mesterséges hold kétszeres földugárnyi távolságban kering, akkor a 2000 km magasságban repülőhöz képest a megfigyelési idő a tízszeresére növekszik.

(Kivonatos fordítás a *Physikalische Blätter* 1957. februári számából)

## Katonai televízió

A televíziót szórakoztatási és oktatási, nemkülönben ipari célokra egyre általánosabban alkalmazzák. Jóllehet a televízió távoli vagy veszélyeztetett területekről tud képet szolgáltatni, értékes felvilágosítást adni, mégis a híradástechnika e fiatal ága katonai felhasználásának lehetőségeit még alig ismerik. Harcoló egységekről, a terepről, térképrészletekről, valamint lokátorernyőkről lehet a televízió segítségével a vezetés számára képet közvetíteni. A televízió ezenkívül a távvezérlés és a távirányítás területén is célszerűen alkalmazható.

Mielőtt rámutatnánk a katonai alkalmazás lehetőségeire, vizsgáljuk meg előbb a technikai előfeltételeket.

1. A katonai célokat szolgáló televíziós berendezés főbb egységei (az átviteli lánctól eltekintve) az alábbiak:

a) a felvevő kamera (1. ábra);

b) a vezérlő egység, amely az elektromos berendezések többségét foglalja magában és a felvevő kamerától 400 m-en belül helyezhető el;

c) a kezelő berendezés; végül

d) a megfigyelő (vevő) készülék.

A felsorolt egységekből a 2. ábra szerinti rendszer állítható össze.

2. Az optika-rész olyan, mint a fényképezőgépeké; a különböző célokra az objektívek cserélhetőek. Pl. nagy távolságú felvétel céljaira teleobjektívet alkalmaznak.

3. A képfelvevő cső infravörös sugárzásra érzékeny, ennél fogva infravörös fényforrásokat, hőforrásokat és infrasugárzással megvilágított tárgyakat észlelni lehet.

4. Vízalatti felvételeket lehet készíteni. Mivel a felvételt a fényviszonyok és a

vízáramlás befolyásolják, ezért különleges eszközöket kell alkalmazni.

5. Az objektív távolsága és a ré beállítása távvezérléssel is történhet.

6. A felvevőkamerát távvezérléssel lehet emelni, dönteni és elfordítani, ilyenformán a távból lehet egy terepszakaszt felderíteni.

7. Megoldható több, egymástól távolabb elhelyezett felvevőkamera egy helyről történő központos vezérlése.

8. A felvételeket tárolni lehet és később tetszés szerint többször is visszaadni. Ennek módszerei:

a) keskenyfilm felvevővel (kis méretű és olcsó);

b) mágneses rögzítő berendezésekkel (drágább, de lehetséges hangfrekvenciás magnetofon alkalmazása is, a video jelek sáv szélességének különleges csökkentésével).

9. A felvevőkamera és a vevő között koaxiális kábelt vagy rádióösszeköttetést alkalmaznak. Az utóbbi üzembiztos megvalósítására törekzenek.

10. A sáv szélesség 5 MHz, ez az átvitel szempontjából szigorú követelmény. A képminőség elfogadható csökkentésével vagy rövid ideig tartó szakaszos képfelvétel révén a sáv szélességet lényegesen

csökkenteni lehet. Ha elegendő másodpercenként 5—10 képet továbbítani, akkor a sáv szélesség leszorítható 10 kHz-re. Ez az irányzat az uralkodó, mert az átvivőlánc iránt nem támaszt követelményt.

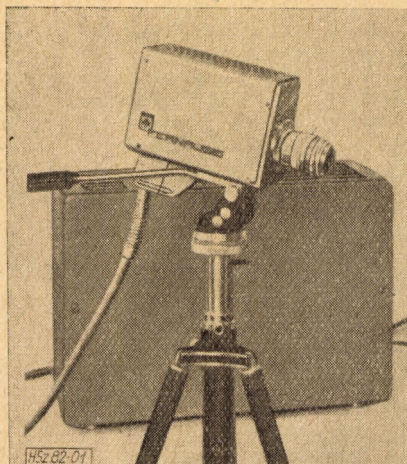
11. A fogyasztás jelenleg még nagy (300—400 W), azonban feltételezhetően a tranzisztorok alkalmazása révén lényegesen csökkenni fog. Már vannak kísérleti mintapéldányok.

A televízió katonai alkalmazása szempontjából az alábbi területek jönnek számításba:

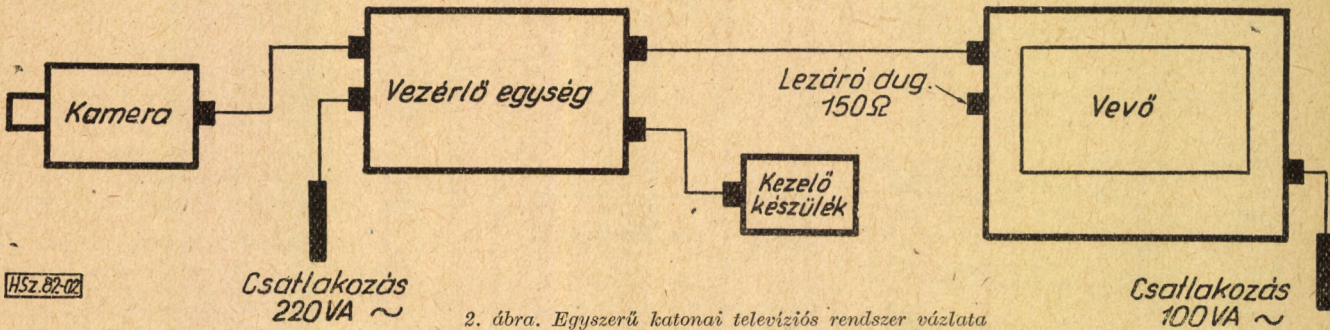
**I. Földi képfelvétel**

- Ide az alábbi alkalmazások tartoznak:
- a) tüzérségi célokra,
- b) harcászati figyelőpontokon,
- c) térképrészletek átvitelére,
- d) a repülő jelző és meteorológiai szolgálatban,
- e) a repülő biztonsági szolgálatban, végül
- f) lokátorképek továbbítására.

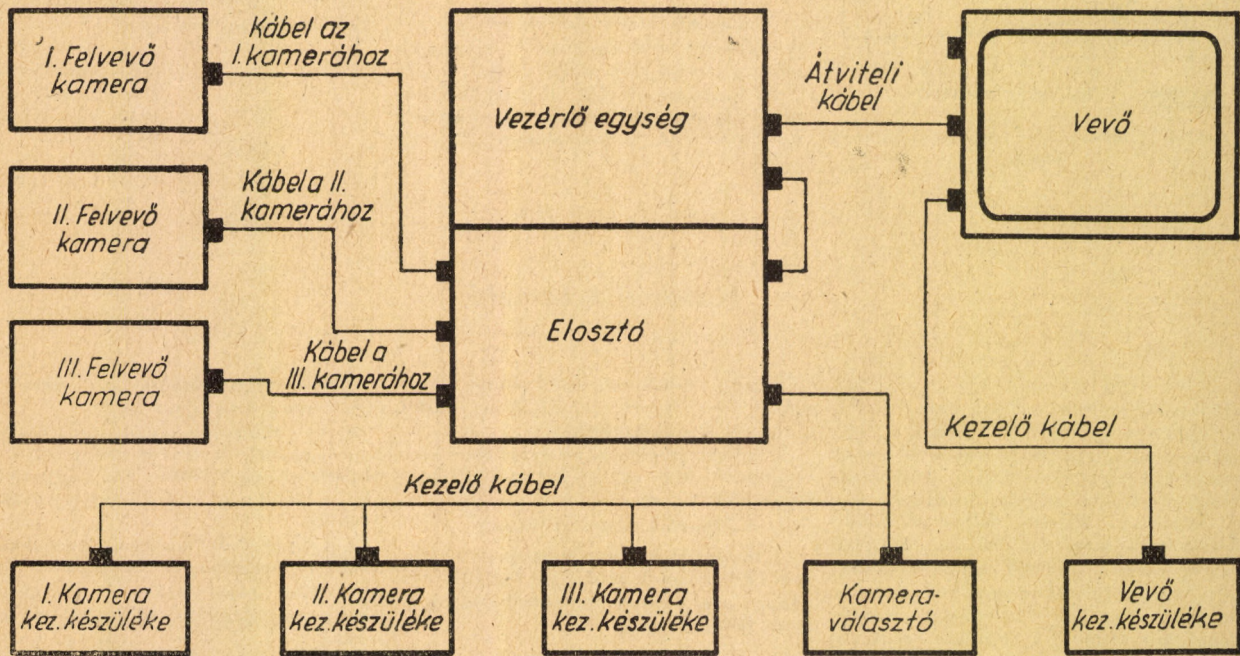
Tüzérségi célokra több helyen telepített felvevőkamerákkal lehet lövedékbecsapódásokat felvenni. A képeket vezeték vagy rádió útján továbbítják a tüzérségi pontra, ahol azok vagy egy emyőn egymás után, vagy pedig több emyőn egy időben jelennek meg (3. ábra). Ilyen módon a tüzér felderítők jelentéseit ki lehet egészíteni. Gyakran olyan helyeken is telepíthetők a kamerák, ahol ember egyébként nem tartózkodhat. *Harcászati*



1. ábra, Televíziós felvevő kamera (Grundig-féle)



2. ábra. Egyszerű katonai televíziós rendszer vázlata



3. ábra. Tüzérségi televíziós rendszer vázlata

célokra az előretolt hadosztály-figyelőpontról lehet a harcálláspontra képeket továbbítani.

