

HISTORIJAT RAZVOJA SVETLOSNOG OBELEŽAVANJA U VAZDUHOPLOVSTVU

1. Uvod

Sve do 17. decembra 1903.g., kada se avion braće Right uspeo da se vine u vazduh, čovečanstvo je moglo samo zavidno da gleda očaravajuće letenje ptica. Od tog prvog pokušaja, koji je trajao samo 12 sec., sa dužinom od 36 m na visini od 3 m, letenje je nezaustavljivo napredovalo. Već 1909.g. je usledio je uspešan prelet kanala La Manche, do 1914.g. ostvareni su prvi rekordi u vremenskom trajanju leta, stvaren je brzinski rekord od 208 km/sat i letenje je prešlo iz oblasti prvih ispitivanja i zabave u oblast stvarnog saobraćaja. Brzi razvoj letelica, razvitak vazdušnog saobraćaja, izgradnja aerodroma i razvoj svetlosnih signalnih, radionavigacionih i drugih sredstava predstavlja najvažniju karakteristiku napretka u 20. veku, što se može uporediti sa sadašnjim još bržim razvojem telekomunikacionih i računarskih tehnologija u sadašnjosti.

Opis tehničkih rešenja za sigurno obeležavanje mesta za sletanje i poletanje, koja su tada isključivo imala travnate površine, tražili su već pioniri letenja – uzor su predstavljala signalna sredstva korišćena u brodskom (svetlosni farovi, signalne lampe) i železničkom saobraćaju (svetlosni signali i njihove boje). Sva nova signalna i obeležavajuća sredstva morala su da se prilagode novom, trodimenzionalnom, načinu kretanja. Pri brzom kretanju u vazdušnom prostoru, bržem od linearnog kretanja broda ili voza, postojali su određeni negativni faktori njegove orijentacije - znatna rastojanja između oka pilota i orijentacionih tačaka na zemlji, različiti vremenski uslovi i noćna tama. Iako je u vremenu prvih komercijalnih letova bila već duži period u upotrebi radio-telegrafija, prvi piloti su bili pri orijentaciji oslonjeni samo na svoj vid i na početak radio-komunikacija na relaciji „Zemlja - Vazduh“ moralo je da se čeka do razvoja novih tehnologija, koje su omogućile smanjenje dimenzija i težine ove vrste opreme.

Prvi aerodromi nisu bili građeni prema određenom opšteprihvaćenom dizajnu, propisima i regulativama u sadašnjem smislu. U današnje vreme većina aerodroma raspolaže uređajima za letenje u uslovima dobre vidljivosti (Visual Flight Rules - VFR) i letenje pomoću radionavigacionih sredstava (Instrumental Flight Rules - IFR), što ih osposobljava za neprekidan dnevni i noćni saobraćaj.

U vreme prvih letova pilot je dobijao sve potrebne detalje (trasa, meteorološki podaci i dr.) od zemaljskih službi pre starta svog aviona – posle poletanja, pa sve do sletanja bio je bez ikakve komunikacije sa zemljom. Takav nedostatak su morala da nadomeste vizuelna i svetlosna sredstva za obeležavanje vazdušnih koridora letenja, za pouzdanu identifikaciju lokacije ciljnog aerodroma i obeležavanje površina namenjenih za sletanje/poletanje (poletno-sletne staze), vožnju (rulnih staza) i parkiranje aviona (platformi). Zemaljske službe bile su tek u tridesetim godinama prošlog veka proširene za Kontrolu letenja (Air Traffic Control), koja je preuzela u zoni svakog aerodroma daljinsko upravljanje Sistemima svetlosnog obeležavanja (SSO).

