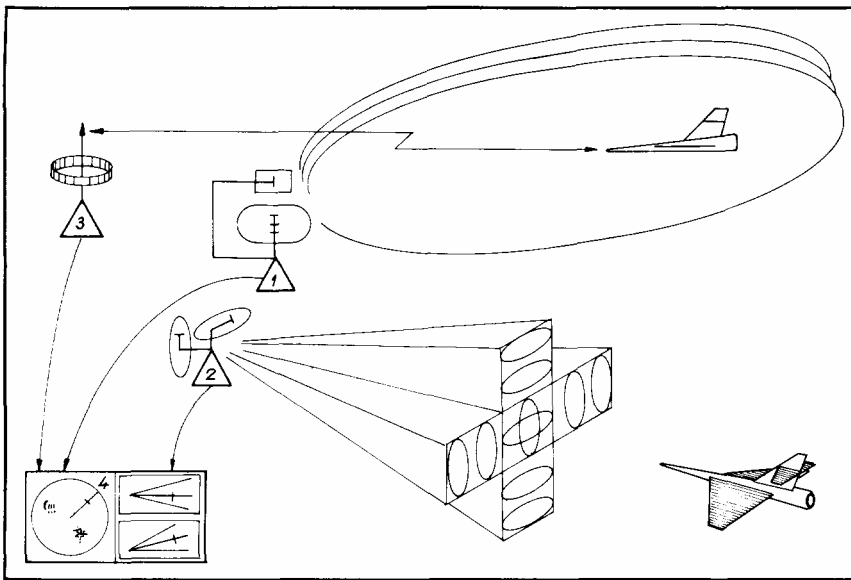
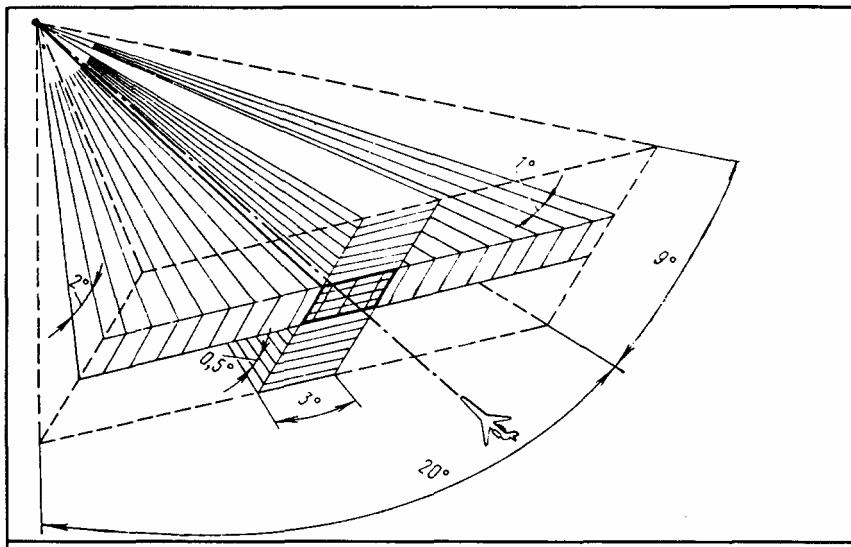


# Közelnavigációs és leszállító rádió navigációs rendszerek

Dr. Seres György mérnök alezredes, a hadtudomány (haditechnika) kandidátusa



1. ábra: Repülőtér körzeti diszpécser rádiólokátor-állomás 1 – körfelderítő primer és szekunder lokátor; 2 – leszállítólokátor; 3 – rádiópelengátor; 4 - indikátor



2. ábra: Leszállítólokátor területapogási diagram/a

A repülés legbonyolultabb szakasza a célrepülőtér megközelítése és a leszállás. Ennek a két repülési fázisnak végrehajtásában segítik a repülőgép személyzetét illetve a repülőtérkörzeti földi irányítószolgálatot a közelnavigációs és a leszállító rádiólokációs rendszerek. Ezek három csoportba sorolhatók:

1. Repülőtér-körzeti diszpécser rádiólokátor-állomások a földi irányítószolgálatok számára.
2. Automatikus közelnavigációs rendszerek a repülőgépek relatív irányzög- és távolság meghatározásához a fedélzeten.
3. A műszeres leszállítás rádiótechnikai rendszerei.