Ezek az alkalmazások könnyű, hordozható, jól rejthető kamerákat követelnek. A berendezést a kezelőszeméllyel együtt terepjáró gépkocsin helyezik el. Áramforrás gyanánt a gépkocsi motorjával hajtott generátor szolgál. Akkumulátoros tápforrás a jelenlegi berendezésekhez kis üzemi ideje miatt nem alkalmazható.

A térképrészletek, vázlatok egyidejű, több törzshöz történő továbbítása, televíziós módszerrel jól oldható meg, azonban a rendszer 8—10 kHz sávzélességet igényel. Hasonló berendezéseket alkalmaznak a repülő jelző és meteorológiai szolgálatban is. A repülő biztonsági szolgálatban a televíziós kamerát a starthely előtt állítják fel. Itt éjjeli megfigyelés is lehetséges infravörös technikával. A lokátorképeket keskenysávú rendszerrel lehet továbbítani. E célra speciális csövek és emlékező egységek szükségesek.

## II. Légi képfelvétel

Az ilyen rendeltetésű televíziós kamerák repülőgépen, esetleg kötött léggömbön helyezhetők el a tűzérési és harcászati felderítés céljaira. Az áramforrásul szolgáló generátort a repülőgép motor hajtja. Jelenleg a viszonylag nagy méretek miatt televíziós berendezést csak bizonyos nagyságú repülőgépekbe építenek be. A méretek és a fogyasztás csökkentésével a televíziós felvevő előreláthatólag a harcászati és hadműveleti repülőgépek szabványos felszerelése lesz.

## III. Vízalatti képfelvétel

E felvételek célja lehet:

a) a vízalatti objektumok helyének megállapítása és az objektumok megfigyelése;

b) hajók vízvonala alatti részének ellenőrzése, továbbá vízbe épített műtárgyak felülvizsgálata;

c) bűvármunkák előkészítése és megkönnyítése.

Az objektumok helyének meghatározására a televíziót más módszerekkel (pl.

Sonar) kombináltan használják, mivel a vízben rosszak a látási viszonyok. Többnyire mesterséges fényforrást kell alkalmazni. A vízáramlás okozta kép-elmosódás megakadályozására az objektív elé vízzel vagy levegővel töltött tölcéért helyeznek.

## IV. Távvezérlés és távirányítás

Az irányított lövedékbe, a pilóta nélküli repülőgépbe, a személyzet nélküli gépkocsiba helyezett televíziós kamera rádió útján a vezénylő helyre továbbítja a képet; innen megfelelő parancsokkal a távirányítású eszközt a célba lehet vezetni.

A cikkben elmondottak csupán felvételek, ezenkívül nyilván még egyéb lehetőségek is elképzelhetők a televízió katonai alkalmazására.

(K. A. Mügge cikkének  
kivonatos fordítása  
a Wehrkunde 1957.  
júliusi számából.)

## Alkalmilag készített és telepített amerikai aknák gyújtószerkezetei

Az Egyesült Államok hadseregének újabb szabályzataiban néhány szabványos gyújtó rövid leírása szerepel, melyek alkalmazását a helyszínen alkalmilag összeállított és telepített aknák készítéséhez javasolják. Feltételezik, hogy a szétrombolt létesítmények helyén „csapdaként” felállított alkalmi aknák elhelyezése a rendszeresített gyalogság-elhárító, világító-fényjelző és harcokosiaknak, vegyi és romboló, valamint időzített aknákkal együtt telepítve a leghatásosabb.

Az ilyen rendeltetésű aknák összeállításához ajánlják az M3 és M6A1 kombinált gyújtót, az M5 csapódó, az M1A1 nyomásra működő, az M1 húzásra működő, az M1 késleltetett vegyi és speciális, rádiójelfogóval kapcsolt gyújtókat. A robbanást rendszerint szabványos csappantyúcsavarral idézik elő. A töltés nagyságát az akna adott rendeltetése szerint állapítják meg. Csapdaként más szabványos akna is alkalmazható.

**M3 kombinált hatású gyújtó** (1. ábra) a húzózsínor meghúzásával, átvágásával vagy meglazulásával jön működésbe. A zsínor egyik végét a gyújtó felhúzó-orsójához, másik végét pedig a feszítő-cövekhez erősítik. A fémből készült gyújtót kívülről zöldre festik. Hossza 112 mm, a test átmérője 12,5 mm. A gyújtó hengeres alakú, és fülcse segítségével lehet az alkalmazás helyéhez erősíteni. Ütőszerkezetének elemei az ütőttest és az elsütőrugó; ez a rugó az ütőttest köré csavarodik és korlátozott mozgási lehetőséget biztosít.

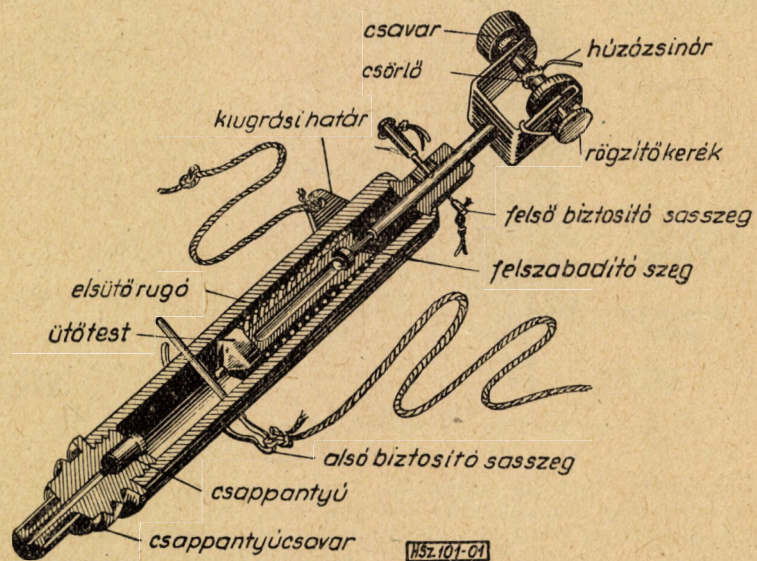
Az elsütőszerkezet egy felszabadító rúdból és a felhúzó orsóra erősített kapocsból áll. Felhúzott helyzetben az

ütőttest a belőle kiálló rúdba illeszkedő szeg fejéhez támaszkodik. Ha a húzózsínor felhúzódnak, akkor a felső és alsó biztosító csapszeg eltávolítható a gyújtóból.

Amikor a húzózsínort pl. a belebotló láb jobban megfeszíti, akkor az ütőttest 3—4 kg erővel legyőzi az elsütő rugó ellenállását és a felszabadító szeggel együtt áthelyeződik a húzás oldalára. Ez az áthelyeződés mindössze néhány milliméternyi, a levágott szeg vastagabb része nem lépi túl a gyújtóttest kiugrásának határát. Az ütőttest leghátsó része

elmozdul a felszabadító rúd fejével való illeszkedésből, és az ütőttest az elsütő rugó hatására beütődik a gyújtóttest gyutacsába. Ennek folytán az akna felrobban.

Ha a húzózsínor elszakad vagy meglazul, akkor az ütőttest a felszabadító rúddal együtt a megfeszülő elsütőrugó erejével néhány milliméterrel előbbre (a gyújtóttest oldalára) helyeződik át, amíg a levágott szeg vastagabb része ki nem jön a határolt részből. Ebben az esetben az ütőttest kiálló része szintén elmozdul az illeszkedésből és a felszabadító rúd fejrészével előidezi a gyutacs



1. ábra. Az M3 kombinált hatású gyújtó

átszűrődését az ütőtest rácsapódásával és ez indítja az akna töltetének robbanását.

A húzósinór, valamint az M3 gyújtó észlelése esetén az aknát hatástalanítani lehet. Célszerű a húzósinór megérintése nélkül először óvatosan beállítani a gyújtó megfelelő furataiba a biztosító csapszegeket (a zsinór szögeit). Ezután

ségével, veszélytelen területen fel kell robbantani.

M5 esapódó gyújtó (2. ábra) külseje egyszerű dobozhoz hasonlít; mérete 45×24×18 mm. A gyújtó működése akkor kezdődik, amikor leveszik róla a terhet. Háza acéllemezből készült, mintegy 40 g súlyú, külseje zöld színű. Alján csavarmenttel ellátott nyílás szolgál

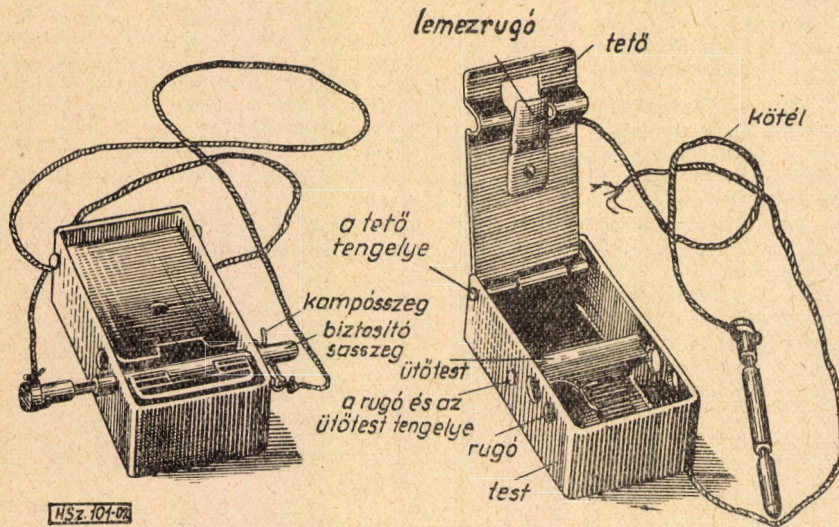
a testről, az összenyomott elsütőrugó működése következtében ez felnyílik, az ütőtest elfordul saját tengelye körül és hirtelen ráüt a gyújtótest csappantyújára.