2. Razvoj aeronautičkih navigacionih sredstava (ANS)

Piloti prvih aviona mogli su dakle da se oslone samo na mapu, kompas i časovnik i leteli su samo danju na malim visinama (od 200 do 500 m), na kojima su se mogli orijentisati prema putevima i železničkim prugama. Razvoj aviosaobraćaja, prvo pošte a kasnije i putnika, sve više je tražio letenje u skoro svim uslovima - noću i u pogoršanim vremenskim prilikama (magla, kiša, sneg i sl.). Zahtevi na povećanje bezbednosti letenja rezultirali su osnivanjem organizacija, čiji stručnjaci su razvijali i standardizovali izgled pojedinih dnevnih i noćnih oznaka za obeležavanje vazdušnih koridora, prepreka za letenje, za vizuelno lociranje aerodroma, za obeležavanje prilaza aerodromu i za kretanje po manevarskih površinama posle sletanja odnosno pre poletanja. Prva takva organizacija bila je pod nazivom National Advisory Committee for Aeronautics (**NACA**) osnovana već 1905.g. ukazom predsednika u U.S.A. U Evropi je 1919 godini osnovana organizacija za standardizaciju i razvoj aeronautičkih navigacionih sredstava pod nazivom „Commission Internationale de Navigation Aérienne“ (CINA), koju je prihvatilo oko 30 evropskih zemalja. Tog datuma počinje stalan razvoj i standardizacija nove tehničke i druge opreme i napuštanje prvih raspoloživih sredstava, kao što su bile - vatra, pirotehnika, i petrolejski fenjeri.

3. Aeronautička navigaciona sredstva za obeležavanje vazdušnih koridora

Prva sredstva za obeležavanje trase bili su Rotacioni svetlosni farovi (Rotation Beacon) odnosno Aeronautički farovi (Aeronautical Beacon), koja su se u U.S.A. i u Evropi upotrebljavala od 1921.g. Farovi su u propisima definisani kao „vazduhoplovno svetlo na površini zemlje koje je stalno ili povremeno vidljivo u svim azimutima, a kojim se obeležava posebna tačka na površini zemlje“.

Farovi, koji su bili smešteni na posebnim tornjevima visine oko 16 m raspoređenim na svakih 20 – 30 km, emitovali su u horizontali i vertikalni bljeskove, koji su u Morzeovoj abecedi pokazivali kodnu oznaku fara a time

omogućavali bolju orijentaciju. Svaki od farova je imao svoju oznaku smeštenu po pravilu na krovu kućice dizielektričnog generatora, u podnožju tornja bile su u smeru sledećeg tornja izbetonirane velike strelice.

Sistem svetlosnih farova u USA omogućio je da već 1923.g. vazdušni transport pošte između istočne i zapadne granice te države preuzme primat nad železnicom. U Evropi je bio **prvi komercijalni međunarodni noćni let**, do koga je došlo 9. septembra daleke 1923.g. na trasi **Beograd (Pančevo) - Bukurest**, imao za cilj skraćanje vremena leta i preuzimanje primata vazdušnog nad železničkim saobraćajem. Naime Francusko-Rumunska aviokompanija CFRN (Compagnie franco-roumaine de navigation aérienne) odnosno CIDNA (Compagnie Internationale de Navigation aérienne) rešila je da na liniji Paris-Istambul ostvari bolje vreme od železnice i da tako pobedi čuveni voz Orient expres. Letovi aviona sa 5 ili 8 putnika na toj liniji su preko aerodroma - Pariz-Štrazburg – Prag – Beč – Budimpešta – Beograd – Bukurešt - Istanbul trajali 3 dana, što znači da se skraćanje vremena moglo ostvariti samo noćni letom.

4. Aeronautička navigaciona sredstva za obežavanje prepreka u vazduhoplovstvu

Prepreke za vazdušnu plovidbu predstavljaju svi stalni ili privremeni, nepokretni ili pokretni objekti ili njihovi delovi, koji se nalaze u prostoru namenjenom za kretanje vazduhoplova ili koji nadvišavaju određenu visinu neophodnu za bezbedno letenje. Za obeležavanje takvih prepreka koristile su se već tada dnevne i noćne oznake.