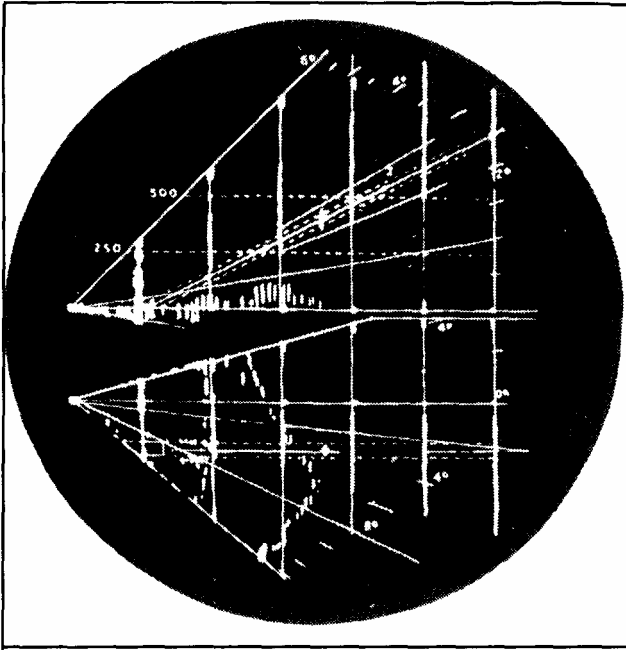
## Diszpécser rádiólokátor-állomások

A korszerű repülőterek földi irányítószolgálati számára olyan rádiólokátor-állomások szolgáltatják a légi helyzetre vonatkozó információkat amelyek a rádiólokációs többféle eljárását alkalmazzák - jelentősen csökkentve ezzel a különböző zavarforrások hatását és növelve az információk megbízhatóságát.

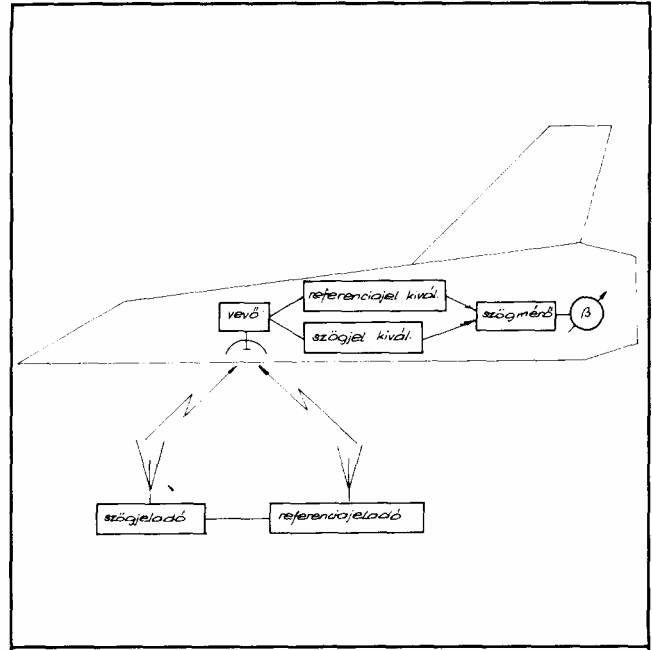
A diszpécser rádiólokátor-állomások olyan rádiólokációs információs rendszert alkotnak, amelyben több információforrás adatai egy helyen állnak rendelkezésre (1. ábra). Alapvető rádiólokációs információ forrásai:

- körfelderítő primer és szekunder, vagy kombinált rádiólokátor a repülőtérkörzeti légtérének ellenőrzésére;
- automatikus rádiópelengátor, a repülőgépek fedélzeti rádióadóinak iránymérésére;
- leszállító rádiólokátor (PAR - Precision Approach Radar) a repülőgépek bevezetésére.