Ha az M5 esapódó gyújtót hatástalanítani akarjuk, akkor először óvatosan, a gyújtó tetejéről nem levéve a súlyt, a megfelelő nyílásba kell a biztosító csapszeget helyezni. Ezután már le lehet a gyújtóról a terhet venni, majd a gyújtót az aknából kivéve, óvatosan kicsavarni a gyújtótestet.

M1 húzóerőre működő gyújtó (3. ábra). A kihúzógyűrűhöz kötött vezeték megfeszítésekor kezd működni. Nemesak csapdaként alkalmazott aknáknak, hanem harcokosiaknak felépítéséhez is használják, felszedhetetlen helyzetben. A gyújtó hossza 113 mm, a gyújtótest átmérője 12,5 mm. Az átmenő nyílás az alsó biztosító csapszeg elhelyezésére szolgál. A gyújtótest alján csavarment biztosítja a felerősítést, a felső végében lévő furatban a biztosítást csapszeggel érik el. A gyújtótest belsejében egy kúpos gyűrű van. Az ütőtest felhúzott helyzetben a felszabadító szegre támaszkodik. Ennek alsó vége ékszerű és keresztirányban szétfeszíti az ütőtest bemetszett részét, s így megszorul a kúpos gyűrűben. Az elsütő rugó ebben az esetben félig feszített helyzetben van.

A gyújtó akkor jön működésbe, amikor a húzógyűrűhöz kötött zsinór útján (2–3 kg húzóerő hatására) a felső biztosító csapszeg eltávolodik. A felszabadító szeg a felengedő rugó hatására felfelé mozdul el és ezáltal megszűnik az ütőszeg felső végével való kapcsolódás. Ekkor az ütőszeg fejrésze összenyomódik és az elsütő rugó hatására átesúszik a kúpos gyűrű nyílásán. Az ütőtest ütőszegével átütí a csappantyút, majd a töltet felrobban.

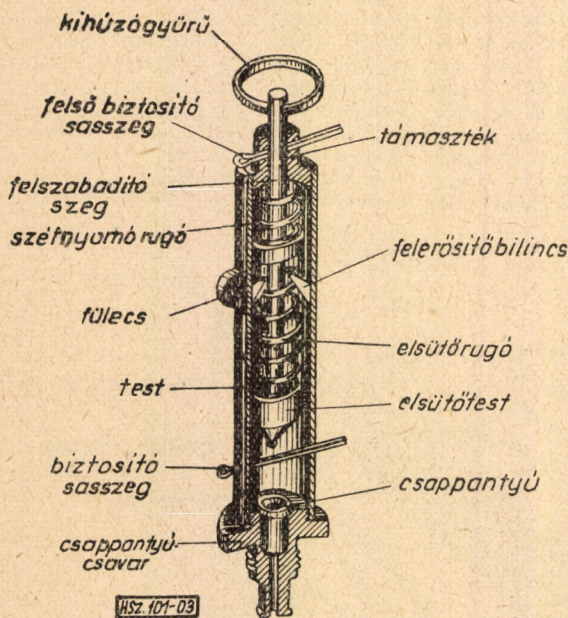
A gyújtó hatástalanítása alkalmával először óvatosan le kell venni a gyújtóról



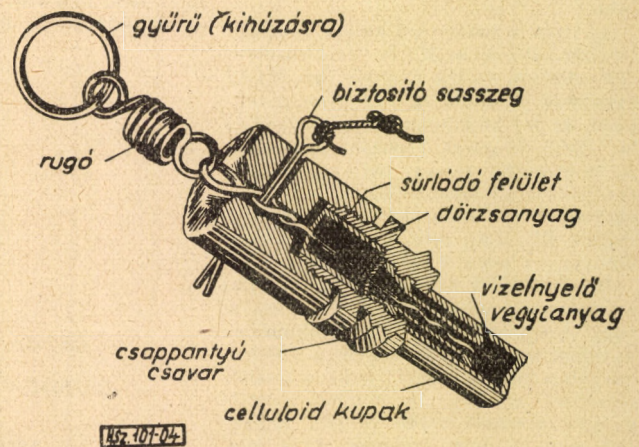
2. ábra. Az M5 esapódó gyújtó

meg kell győződni arról, hogy a húzó-zsinór nincs-e összekötve valamilyen rejtett szerkezettel, majd át kell vágni a vezetékét. Csak ezután lehet a gyújtót

a szabványos gyújtótest behelyezésére. A doboz oldalfalain négy pár kör alakú nyílás van; ezeken át lehet a gyújtó különböző beállításait elvégezni. Az ütőszeg tengelyén van az elsütőrugó, melynek egyik vége a test alján lévő nyílásban helyezkedik el, másik vége pedig az ütőtestet fogja át. Élesített



3. ábra. Az M1 húzóerőre működő gyújtó



4. ábra. Az M2 dörzsgyújtó

az akna csapda fészkeiből kicsavarni. A gyújtó végleges hatástalanítása céljából a gyújtótestet óvatosan kell eltávolítani.

Ha ezen a módon nem lehet a gyújtót hatástalanítani, akkor ún. horgony segít-

helyzetben a rugó erősen összenyomott állapotban van.

A felhúzott ütőtest a gyújtó fedelének támaszkodik, amelyre legalább 1,5–2 kg súly van elhelyezve (puska vagy ahhoz hasonló tárgy). Amikor a súlyt leveszik

az álcázást, és vissza kell helyezni a gyújtó felső és alsó biztosító csapszegeit (csapszeggként megfelelő átmérőjű szegek vagy huzaldarabok is megfelelnek). Ezután a húzósinórt el lehet vágni, ha az nincs másik gyújtóval vagy valamilyen

észrevétlen szerkezettel összekötve. Ennek megtörténte után a gyújtó kivethető az aknából. A gyújtó végleges veszélytelenítése céljából a testből óvatosan ki kell csavarni a gyújtótestet.

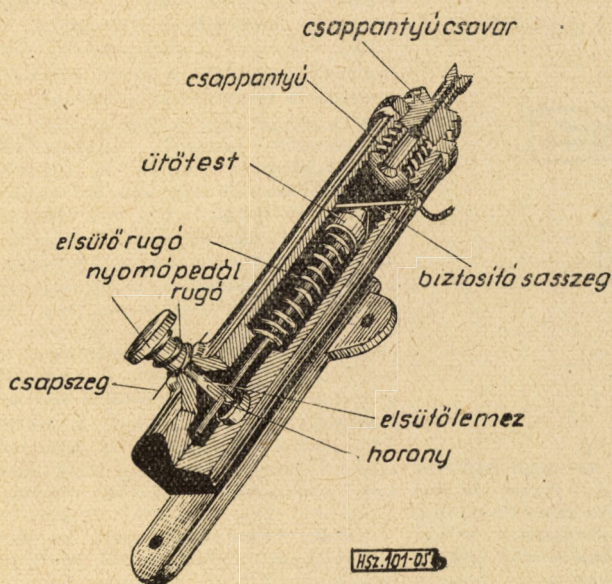
**M2 dörzsgyújtó** (4. ábra). Szintén húzóerő hatására működik: ha a húzó zsinór 1,5–4 kg erővel megfeszül. A gyújtó hossza 45 mm, átmérője 15 mm. A műanyagból készült gyújtón a csapszeg elhelyezésére furat szolgál. A belső súrlódófelülettel érintkező, dörzsanyagot tartalmazó eső csavarmenettel illeszkedik a műanyagtestbe. A gyújtó élesre állításához szabványos csappantyúcsavart illesztenek be. Szállításakor és tároláskor a celluloid védőkupak akadályozza meg a dörzsanyag átnedvesedését.

horony kapcsolódik az elsütőlemezzel. Az elsütőszervezet alkatelmei: a nyomópedál, a rugó, a szabályozható ék, és az ívelt nyílással ellátott elsütőlemez. Élesített helyzetben az elsütőlemez akadályozza meg az ütőttest előrefutását. A nyomópedált felső helyzetében spirálrugó tartja. A gyújtó akkor jön működésbe, ha legalább 9 kg erőnek megfelelő súly nehezedik a nyomópedálra. Ekkor az elsütőlemez lesüllyed és felszabadítja az ütőttest rúdját. Az ütőttest az elsütőrugó hatására ráüt a gyújtóttest gyuta-csára és a robbanás bekövetkezik.