Noćne identifikacione oznake su predstavljale svetiljke crvene svetlosti smeštane po obodu ili konturama objekta. Kod posebno opasnih objekata koristili su se jedan ili više svetlosnih farova.

5. Aeronautička navigaciona sredstva za obežavanje lokacije aerodroma

Aerodrom je predstavljao najvažniju tačku pri kraju leta i stoga je bilo važno dnevno i noćno **obeležavanje njegove lokacije i identifikacije**. Aerodromski far (Aerodrome Beacon) je korišćen od prvih godina letenja i razvijen u sledećim godinama napretka vazdušnog saobraćaja (identifikacioni svetlosni farovi).

- **Aerodromske dnevne oznake** – oznaka je sadržala ime aerodroma vidljivo sa svih strana. Slova su bila 3 m visoka, za njihovo formiranje bile su najčešće korišćene belo obojene cigle ili pesak. Orijentacija oznake je bila „zapad – istok“, kod većih aerodroma sa više RWY u raznim smerovima natpis je bio u krugu.
- **Aerodromski far lokacije aerodroma** – ova vrsta fara pomagala je pilotu da uoči lokaciju aerodroma sa rastojanja od oko 50 km. Ova vrsta fara bila je, shodno farovima korišćenim u mornarici, smeštana izvan uže lokacije aerodroma, i to na pogodnom uzvišenju ili na posebnom tornju. Far je emitovao naizmenične bljeskove **bele i zelene svetlosti** u intervalu od min. 0,1 sec. i sastojao se od horizontalnog metalnog cilindra sa optikom i sa svetlosnim izvorom 500 W (mali farovi) odnosno od 1 do 3 kW (standardna veličina fara).
- **Aerodromski far identifikacije aerodroma** – dodeljena kodna oznaka aerodroma sastojala se od jednog ili dva slova Morzeovog koda. Kodna oznaka je emitovana **zelenom bojom** u trajanju od 1,5 do 2 sec. u svim smerovima sa vidljivošću do 5 – 10 km od lokacije aerodroma.

6. Aeronautička navigaciona sredstva za obežavanje aerodromskih površina

U sledeću navigacionu opremu spadaju oznake namenjene pravilnom sletanju/poletanju aviona i bezbednoj vožnji po manevarskim površinama. U sadašnje vreme, kada se avioni upravljaju prema zemaljskim radio-navigacionim sredstavima sistema ILS (Instrument Landing System), predstavljaju sve vrste obeležavanja **sekundarnu navigacionu opremu**. Međutim u počecima vazdušnog saobraćaja ova oprema je bila za pilote **primarna navigaciona oprema**, što znači da su avioni mogli da lete samo uslovima dobre vidljivosti – što i sada važi za „NON CATEGORY“ aerodrome (sportski i manji aerodromi).

U prvu grupu SSO spadaju navigacione oznake, koje **prilikom pripreme za sletanje** pružaju osnovnu orijentaciju o položaju ose PSS i o lokaciji Praga. Kao **dnevne oznake prilaza** korišćeni su drveni obojeni pokazivači (markeri) postavljeni na međusobnom rastojanju od 50 – 100 m do rastojanja 900 m od praga.

Prve svetiljke su bile postavljene u drugoj polovini 1920.g. - za noćno letenje koristile su se svesmerne svetiljke crvene boje poređane u nizu u osi ispred PSS i iza praga levo od te ose. Međusobno rastojanje i standardna dužina niza pratile su konfiguraciju dnevnih oznaka. Od 1930 g. možemo pratiti razvoj svetlosnih sistema, koji su bili usmereni ka pronalaženju najboljeg načina prikazivanja svetlosne linije produžene ose PSS (Extended Centre Line of