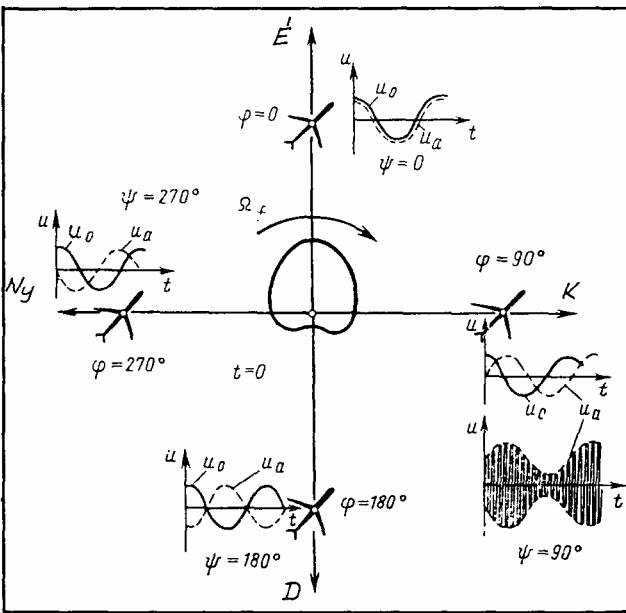
A körfelderítő lokátorok és a pelengátor adatai egy közös indikátoron jeleníthetők meg, megoldva ezzel az egyes repülőgépek egyértelmű egyedi azonosítását és a leszállásirányításnak való megbízható átadását. A repülőgépek bevezetését a leszálláshoz olyan, nagy pontos-



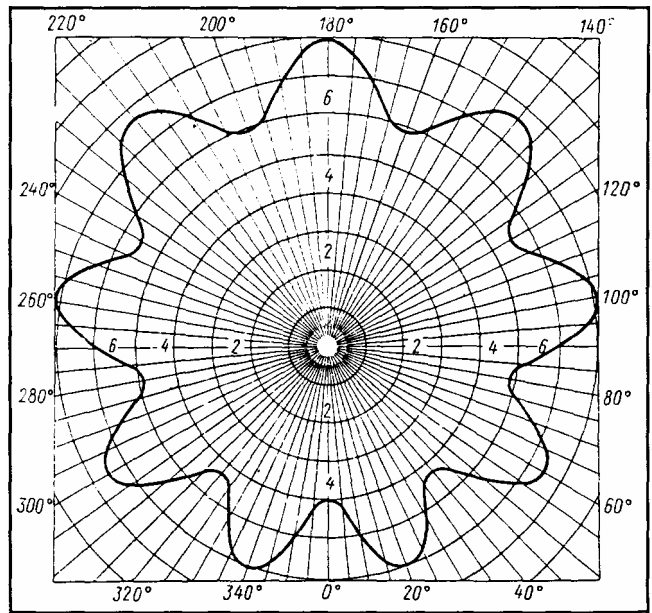
3. ábra: Leszállítólokátor indikátora



4. ábra: Szögmérés működési vázlat a közelnavigációs rendszerben



5. ábra: A VOR-rendszer működési elve



6. ábra: A TACAN-rendszer szögadó antennájának iránykarakterisztikája

ságú rádiólokátor segítségével végzik, amely csak a repülőtér leszálló irányában a siklópálya körüli légtérrel tapogatja le (2. ábra). A leszállítólokátorok indikátoraival, ennek megfelelően a siklópálya síkjában és az erre merőleges, függőleges síkban ábrázolják a légtérrel (3. ábra). A leszállítólokátorokkal szemben igen szigorú követelményeket támasztanak a nemzetközi légi forgalomban [1]. A leszállítólokátor a nemzetközi polgári légi forgalmi szervezet, az ICAO ajánlásai szerint primer, a szovjet szabvány [2] szerint primer/szekunder rádiólokátor. Ez azt jelenti, hogy a 9 GHz-es tartományban működő lokátoradó és -vevő mellett 740

MHz-es vevővel is rendelkeznek, amely 3,0, illetve 5,4  $\mu$ s-os kódtávolságú impulzuspárral való kérdés esetén veszi, és feldolgozza a szovjet szabványnak megfelelő fedélzeti válaszadók 9,0  $\mu$ s-os válasz kódjait is.