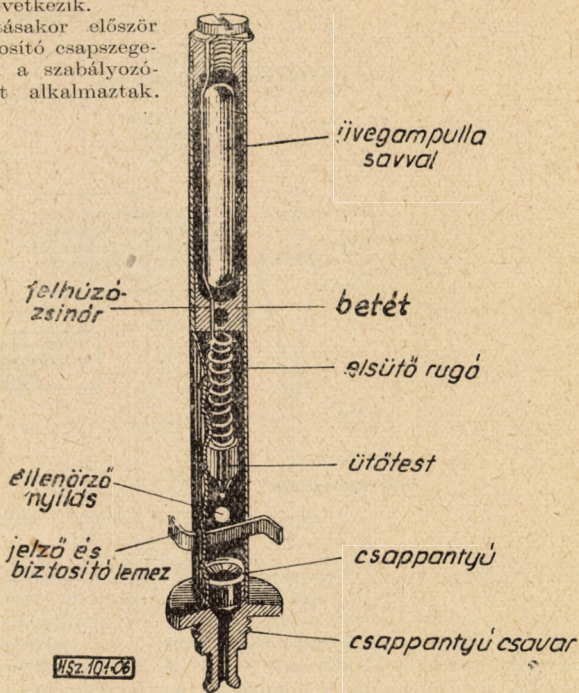
Az akna hatástalanításakor először vissza kell állítani a biztosító csapszegeket, majd felszabadítani a szabályozószárat, ha esetleg ilyet alkalmaztak.

sét, hogy a vékonyfalú rézeső össze-nyomódásakor az üvegampulla széttörik. Az ampullából kifolyó maró folyadék kémiai reakcióba lép a fémhuzallal, mely az ütőttest élesített helyzetben tartja. Az időzítés időtartama a maró folyadék sűrűségétől és a hőmérséklettől függ. A vegyi reakció hatására a vezeték elvékonyodik, majd elszakad. A felszabadult ütőttest ráüt a csappantyúra és ezáltal következik be a töltet robbanása.

Az ilyen gyújtókat 10 darabból álló



5. ábra. Az M1A1 nyomóhatásra működő gyújtó



6. ábra. Az M1 időzített vegyigyújtó

Telepítés előtt csavarják a gyújtót a töltet robbanótestébe.

A gyújtó oly módon jön működésbe, hogy a húzógyűrűhöz kötött zsinór megfeszülése alkalmával a súrlódófelület végighúzódik a dörzsanyagon. Ez a súrlódástól lángrobbanásban, ennek következménye a töltet felrobbanása. Az aknát a biztosító csapszeg visszaállításával, a húzó zsinór elvágásával és a gyújtó kicsavarása révén hatástalanítják.

**M1A1 nyomóhatásra működő gyújtó** (5. ábra). Ez a gyújtó nemcsak csapdaként elhelyezett önműködő aknák készítésére, hanem vonatok felrobbantására használt romboló akna gyújtójaként is alkalmazható. Szükség esetén műanyag helyett ékeket lehet a nyomópedálba csavarni, melynek felső vége a gyújtó beállításakor a sín vagy a talpa alatt fekszik fel. A szerkezet súlya a gyújtóttest nélkül mintegy 80 g, a test hossza 90 mm. A gyújtó főrészei: a fémtest, a elsütőrugó, a nyomószervezet és a gyújtócszeg. A test három füleesével a gyújtót az alkalmazási helyre lehet erősíteni. Az ütőszervezet az elsütő rugóból és az ütőttestből áll. Az ütőttest rúdján gyűrűs

Ezután a gyújtót kicsavarják az aknából.

**M1 időzített vegyigyújtó** (6. ábra). A gyújtó vékonyfalú sárgarézeső, melyen köralakú kémlelőnyílás van a szerkezet helyes állításának ellenőrzésére. Ezenkívül két keskeny nyílás szolgál a kétszer derékszögben meghajlított jelző és biztosítólemez elhelyezésére. Az ábrán feltüntetett biztosítólemez egyszersmind ismertető is, mert színezéséről megállapítható az időzítés ideje. A sárgarézeső alsó részén levő menetbe csavarható be a szabványos csappantyú. A gyújtó ütőszervezete az ütőttestből és az elsütő rugóból áll. Az elsütő rugó egyik végével az ütőttest peremén, másikkal pedig a közbenső hüvelybetétben fekszik fel. A rézeső belsejében van a sósavat vagy rézkloridot tartalmazó üvegampulla és egy fémhuzalból álló felhúzó vezeték, amely az ütőttestet élesített helyzetben tartja. A fémhuzal egyik végét a gyújtó felső részén levő biztosítócsavar szorítja le. A gyújtó hossza 155 mm, átmérője 13 mm. Kívülről rendszerint nem festik be.

A szerkezet oly módon kezdi működé-

különböző vastagságú fémhuzaldarabokkal egészítik ki, a késleltetés határidejét jelző festett biztosító ismertető lemezzel együtt. Az időzítés időtartamát a gyújtóra festett színes csíkkal is jelezhetik, így pl. a környező hőmérséklettől függően a feketére festett gyújtó működésének időzítése 5–60 perc, a pirossal jelzetté 4–30 perc, a fehérrel és zölddel jelzettéké 0,5–7,5, valamint 0,25–18 óra közé eshet; a sárga és a világoskékkel jelöltek 1–16,5 óráig és 1,5 órától 8 napig is időzítve lehetnek. Az ampullában levő folyadék –15 °C hőmérsékleten megsűrűsödik, ekkor a gyújtó nem üzemképes. Az M1 időzített vegyigyújtók hatástalanítása nem javasolható. A velük felszerelt aknákat a telepítés helyén vagy a tereptárgytól való előzetes eltávolítás után veszélytelen helyen, a már említett horgony segítségével kell felrobbantani.

(M. Ragozin ezds cikkének kivonatos fordítása a Vojenno-Inzenyerij Zsurnal 1955. júliusi számából.)

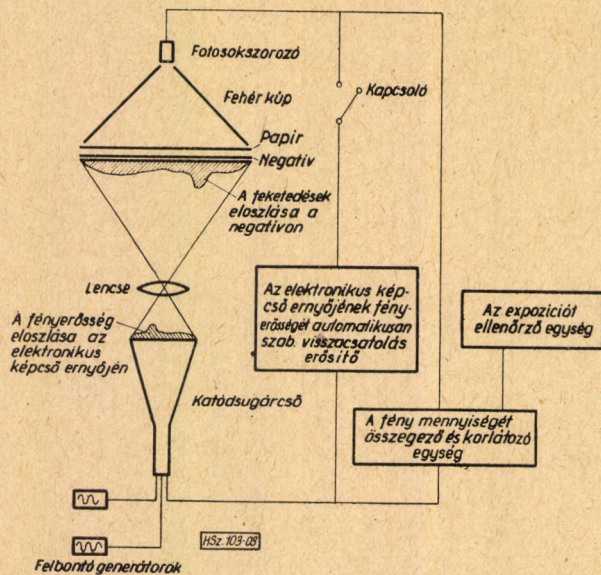
## Az elektronika és a kibernetika alkalmazása a légifényképezésben

Az elektronika és a kibernetika alkalmazását a légifényképezésben azért tartjuk különösen érdekesnek, mert a gyakorlati megvalósítás terén már megtörténtek az első lépések és a további fejlődés távlatainak vizsgálata elősegíti az

első ilyen amerikai berendezéseket a gyártó cég után *logetron* néven hozták forgalomba. Az irodalomban részletes ismertetés jelent meg [1] e készülékről. Később az angol és kanadai műszaki sajtóban hasonló tárgyú cikkeket tettek

negatív feketedési skálájának szélső tartományait, így pl. a maximális sötétségű foltok egyes részei egészen feketék, a maximális világosságú foltok viszont teljesen fehérek maradnak. E jelenség kiküszöbölése céljából a fénysugár részleges takarása által vagy több fényforrás alkalmazásával a negatív egyes helyeinek másolásakor beállítják a megfelelő expozíciós időt. Más eljárás szerint ún. „maszk” segítségével [3] másolják a negatívot. Ezek a módszerek munkaigényesek, tapasztalt munkaerőt igényelnek és ezenkívül nem adnak kifogástalan másolatot. Az ismert automatizált differenciáló expozíciós eljárások nem eléggé finomak, bonyolultak, hátrányuk továbbá, hogy az expozícióra kerülő felület legkisebb nagyságát a külön fényforrás optikája és geometriája korlátozza.

A *logetron* elve a fényképezés legkülönbözőbb területein alkalmazható, vizsgálatainkat azonban a közvetlen (kontakt) másolás területére korlátozzuk. Az 1. ábrán látjuk a *logetron* működési vázlatát. A katódsugárcső ernyőjéről a fényfoltot egyszerű lencse segítségével a negatívon keresztül a fényérzékeny másolópapírra vetítik; ezen a fény részben elnyelődik, részben áthalad és eközben szétszóródik. A szórt fényt ún. fehér kúpba gyűjtik össze, s ennek tengelyében helyezik el a fotokatódos sokszorozót. A negatív felületét a mintegy 12,5 mm átmérőjű fényfolt másodpercenként 240-szer tapogatja le. Avégből, hogy a másolaton a fényfolt által megvilágított képelem-sorok nyomai ne váljanak láthatókká, ezért e sorok 90%-ban át vannak fedve. Amikor a katódsugár  $7,5 \times 7,5$  cm felületet tapogat



1. ábra. A *logetron* működési vázlat.