the RWY) sa poprečno postavljenim svetlima (prečke odluke - Decision Bars) na određenom rastojanju od Praga PSS i načina pokazivanja ispravnog nagiba poniranja (Visual Slope Indicator). Razvoj ovih sistema je trajao do 1949 g., kada su stručnjaci organizacije ICAO birali između 3 sistema - britanski (Prilazna svetla sa prečkama - Calvert), francuski (forma izmeštenog prilaznih svetala sa prečkama) i američki (svetlosna silazna putanja - Slope Line System). Stručna komisija je preporučila kao najbolji sistem britanski, nazvan po svom autoru E.S. Kalvertu (E.S. Calvert). Ovaj sistem, koji od svetlosne ose sistema dužine 900 m i prečki postavljenih na svakih 150 m formirao „svetlosni levak“ i tako je najbolje podržavao tražene zahteve. Ovaj način približenja PSS najviše je odgovarao pilotima transportnih i putničkih aviona tadašnje generacije, koji su bili u u najvećoj meri zastupljeni tipom DC - 3.

Istovremeno je došlo i do razvoja i definisanja **druge grupe SSO**, čija sredstva daju pilotu svojom konfiguracijom, bojama i intenzitetom informacije o **položaju i dimenzijama PSS i RS**. Neki od principa SSO, koji su bili svojih početaka menjani i unapređivani, primenjuju se i danas.

Prvobitni svetlosni sistem sa jednim redom svetala dužine barem 1.000 m i sa međusobnim razmakom od 100 m, koje je pilot imao sa leve strane se kasnije menja u dva paralelna reda svetala između kojih se avion prizemljuje. Početak i kraj staze je bio obeležen sa 2 ili 4 svetla postavljenih upravno na red ivičnih svetala. Na početku staze se već tada koristile svetiljke sa zelenim filterima, dok su na kraju bila svetla crvena – ovaj princip se koristi i u današnjim danima. Kao podnožja svetiljki koristili su se po pravilu granični markeri, sva svetla su se uključivala odjednom. Poletno-sletne staze sa čvrstim kolovozom su se obeležavale kao i dana - po ivicama su svetiljke bele boje, koja se u poslednjih 450 m (danas je rastojanje 600 m) pre kraja PSS menja u žutu. Prag staze je bio obeležen svetiljkama zelene boje, kraj staze svetiljkama crvene boje – što se koristi i danas.

U istom periodu pojavljuje se prva oprema za **osvetljenje** površina, što je predstavljalo vizuelnu pomoć pilotima tokom sletanja, uzletanja i kao i kretanja letelica po aerodromskim manevarskim površinama. Za te svrhe su se upotrebljavali reflektori, koji su bili veoma često transportovani na kamionima.

7. Svetlosna oprema i elektroenergetsko napajanje

Korišćenje svetlosnih izvora i odgovarajućeg sistema elektroenergetskog napajanja bilo je uslovljeno tipom tražene opreme. Od prvih godina je u avio saobraćaju dominirao zahtev za obezbeđenje dobre orijentacije u uslovima noćnog letenja i stoga je razvoj bio usmeren ka izradi **aeronautičkih svetlosnih farova za obeležavanja trase letenja i lokacije ciljnog aerodroma** – traženo je da pri dobroj vidljivosti pilot mora sa visine od oko 500 m uoči zrak fara sa rastojanja od oko 150 km. Razvijani su dakle jaki svetlosni farovi sa elektrolučnim lampama i ogledalima velikih razmera koji su omogućavali emisiju jakih svetlosnih snopova u smeru aviona.

Razvoj drugog dela **svetlosnog obeležavanja** odnosio na manevarske površine i za ove potrebe je bilo neophodno razviti adekvatnu svetlosnu opremu i sistem napajanja. S obzirom da ova svetlosna oprema mora pouzdano pokazivati smer i nagib prilaza aerodromu uz tačno obeležavanje dimenzija manevarskih površina bilo je potrebno pronaći i razviti sistem, koji omogućava identično isijavanje (isti svetlosni intenzitet) svih sijalica uz istovetno povećavanje/smanjivanje intenziteta u tri ili pet stepena. Sistem je pronađen u povezivanje svetiljki pojedinih svetlosnih celina (Prilazna svetla, Ivične svetiljke itd.) u serijske strujne krugove, koji su veoma pouzdani i pogodni za rukovanje i održavanje.