#### Közelnavigációs rendszerek

A repülőgép-vezetők pontos tájékozódását a repülőtér körzetében a hagyományos VHF-sávú körsugárzó (NDB - Non-directional Beacon) irányadók nem tudják megoldani, ezért a repülőgépek relatív szöghelyzetének és -távolságának meg-

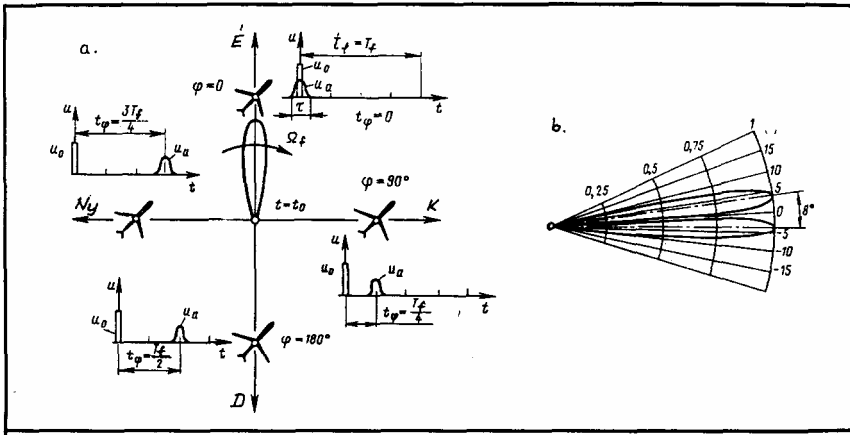
határozására többféle automatikus közelnavigációs rendszer is ismert:

- az ICAO által ajánlott, és a nemzetközi légi forgalomban általánosan használt VOR/DME (VHF Omni Range/Distance Measurement Equipment) rendszer [3];

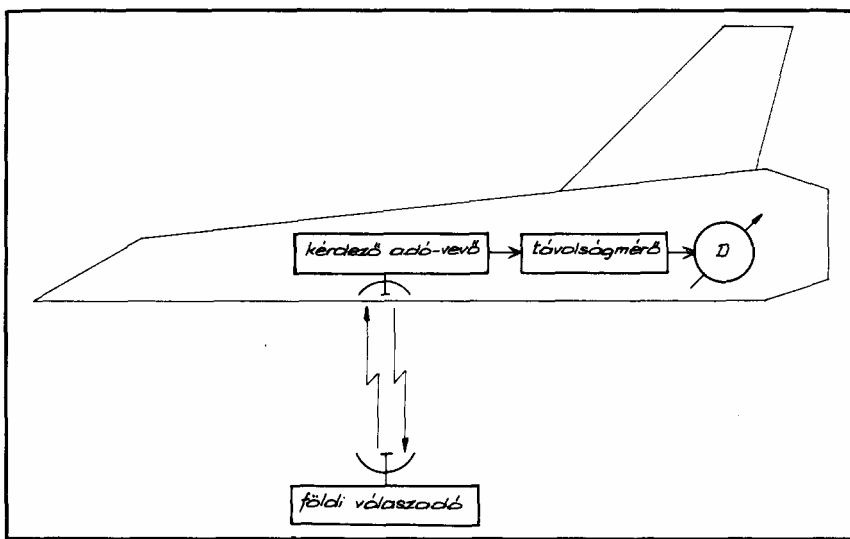
- a NATO-ban rendszeresített és a polgári légi forgalomban is használt TACAN (Tactical Air Navigation) rendszer;

- a Szovjetunió belföldi légi forgalmában alkalmazott RSZBN-2 rendszer [4].

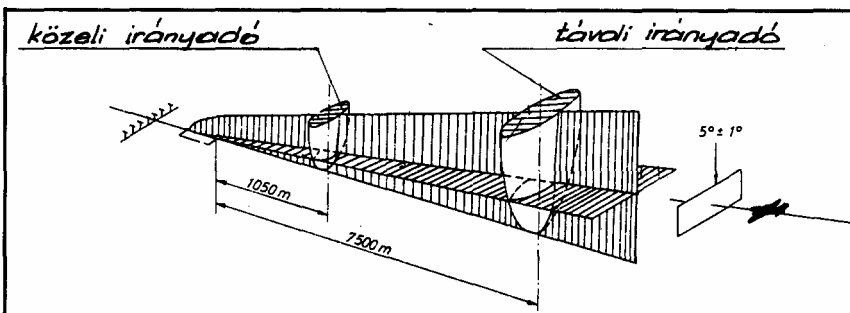
A szögmérés elvi megoldása mindhárom rendszerben azonos (4. ábra): a repülőtér (vagy más, ismert földrajzi



7. ábra: A szögmérés elve (a) és a szögadó antenna iránykarakterisztikája (b) az RSZBN-2 rendszerben