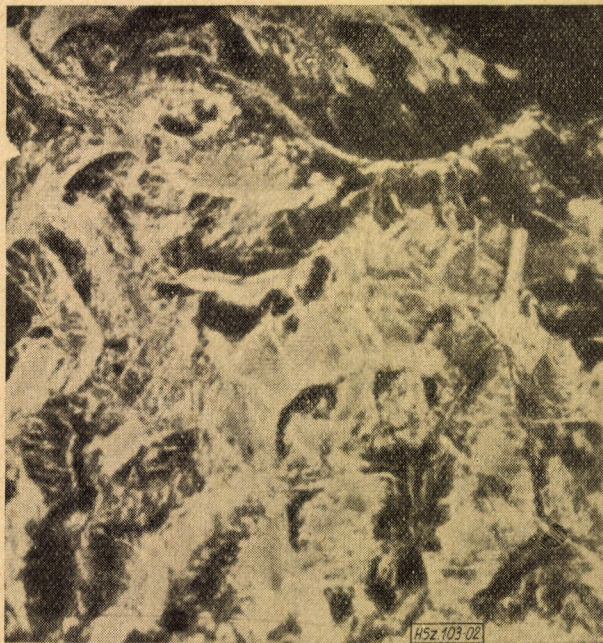
elektronikának a szovjet technika legkülönbözőbb területein való mind általánosabb felhasználását. A légifényképezésben teljesen automatizált elektronikus másolóeszközök kialakítását tette lehetővé az elektronika alkalmazása. Az

közzé, többek között az angol hadsereg számára gyártott *T-231* típusú elektronikus másolóberendezést ismertették [2].

A légifelvételek másolásakor fellépő legnagyobb nehézség onnan ered, hogy a fényérzékeny papír nem adja vissza a



2. ábra. Jéggel borított terepről készült légifelvétel közönséges másolata. A kép elemei elmosódottak.



3. ábra. Ugyanarról a negatívról, ugyanarra a papírra *logetron*nal készült másolat. A kép elemei élesen kirajzolódnak

le, akkor a lencsével történő nagyítás a negatívon  $27 \times 27$  cm megvilágított felületet ad. Egy meghatározott fényérzékeny papírra vonatkoztatott megvilágítási idő tartama állandó, viszont a katódsugár intenzitása, következésképpen a negatív megvilágításának erőssége a negatív helyi feketedésének mértékétől függően visszacsatolás segítségével változik. A visszacsatolás időállandója a fényfolt sebességéhez képest kielégítő mértékben kicsi.

A fotosokszorozó lényegében mint feketedésmérő működik. Kimenőfeszültségét állandó értékű referenciafeszültséggel hasonlítják össze. A felerősített feszültségkülönbség negatív visszacsatolás segítségével szabályozza a katódsugárcsőben a fényfolt fényerejét. Amikor a fényfolt a negatív fekete felületein halad át, akkor a fényelem árama csökken, a felerősített feszültség kisebb lesz. A visszacsatolás hatására a fényfolt fényereje megnő és ezen a helyen az egyenértékű megvilágítási idő meghosszabbodik. Ha a fényfolt a negatív világos helyére kerül, fényerőssége csökken. Végeredményben tehát a katódsugárcső képernyőjén a másolandó negatív elmosódott pozitív képét állítjuk elő és ezt vetítjük rá a negatívra.

Megfelelő erősítést és 100%-os visszacsatolást véve, a fényérzékeny papírra vetődő fényfolt átlagos fényerőssége állandó marad nemcsak a szóban forgó negatív esetében, hanem a légifelvételekhez felhasznált filmtekerés valamennyi negatív kokójánál is.

Ha a letapogató folt végtelen kicsiny, akkor a másolat egyeneses szürke felületű lesz. Ez a körülmény nem kívánatos, de gyakorlatilag meg sem valósítható. Véges méretű folttal olyan eredményre jutunk, amely a „nem éles maszk” hatásához hasonló. Ez utóbbi módszer független változónak — vagyis a maszk életlenségének és sűrűségének — a logetronban a letapogató fényfolt mérete és a visszacsatolás százaléka felel meg.

Nyilvánvaló, hogy a letapogató fényfolt méreteit annak a felületnek nagysága határozza meg, amelynél még szükséges a megvilágítási idő beállítása. A  $24 \times 24$  cm méretű felvétel 90%-os átfedésével és 12,5 mm átmérőjű fényfolttal végzett letapogató egyenértékű a kép ezer eleme expozíciójának külön-külön történő beállításával. Ez légifelvételek számára teljesen kielégítő.

A logetron tehát kiegyenlíti a negatív különböző részeinek másolásakor szükséges megvilágítás időkülönbségét: a negatív árnyalatainak szélső értékeit a papír feketedési jelleggörbéjének átlagos szintjére hozza. Ezáltal a negatív összes képelemei helyesen másolódnak át. Lehetőség nyílik arra is, hogy a másolás kontrasztosabb papírra történjék. A logetron megoldja a mozaikszerű képek másolásának problémáját, és alkalmas nyújt a negatív képelemeinek a lehető legnagyobb számban való lemásolására.

A logetron szerepét jól mutatja az olyan hegyes vidékről készült légifelvétel, amelyen hótól eredő világos foltok és szakadékokban levő sötét árnyékok vannak (2. és 3. ábra).

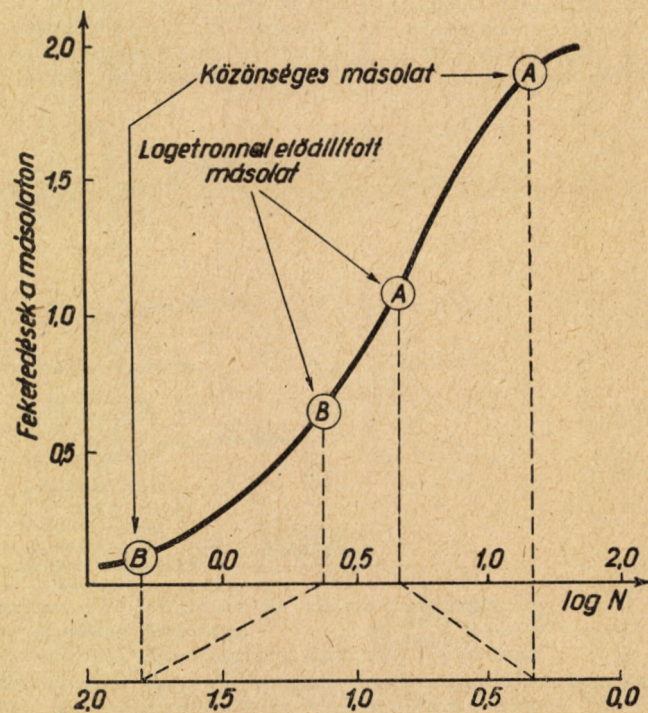
Logetronnal történő másolás alkalmával a kép élessége valamelyest növekszik. Ennek az az oka, hogy a másolás irányított sugárnyalábbal történik, ennél fogva a másolás a film alapanyagán keresztül történhet. Ilyenkor a megvilágítási idő némileg meghosszabbodik. A megvilágítási idő számottevően csökkenthető, ha nagy katódsugárcsővet alkalmaznak és a negatívot, úgyszintén a fényérzékeny papírt közvetlenül a fluoresszkáló ernyőre helyezik.

A fotosokszorozó a negatívon áthaladó fényt felfogja és annak mennyiségét igyekszik állandóvá tenni, azaz a logetron önműködően kiegyenlíti a fény mennyiségi változását, függetlenül attól, hogy e változás a lefényképezett objektum különböző fényerősségéből, a filmkocka egyenlőtlen megvilágításából, a nagyítás változásából stb. származik-e.

A visszacsatolásnak van egy második esatornája is. Ez a fényérzékeny papírra ható teljes fény mennyiségét integrálja,

itt a pozitív réteg jelleggörbéjét tüntetjük fel. A  $\log N$  tengely alatt a negatív optikai sűrűség skáláját látjuk. Ha a negatív feketedésének szélső értékeit 0,3 és 0,8-ben szabjuk meg, akkor ezek határozzák meg a fényérzékeny papír túlexponálási és aláexponálási idejét. A görbe első szakaszába eső negatív képfelületek másolásakor a pozitívon túlságosan sötétek, a második szakaszba eső képfelületek pedig a kellenél világosabbak lesznek; e két szakaszba eső tónuskülönbség tehát nem fog kidomborodni. Mivel azonban a logetron az egyenértékű megvilágítási időt a negatív világos helyeinek másolásakor csökkenti, a sötét foltoknál pedig megnöveli, azért a feketedések úgy hatnak, mintha a 0,8—1,1 értékek közé estek volna. Ennek megfelelően a negatív említett részeinek másolása a pozitív réteg jelleggörbéjének egyenes szakasza mentén megy végbe.

Első pillantásra az eljárás azzal egyen-



4. ábra. A pozitív réteg jelleggörbéje és a negatív feketedése közönséges, valamint logetronnal előállított másolat esetében

és abban a pillanatban, amikor a fényerősség az adott értéket eléri, kikapcsolja a fényforrást. Jóllehet a negatív egyes felületeinek egyenértékű exponálási ideje változó, a másolat megvilágítási ideje mégis állandó, mivel a pozitív rétegre kerülő fényintenzitást a berendezés az idő függvényében integrálja.

Valószínűleg a logetronban megvalósított elv a kontakt másolást illetően az egyetlen alkalmazható módszer a megvilágítási idő önműködő ellenőrzésére a negatív és pozitív anyag megszakítás nélküli mozgatása alkalmával

A másolás folyamata a logetron alkalmazásakor a 4. ábra szerint módosul;

értékűnek tűnik, mintha kevésbé kontrasztos pozitív anyagot használtunk volna. Egyes vélemények szerint ez valójában nem így van, mert — bár a pozitív kép általános kontrasztossága csökken — az egyes alkotóelemek tónuskülönbsége nemcsak hogy nem lesz kisebb, hanem némileg növekszik is, mert a másolás irányított fény sugárnyalábbal megy végbe.