8. ébre: A távolságmérés működési vázlat a közelnavigációs rendszerekben



9. ábra: A siklópálya irány- és távolságmérő síkjai

Paraméter	VOR-DME	TACAN	RSZBN-2
<b>Szögcsatorna</b>			
- hatótávolság (km)	370	370	370
- frekvenciasáv (MHz)	108-118	960-1215	1000
- mérési pontosság (fok)	±4	±2	±0,25
<b>Távolsági csatorna</b>			
- hatótávolság (km)	370	370	370
- frekvenciasáv (MHz)	960-1215	960-1215	1000
- mérési pontosság (m)	±900	±900	±200
- egyidejű mérés (rg)	100	100	100

helyzetű ponton) telepített irányadó rendszer egy körsugárzó és egy forgó iránykarakterisztikájú antennával rendelkezik. A körsugárzó antennán a forgó sugáryaláb északi irányon való áthaladási időpillanatának meghatározásához szükséges referenciajelet, a forgó nyalábú antennán keresztül pedig az oldalszög-helyzetnek megfelelően modulált jelet sugároznak ki. A fedélzeti berendezés a két jel alapján meghatározza, és az indikátoron megjeleníti a repülőgép relatív szöghelyzetét.

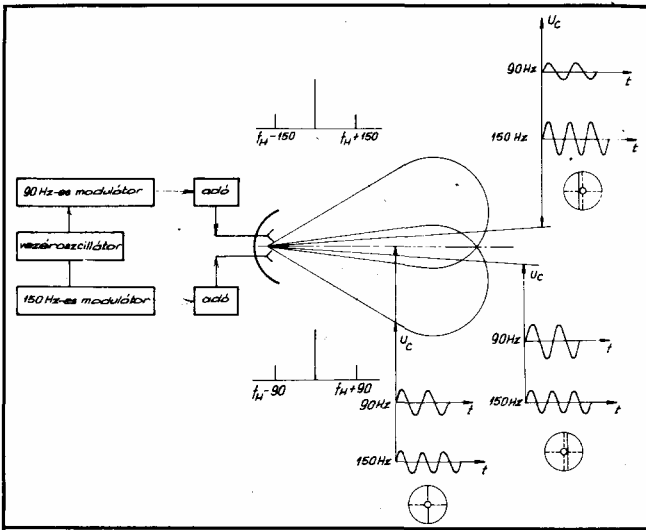
Az elvi azonosság mellett a három rendszer technikailag lényegesen eltérő eljárást alkalmaz. A VOR- és a TACAN-rendszerben a szöginformációt fázismoduláció, az RSZBN-rendszerben impulzus-helyzet-moduláció hordozza.

A VOR-rendszer szögmérési eljárását az 5. sz. ábra szemlélteti. A körsugárzó és a kardioid-karakterisztikájú forgónyalábú antennán keresztül azonos frekvenciájú és fázisú, folyamatos jelet sugároznak ki, amely a vétel helyétől függő fázisú amplitúdómodulációt eredményez az összegezett jelben. A relatív szöghelyzet meghatározásához szükséges referenciajelet a körsugárzó antennán kisugárzott rádióhullámoknak az irányított antenna forgásával szinkronizált amplitúdómodulációja hordozza.

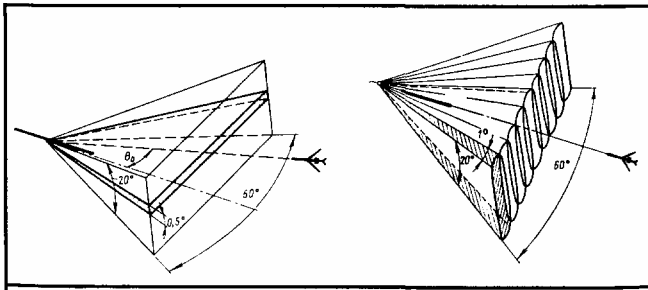
A TACAN-rendszer szögmérő csatornájában szintén fázismodulációs módszert alkalmaznak, azonban a nagyobb pontosság érdekében a 15 fordulat/s sebességgel forgó antennának (6. ábra) 40 o-onként, helyi maximummal rendelkező - speciális iránykarakterisztikája van. Ennek eredményeként a vételi helyen egy 15 és egy 135 Hz-es amplitúdómoduláció jön létre, amely kétcsatormós - durva és finom - szögmérést tesz lehetővé.

Az RSZBN-2 rendszer szögmérő csatornájának működését a 7. ábra szemlélteti. A körsugárzó antenna itt referenciaimpulzusokat a 100 fordulat/min sebességgel forgó, két keskeny sugáryalábbal rendelkező irányított antenna pedig folyamatos jeleket sugároz ki. Ez utóbbinak a vételi helyen való áthaladásakor kettős impulzus keletkezik, amelyek elektromos „súlypontja” és az „Észak” jel közötti idő arányos a repülőgép relatív szöghelyzetével. Az RSZBN-2 rendszerben is kétcsatormós szögmérési módszert alkalmaznak. Emiatt a referenciajel két impulzussorozatból áll: a körsugárzó antennán keresztül egy úgynevezett „35” és egy „36” jelet bocsátanak ki. Ezek az egy fordulat alatti impulzusszámot jelölik, így a „36” jel 10°-onkénti referenciajelet hordoz, az „észak” jelnek, pedig a két impulzus egybeesése felel meg.

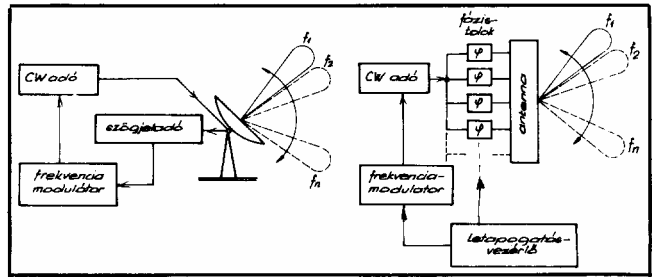
A távolságmérés mindhárom közelnavigációs rendszerben a szekunder rádiólokáció elvei alapján történik (HADITECHNIKA 1982/2), azzal az eltéréssel, hogy itt a kérdezőlokátor van a repülőgép fedélzetén, és a Válaszadó van a földön (8. ábra). Az eltérés az egyes rendszerek között az összetartozó kérdő- és válasz-



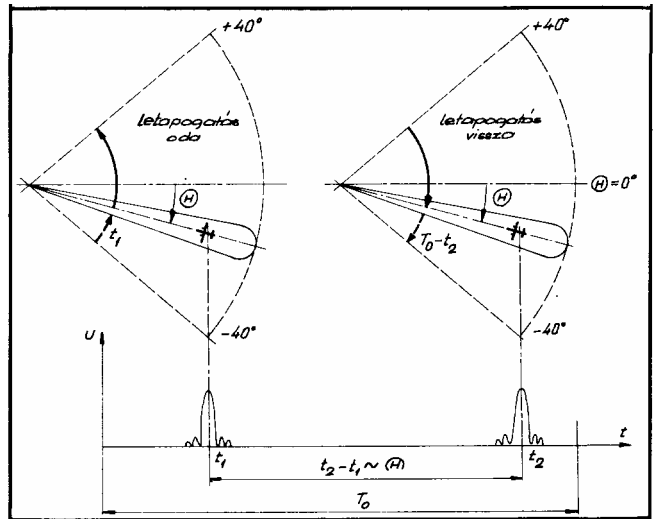
10. ábra: Az ILS-rendszer működési elve



11. ábra: Az MLS-rendszer térletapogatási vázlatja



12. ábra: Az MLS-rendszer működési elve frekvencia-modulációs szögadás esetén



13. ábra: A TRSB-rendszer működési elve

jelek kiválasztásában, illetve a jelfeldolgozás módjában van.

A VOR/DME és a TACAN-rendszer csak abban különbözik egymástól, hogy az előbbinél a szög- és a távolságmérő csatorna más frekvenciasávban, az utóbbinál ugyanabban működik. Az összetartozó kérdő- és válaszjelek kiválasztását ezekenél a rendszereknél úgy végzik, hogy a kijelölt frekvenciasávban (962-1213 MHz) 1 MHz-es raszterrel, több összetartozó kérdő-válasz frekvenciapár van kijelölve, amelyeken belül még két-két eltérő kódtávolságú impulzuspár használata is növeli a csatornaszámot. A fedélzeti jelfeldolgozás mindkét rendszerben digitális.