A logetronnak a fényképezési folyamatra kifejttet hatása a legjobban az ún. „árnyalatkompressziós tényező”-vel értékelhető. Ez a tényező a negatív tényleges és látszólagos feketedési különbségeinek arányát fejezi ki. A jelenleg mű-

kődő logetronok a tényleges 1,5 arányú feketedések közötti különbséget a lát-szólagos 0,3-as értékre csökkentik, más szóval a kompressziós tényező 5.

Az elmondottakon kívül a logetron érdekes módon használható fel az elmosódott tárgyakról reprodukció készítésére, nemkülönben a mikrofényképezésnél elsődleges fényforrásként. Ha a katódsugár-csövet letapogató típusú röntgensóvel helyettesítik, akkor a logetron elve a röntgenográfiára is kiterjeszhető. Ez esetben a röntgensugarak nagy adagjai csak a tárgy nagy elnyelésű és nagy visszaverésű részeire hatnak.

A logetronban a tónus szabályozható színes televíziós képeső és különleges fényérzékeny papír alkalmazásával. Az utóbbinak a színek különböző tartományaiiban különböző kontrasztossági együtthatói vannak.

Az első logetronkészülék mérete:  $45 \times 100 \times 180$  cm; súlya kb. 80 kg; elektromos teljesítménye 200 W alatt;  $25 \times 25$  cm képmézőjű, legfeljebb 6 mm vastag papírhoz vagy üveghez használható. A vezérlőasztalon található a főkapcsoló, a visszacsatolás-átkapcsoló, átkapcsoló a papírtípushoz, és a fotoszkorozó fénymérője.

Ha az ismertett másoló-készülékben a fotoszkorozó áramát nem a fényerősség ellenőrzésére, hanem a letapogató folt által átvilágított negatív elemzésére használjuk fel, akkor a fotogrammetrikus automatákhoz szükséges alapperendezéshez jutunk.

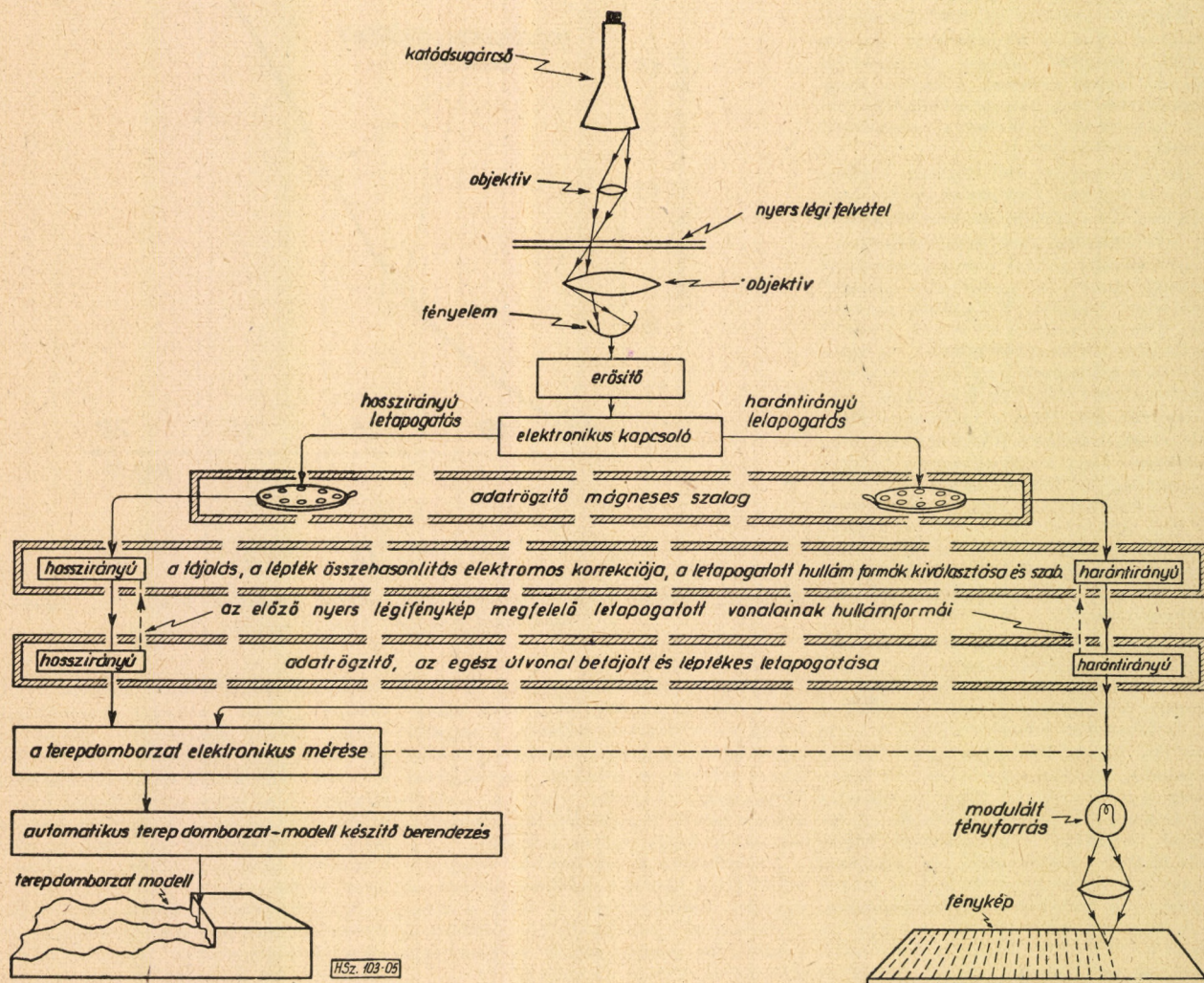
A légifelvelelek negatívjainak fotogrammetrikus kezelése bonyolult műveletek sokasága; ezek közül időrendben a legelső a negatív térhatású képpáron levő különböző pontok viszonylagos elhelyezkedésének mérése. Ezután számításba kell venni a felvétel alkalmával fennálló dőlési szögökből, a repülőgép magasságának és irányának változásaiból, a filmszalag deformálásából stb. adódó helyesbítéseket, továbbá a modell méretarányait és elhelyezkedését a választott koordináta-rendszerben.

E műveletek automatizálásához igen bonyolult berendezésekre van szükség. A megvalósítás szoros kapcsolatban van a kibernetika, különösen az információ-elmélet fejlődésével. Ezt tárgyalja egy amerikai szerző, Rosenberg [4], aki foglalkozott az Egyesült Államok hadserege ilyen irányú fejlesztési munkáival.

Rosenberg tanulmánya az információ-elmélet alapelveinek népszerű ismerteté-

sén kívül nem tartalmaz adatokat a fotogrammetrikus automatákról. Csak egy képet közöl (5. ábra), amelyen látható, hogy milyen műveleteket végeznek a letapogató hullámformákkal. (Rosenberg ezen a fotoszkorozóban fellépő, nem periódikus áramingadozásokat érti.)

Elvileg egyfajta letapogató elegendő volna — hosszanti vagy keresztirányú. A kétfajta letapogató alkalmazása — úgy látszik — megkönnyíti a légifelvétel helyesbítésének bonyolult feladatát. A készülék első eleme a hullámforma-analizátor. E művelet technikáját nem ismertetik. A kibernetika egyik alapítójának, Wienernek véleménye szerint ez nem más, mint a hírstruktúra izomorfizmusának analitikus tanulmányozása. Jelen esetben izomorfizmuson a hullámformák maximális hasonlóságát értik. (A matematikában ez a kifejezés sokkal tágabb értelmezésű.) A „hír” a légifelvelelek térhatású negatívparjainak letapogatója során kapott két elektromos hullámot jelenti. A gyors működésű elektronikus berendezés feladata nemcsak a hasonló hullámformák, azaz a negatívok azonos pontjainak megkeresése, hanem azok helyes betájolása (ha pl. a repülőgép az egyik felvétel készí-



5. ábra. A terepdomborzati modell és a fényképfelvétel automatikus kidolgozása

tésekor eltért az iránytól), helyesbítése (ha a fényképezőgép tengelye felvételkor eltért a függőlegestől) és helyes méretarányra való hozatala is. Ennek megfelelően módosítani kell a mágneses szalag, illetve a letapogató fénysugár sebességét. E műveletek elvégzése után kerül sor a hasonló hullámformáknak, s ezek mérésére szolgáló egységén való keresztülhaladás időbeli különbségének megállapítására. Így határozzák meg az adott pont parallaxisát. Az elektronikus számológép — amely tartalmazza a tájolás szükségességét — a parallaxisból állapítja meg a légifelvétel adott pontjának a vonatkozási síktól mért magasságát. Az 5. ábra szerint ezek az eredmények felhasználhatók a terepdomborzat modelljének kivágására, a terepdomborzat megfelelőbb szemléltetésére.

Könnyű elképzelni, hogy az a hullámrendszer, amelyre a letapogatás során a negatívra megfelelő jel rá volt ültetve, a fényforrás modulálásával ismét fényképezési kép előállítására alkalmas. Miután a készülék a megfelelő helyesbítéseket elvégezte, az összes negatívokat könnyűszerrel egy egésszé tudja egyesíteni; ez lesz azután a terep kész fényképfelvétele.