Az RSZBN-2 rendszerben az összetartozó kérdő- és válaszjelek szétválasztását – az azonos kérdő- és válaszfrekvencia miatt – a kérdőimpulzusok ismétlődési frekvenciájának véletlenszerű változtatásával végik.

A jelfeldolgozás a szovjet rendszer fedélzeti berendezéseiben analog áramkörökkel történik.

A három bemutatott közelnavigációs rendszer főbb paramétereit a táblázat tartalmazza:

### Műszeres leszállító rendszerek

A repülés utolsó, legkritikusabb fázisa a leszállópálya megközelítése és a leszállás – különösen rossz látási viszonyok mel-

lett. Ennek a feladatnak végrehajtását segítik a műszeres leszállító rendszerek. Ezek vagy rádiótechnikai, vagy optikai rendszerek (itt csak a rádiótechnikai rendszerekkel foglalkozunk).

A rádiótechnikai rendszerek lehetnek:

1. Álló sugáryalábú, passzív rádiólokációs elven működő rendszerek (földi irány- és távolságadók fedélzeti vevők és indikátor).
2. Mozgó sugáryalábú, passzív rádiólokációs elven működő rendszerek.
3. Aktív, szekunder rádiólokációs elven működő rendszerek (fedélzeti kérdező adó-vevő földi iránymérők és válaszadó).

A passzív rendszereknél a földi irányadók által „kijelölt” két sík metszésvonala a sikló pályán van, a leszállási ponttól való távolságot pedig függőleges síkban felfelé sugárzó „távoli” és „közele” irányadók jelzik (9. ábra).

Az álló sugáryalábú passzív rendszereknél – ilyen az ICAO-ajánlásoknak megfelelő ILS (Instrumental Landing System) és a szovjet SZP-50M (Sziszyema poszadki) rendszer – a síkok „kijelölése” két eltérő modulációjú sugáryalábal történik (10. ábra). A repülőgépet a két sugáryaláb azonos térerősségű „pontjain” kell végigvezetni a leszállópálya eléréséhez – vizuális indikátor és kézi irányítás, vagy robotpilóta segítségével.

A mozgó sugáryalábú passzív rendszereknél a sikló pályá meghatározott körzetét – a leszállító lokátorokhoz hason-

lón – folyamatosan vagy diszkrét lépésekben letapogató földi irányadók (11 ábra) a sugáryaláb pillanatnyi helyzetének megfelelő modulációval jelzik a relatív szöghelyzetet. Ilyen elven működik az ICAO-ajánlásoknak megfelelő mikrohullámú (S, illetve 15 GHz-es) leszállító rendszer (MLS - Microwave Landing System). A szöginformációt frekvencia- vagy időmoduláció hordozhatja. A frekvenciamodulációt a földi adóban, a mechanikus vagy elektronikus letapogatással szinkronban hozzák létre (12/a, illetve 12/b ábra), az időmoduláció (TRSB - rime Reference Scanning fleam) a vételi helyen, a kétirányú letapogató követésében jön létre (13. ábra).

Az aktív rendszerben a földi oldalszög- és helyszögmérő berendezés a fedélzetről kisugárzott kérdőimpulzus ideje alatt határozza meg – két síkban történő pelengálással – a repülőgép irányát amelyet a földi válaszadó válasz kódkezelésben sugároz vissza a fedélzetre. Ennek megfelelően működik az ICAO DME szekunder rádiólokációs távolságmérő rendszeren alapuló DLS (DME Landing System) rendszer (14. ábra).

Bonyolult rádiótechnikai rendszerek segítik a repülőgép személyzetét és a repülőtéri irányító szolgálatot a repülések utolsó szakaszában – a célrepülőtér megközelítésében és a leszállás során –, de ezek nélkül ma már nem képzelhető el az időjárástól független, biztonságos légi forgalom.

14. ábra: A DLS-rendszer működési elve

Irodalom

1. Leszállító radarállomások  
MSZ-07 KGST 1824-79. Ágazati Szabvány
2. GOSZT 21800-76 szovjet szabvány
3. Mansfeld, W.: *Funklagen für Ortung und Navigation* Transpress, Berlin. 1983.
4. Szosznovszkij, A. A. Hajmovics, J. A.: *Ragyiotechnyicseszkije szredsztna blizsnej navigacii i poszadki letatyelnih apparatov Masinosztroenyije*, Moszkva. 1975.