Rosenberg rámutat a légifelvételek negatívjainak letapogatásával kapcsolatos nehézségekre és foglalkozik a „nem fotografikus” fotogrammetria leírásával. Ez a rendszer kidolgozás alatt áll, de még nem valósították meg a gyakorlatban. Itt a fényképezőgép helyett a repülőgépre vevőkészüléket szerelnek, és rádióadón keresztül ez továbbítja a támaszpontokra a jeleket. A támaszpontokon a fent ismertetett hasonló automata berendezés a rádiójeleket fényképpé alakítja át.

Ezzel kapcsolatban Rosenberg három módszert ismertet.

A *televíziós eljárásnál* a fényképezőgépet televíziós képfelvévő helyettesíti; itt megvan a fényképezőgépnek az objektív tulajdonságaiból adódó valamennyi hibája.

Az *egyirányú televíziós módszerben* a föld felületének képét a repülőgép repülési sebességéhez viszonyítva előre és hátra irányított két televíziós képfelvévő veszi fel. Ez esetben mind a két képfelvévő csak a repülés irányára merőlegesen tapogat le. Ez valamelyest előnyösebb, mint az előbb említett eljárás: jobb a felbontóképesség, nagyobb területet vesz fel, könnyebb a térhatás ki-domborítása, csökken a szükséges frekvenciásáv.

A *fényfolttal való letapogatás mód-szere* még előnyösebb. A föld felületén levő kis folt fényt forgó tükör és a teleobjektív fogja fel és továbbítja a fotoszorosozóhoz. A tükör forgása következtében a föld felületét a berendezés látóhatártól látóhatárig letapogatja. A repülőgépre három vevőkészülék szerelhető; ezek közül kettő (az előző eljáráshoz hasonló módon) a repülőgép előtt és mögött a repülés irányára merőleges vonalakat tapogatja le, a harmadik pedig

a repülési irányba eső vonalakat. E módszernek lényeges előnyei vannak az előző két eljárásához képest. A fotoszorosozók alkalmazása következtében a vevőkészülék érzékenysége nagyobb, mint a közönséges légi fényképezőgépe. Ennek megfelelően a letapogató foltok méretei csökkenthetők, és a felbontóképesség egyenlő, sőt nagyobb lehet, mint közönséges légifényképezés alkalmával.

E módszerknél az áram ingadozását a vevőberendezésből rádióadó útján földi állomásnak továbbítják, ahol azt mágneses szalagra rögzítik. A mágneses szalagot a terepdomborzat és a fényképterv automatikus elkészítésére használják fel.

Az elektronikus módszer és az ezzel kapcsolatos berendezés igen bonyolult. Amikor a feladatokat elektronikus fotogrammetriával oldják meg, akkor nehéz műszaki problémák merülnek fel. Ennek ellenére Rosenberg úgy véli, hogy rövid időn belül megoldják a teljesen automatizált elektronikus fotogrammetria problémáját. Az első feladat a terepdomborzat önműködő elektronikus mérésének kidolgozása.

Az említett tanulmány foglalkozik a légifénykép automatikus kiértékelésének elvével. Erre a célra a letapogató foltok csavargörbe alakjában megismétlődő gyors mozgását használják fel. A csavargörbe középpontja a letapogató felületen lassan mozog. A letapogató sugár jeleinek megismétlődése a spirális alakban letapogatott tárgy geometriai alakjától függ, ezáltal elvileg lehetőség nyílik az egyszerű mértani formák automatikus felismerésére. Egyébként Rosenbergnak az a véleménye, hogy az elvi lehetőségtől még nagy út vezet a légifényképet önműködő módon kiértékelő készülék gyakorlati megvalósításáig.

Egy másik szerző, *Orelkin* [5] részletesen foglalkozik a fotogrammetrikus készülékek szerkezeti kivitelezésének, a parallaxis meghatározásának kérdésével. A szerző a negatív letapogatásának — a képfelbontásnak — különböző módszereit vizsgálja. Legtöbb figyelmet a képfelbontás elektromechanikus módszereire fordítja. Ilyenkor a fénysugár vagy a fényelem mechanikus berendezés segítségével mozog. Orelkin a parallaxis értékeinek meghatározására a fázismérők alkalmazását javasolja. A fázismérők egy adott frekvencia ingadozásának fáziseltolódása mérésére szolgálnak. A szerző rámutat arra, hogyha két fázis-ingadozás közötti különbség mérése alkalmával a frekvencia egyenletesen változik, akkor a fáziskülönbség elég nagy frekvenciasávon belül állandó. A negatívok letapogatásakor keletkező bonyolult ingadozások úgy tekinthetők, mint egyszerű elemi ingadozások, amelyek frekvenciája állandóan változik.

Ennek alapján végrehajtható a képfelbontás két bonyolult áramingadozás fáziskülönbségének vagy fáziseltolódásának mérésével. Fázismérők alkalmazása esetén feltétlenül szükséges, hogy az ingadozások amplitúdója egyenlő nagy

legyen. Az amplitúdók változásakor nem lehet a fáziseltolódást pontosan mérni.

Mivel a térhatású képpáron a tárgy képe a negatívok különböző pontjain látható, ezért az objektív által okozott egyenlőtlen intenzitását megvilágítja a kép feketedése különböző. Ilyenformán a képfelbontás e pontjainak megfelelő hullámok amplitúdója is különböző lesz. Úgy látszik tehát, mintha a fázismérők ebben az esetben nem volnának alkalmazhatók. Orelkin rámutat azonban arra, hogy a fázismérők kimenő feszültségének polaritása a fázisnak a zérus értékhez viszonyított eltolódási irányától függ, s ezért úgy véli, hogy ennek alapján lehetséges a sztereoszkópikus felvételek automatikus képfelbontása.

*Bordjukov* [6] a kérdést az ismertetett elvek továbbfejlesztésének tekinti. A fotogrammetriában jelenleg használnak optikai transzformátorokat, amelyek lehetőségeit geometriai optikával határozzák meg. A cikk szerzője felhívja a figyelmet arra, hogy a képek az ikonozkópráról a kineszkópra való továbbítása során a kép különböző módon transzformálható. Ez azért van így, mert a képek a transzformálás alatti átalakulását és a sugárnak a katód sugárcsőben való eltérését ugyanazok a matematikai függvények határozzák meg.

Megállapították, hogy lehetséges a katód sugárcső eltérítő rendszerének olyan átalakítása, amellyel különféle kartográfiai vetületek állíthatók elő: derékszögű hengeres, trapézformájú, pszeudocilindrikus, polikonikus, hordóformájú és pánaalakú vetületek.

Ilyen módon tehát az elektronikus transzformátor elvileg megoldja az egyenesnek egyenessé való átalakításán kívül az egyenesnek görbévé való átalakítását is, más szóval mindazokat a kérdéseket, amelyek megoldása valamely kartográfiai vetületnek másik vetületté való átalakításához szükséges.

Az ismertetett tanulmányok rávilágítanak arra, hogy milyen nagy lehetőségek vannak a légifényképezés alapvető folyamatainak elektronikus módszerrel történő megoldására.

## Irodalom

- [1] Craig, Photogram. Engng. **21**, 556 (1955).
- [2] Photogram. Engng. **22**, 952 (1956).
- [3] Eden, Photogram. Record, **1**, 5 (1955).
- [4] Rosenberg, Photogram. Engng. **21**, 543 (1955).
- [5] Orelkin, Geodezija i Kartografija, **47**—5 (1956).
- [6] Bordjukov, Vesztnik Vojenno-inzs. Akad. Kujbiseva, 5.

(K. Sz. Ljalkov cikkének kivonatos fordítása a *Zsurn. Naucsnoj i Prikladnoj Fotografii i Kinematografii* 1957. augusztusi számából.)

Csudakov:

**Gépipari Enciklopédia 10. kötet**

(Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1957. 404 old.)

Bármely műszaki könyvben — ha az egyetlen szerző alkotása — mindig felismerhető bizonyos alapszemlélet. A Gépipari Enciklopédia 10. kötete 23 szerző munkája. A szerzők foglalkozási köre az elméleti kutatástól a gyakorlati tervezésig terjed, de a könyv szerkesztőinek sikerült a műben egységes szemléletet érvényre juttatni.

A könyv a magyar nyelvű irodalomban nagy hézagot pótol. Részletesen ismerteti a belsőégésű motorokban, Diesel-motorokban, gázmotorokban és gázturbinákban végbemenő folyamatokat, valamint magyarázza az előforduló hibákat és azok kiküszöbölési módját. Tárgyalja a külföldi motor- és alkatrésztípusokat, valamint a belsőégésű motorok szerkesztését és korszerű vizsgálatát.

Az első fejezet a belsőégésű motorok működése közben végbemenő munkafolyamatainak ismertetése után a motorok működésének elméletével, a motorok jellemzőivel és több hőtani számítási példával foglalkozik. A második, harmadik és negyedik fejezet a helyhez kötött, a hajó- és a traktormotorokon kívül a harcokosmotorok szerkezeti kivételét, üzemi és gazdasági jellemzőit tárgyalja és perspektívikusan vizsgálja fejlődésük irányát. E fejezetben a harcokos és a terepjáró gépkocsik tervezői igen hasznos adatokat találhatnak.

A könyv a továbbiakban a belsőégésű motorok keverékképzését vizsgálja, majd a hatodik fejezet a motorok korszerű villamosberendezéseit ismerteti. Hasznos lett volna a magyar kiadásba itt a szovjet gyártmányú gépjárművek villamosberendezésének adatainak kívül az egyes nyugati géptípusok hasonló tartozékainak jellemzőit is felvenni.

A hetedik fejezet a gázturbinákat ismerteti. Ezt a fejezetet néhány termodinamikai körfolyamat és hőtani számítás teszi teljessé.

A kiadó a könyv közrebocsátásával nagymértékben elősegíti technikai színvonalunk emelését. A mű jó szolgálatot tehet néphadseregünk kutatóinak, tervezőinek, üzemeltető mérnök és technikus tisztjeinek napi munkájukban. Kár, hogy a könyv ábráinak egy része kis léptéke miatt nehezen érthető.

SZ. L.

**Bellezay—Windholz—Galántay:  
A vegyi irodalom útmutatója**

(Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1956. 171 old.)

Meleg elismerés és dicséret illeti azokat, akik e kis könyv szükségességét felismerték és szerkesztésére vállalkoztak. A vegyészet rohamosan fejlődik és a kémiai tudomány alig áttekinthető módon szerteágazik. Mindez szükségszerűen azzal jár, hogy a megjelenő folyóiratok, könyvek, enciklopédiák, monográfiák stb. számát tekintve a műszaki irodalomban a vegyészet foglalja el az első helyet. A fejlődés e területen ma már olyan méreteket ölt, hogy az irodalom tanulmányozásában még járatlan vegyészünk számára már a referáló folyóiratok, szemlék, kémiai kompendiumok és enciklopédiák célszerű felhasználása problémát okoz.

Ez a kis munka igen nagy segítséget nyújt e szempontból, sok-sok energiát, sikertelenséget és tévutat takarít meg áttanulmányozásával az a kémikus, akinek nincsen az irodalom tanulmányozásában kellő gyakorlata. De minden gyakorlott vegyész is tanácsot, útbaigazítást találhat egy-egy részletkérdésben, amikor a vegyészeti irodalom útvesztőjében bármilyen problémája akad.

Nem kívánjuk itt tartalomjegyzék módjára felsorolni, mi mindennel foglalkoznak a könyv szerzői. Vegye kezébe csak egyszer minden vegyész, aki a szakirodalmat forgatja és a könyv átnézése után megállapíthatja, hogy ez az a segítőtárs, amelyre igen sokszor lett volna szüksége már az eddigi munkájában is.

Mi, hadikémikusok, hiányoljuk, hogy a robbanóanyagokkal és a vegyi harc kérdéseivel foglalkozó vegyi szakirodalom alig kapott helyet a könyv terjedelmes jegyzékeiben. A robbanóanyag szakkönyvek közül valóban a legfontosabbakat emelték ki a szerzők (talán csak a Stettbacher: Spreng- und Schießstoffe kívánkozna még a sorba), de robbanóanyag folyóiratot már nem említenek meg egyet sem (Z. f. d. gesamte Schiess- und Sprengstoffwesen, Explosivstoffe, Memorial des poudres, hogy csak a legismertebbeket említsük). A vegyi harcanyagok és vegyvédalom kémiai szakirodalma teljesen kimaradt (könyvek: Hanslian: Der chemische Krieg; Noyes: Science in World War II. — Chemistry; Prentiss: Chemicals in War; stb., folyóirat pl.: Armed Forces Chemical J., Draeger-

Hefte). Remélhetőleg a szerzők ezeket a hiányokat a könyv későbbi kiadásában pótolni fogják.

S. Z.

**Nozdroviczky László:  
A televízió**

(Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1957. 158 old. 106 ábra)

Nines könnyű feladata annak a tudomány és a technika újabb eredményeit akarja népszerűen, közérthető módon hallgatói vagy olvasói elé tárni. Különösen nehéz a televíziót jól megmagyarázni, hiszen az út ennek megértéséhez számos elektrotechnikai, elektronikai, optikai és egyéb fogalom ismertetésén át vezet.

Más országokhoz képest a televíziós adások hazánkban hosszú évekkel később indultak meg. Ennek tulajdonítható, hogy az ilyen vonatkozású magyar nyelvű irodalom meglehetősen szegény. Jóformán alig akad olyan könyvünk, melyből e témáról gyors tájékozást lehetne szereznünk. Ez pedig a mérnök számára sem felesleges. Tudvalevő, hogy az egyetlen minderről csak néhány éve tanítanak és a mérnök a televízió gyors elterjedésével egyre gyakrabban juthat abba a helyzetbe, hogy az érdeklődők hozzá fordulnak népszerű felvilágosításért.

A szerző jól birkózott meg a nehéz, de emellett hálás feladattal. Az alapelemekből kiindulva igen érdekesen — és ami a népszerű könyvek legnagyobb erénye — ötletesen ismerteti az olvasóval a korszerű televíziót. Hasznos útbaigazításokat ad a jelenleg forgalomban levő magyar televíziós készülékek használói számára is. A könyvet nagymértékben élénkítik a több színben nyomott ábrák, ezáltal sokkal könnyebben érthető a színes televízió működése.

Az ipari televízióval a könyv csak röviden foglalkozik. Ez az alkalmazási terület szinte napról napra fontosabbá válik s ezért célszerű volna a könyv esetleges későbbi kiadásában részletesebben tárgyalni.

A könyv külalakja a Kossuth Nyomda kitűnő munkáját dicséri. Más műszaki kiadványok is megérdemelnék az ilyen szép nyomdai munkát.

N. I.

**HADITECHNIKAI SZEMLE**

a Magyar Néphadsereg tudományos-technikai folyóirata

Szerkeszti a szerkesztőbizottság

Főszerkesztő: SÁRDY TIBOR mérnök-ezredes

Felelős szerkesztő: NAGY ISTVÁN GYÖRGY okl. gépészmérnök

Kiadja a Zrínyi Honvéd Kiadó

## **Tájékoztató munkatársaink részére**

A „Haditechnikai Szemle” szerkesztési és nyomdai munkájának megkönnyítése céljából szükséges, hogy a szerzők kézírataikat 2 példányban, megfelelően előkészített formában küldjék be a szerkesztőséghez (Budapest 114., postafiók 26).

A kéziratot az MNOSZ 9651—51 szabvány szerint kell előkészíteni. A szövegben szereplő fizikai mennyiségek megnevezésére és jelölésére, az egyenletek írásmódjára, a matematikai jelölésekre a vonatkozó szabványok (MNOSZ 244—55, 4899—55, 4900—55) előírásait kell figyelembe venni.

A közleményekhez tartozó rajzokat a szerkesztőség dolgoztatja ki, a kézírathoz a kidolgozás alapjául szolgáló ceruzarajzot kell mellékelni. Ezt a rajzot legcélszerűbb oly nagyságban tervezni, hogy róla felére kicsinyített klisé legyen készíthető. E cikk ábráinak léptéke a lehetőséghez képest azonos legyen. A fényképeredetik élesek legyenek, fénytelen papírra másolva.

A kézírathoz dokumentációs célokra csatolni kell a munka rövid összefoglalását.

A szerkesztőség a szerzőknek a cikkek kefelevonatait megküldi. Ezeket haladéktalanul ki kell javítani és a szerkesztőséghez visszajuttatni. Mivel a szerkesztőséget ütemterv köti, ezért ha a kefelevonatot a feltüntetett határidőre nem kapná vissza, akkor úgy tekinti, hogy a kefelevonatban javítani való nincsen s a közlemény a kefelevonatnak megfelelően jelenhet meg. A kézírattól eltérő utólagos módosítás (szerzői korrektúra) költségeit a nyomda felszámítja.

A szerkesztőség fenntartja jogát a beküldött közlemények megrövidítésére és stiláris kiigazítására. Ajánlatos, hogy a szerzők kéziratukról maguk részére másolatot készítsenek, mivel a szerkesztőség a beküldött kéziratokat nem adja vissza.

Különlenyomatok csak a szerzők költségére készülnek, ezeket a szerkesztőségtől legkésőbb a korrigált kefelevonat visszaküldésekor kell megrendelni.

Ára: 5,— Ft

## Új műszaki könyvek

MEGJELENTEK:

<b>ten BOSCH:</b> Gépelemek	808 oldal.	Ára kötve	157,— Ft.
<b>DOSSE:</b> A tranzisztor	122 oldal.	Ára kötve	12,50 Ft
<b>KRETMANN:</b> Ipari elektronika	372 oldal.	Ára kötve	49,— Ft
<b>MAGYÁRI:</b> Elektroncsőatlasz I.	512 oldal.	Ára kötve	69,50 Ft
<b>NOZDROVICZKY:</b> A televízió	160 oldal.	Ára fűzve	15,— Ft
<b>PABST:</b> Rádióhibakeresés	176 oldal.	Ára kötve	28,50 Ft
<b>SÁRIK:</b> Gépkocsikarosszériák karbantartása és javítása	244 oldal.	Ára fűzve	23,— Ft
<b>SCHMID:</b> Matematika híradástechnikusoknak	384 oldal.	Ára kötve	66,50 Ft
<b>TARJÁN—LAJTAI:</b> Szerszámgépek hidraulikus vezérlései	360 oldal.	Ára kötve	60,50 Ft
<b>TERNAI:</b> Korszerű gépkocsi szerkezetek	352 oldal.	Ára kötve	40,— Ft
<b>URBÁN:</b> Hangrögzítés	92 oldal.	Ára fűzve	7,— Ft
<b>ZEMANEK:</b> Információelmélet II.	108 oldal.	Ára kötve	12,— Ft

Beszerezhetők az

**ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT KÖNYVESBOLTJAIBAN**  
**ZRINYI KÖNYVESBOLT**

Budapest, VI., Népköztársaság útja 2.