Šema serijskog napajanja u sistemu sa stalnom strujom (maksimalna 6,6 A, minimalna 2,6 A) i promenljivim naponom, koji zavisi od opterećenja u strujnom krugu, prikazan je na sledećoj slici.

Prve verzije svetiljki bile su opremljene inkadescentnim sijalicama, kasnije su korišćene fluorescentne (neon) cevi da bi u šezdesetim godinama došle u isključivu upotrebu halogenske sijalice. U najnovije vreme ulazi u upotrebu LED tehnologija. Svetlosne karakteristike svetlosnih izvora i svetiljki namenjenih za SSO aerodroma, njihova primena na propisanim lokacijama i rastojanjima, vrsta elektroenergetskog napajanja sa načinom upravljanja i monitoringa danas je tačno propisana u međunarodnim preporukama ICAO.

8. Ostala sredstva

Veoma važan podatak za pilota pri maneuvru sletanja ili poletanja su podaci o smeru i jačini vetra. U uslovima vizuelnog letenja piloti su ove podatke mogli da dobiju samo da posmatrajem osvetljenog indikatora smera vetra odnosno osvetljenog indikatora smera sletanja. Od početka korišćenja radioveza piloti ove podatke dobijaju od kontrole letenja, međutim postavljanje ovih sredstava je propisano i danas.

Sledeća slika pokazuje opremanje aerodroma farom za obeležavanje lokacije aerodroma, farom za identifikaciju aerodroma i sredstvima za pokazivanje smera vetra i smera sletanja.

- **Pokazivač smera vetra** – je indikator smera prizemnog vetra, na osnovu koga mogu iskusniji piloti da

procene takođe jačinu vetra. Visina stuba je bila od 4,5 do 6 m, stub je imao okretni rotacioni prsten za pričvršćenje tekstilnog rukavca minimalne dužine 3,6 m sa prečnikom 0,9 m. U najširem delu se nalazila kao ukrućenje korpa od pruća, iznad rukavca su bili smešteni reflektori za osvetljenje rukavca. Na vrhu stuba nalazila se svetiljka za obeležavanje prepreka.

- **Pokazivač smera sletanja** – napravljen je kao znak u obliku slova „T“, koji je je pokazivalo pilotu smer sletanja. Znak bele ili naranđaste boje, koji je bio i bio noću osvetljen, bio je kao i danas smeštan ispred ili pored PSS. Na aerodromima je morala postajati služba, koja se brinula za aktualizaciju njegovog položaj – u slučaju da nije mogao biti položaj slova T aktualizovan, oznaka je morala biti pokrivena.

9. Zaključak

Prateći razvoj vizuelnih sredstava namenjenih obavljanju redovnom poštanskom, putničkom i teretnom saobraćaju dolazi se do zaključka da su odgovarajuća tehnička rešenja birana i razvijana veoma pažljivo i stavljana u rad tek posle izvršenih ispitivanja i funkcionalnih proba. Posle prvog perioda, može se reći stihijskog, razvoja dolazi do perioda stvaranja međunarodnih organizacija zaduženih za razvoj i standardizaciju vizuelnih sredstava. Primena jedinstvenih standarda u vazduhoplovstvu doprinela je visokom stepenu bezbednosti u vazdušnom saobraćaju. Svim konstrukterima vizuelnih sredstava može se zahvaliti za kvalitet primenjenih rešenja, jer se većina njihovih rešenja koristi i danas.

U predavanju je korišćena sledeća literatura ili materijali:

1. Historijat Francusko-Rumunske aviokompanije CIDNA (Compagnie Internationale de Navigation aérienne).
2. Historijat razvoja U.S. air mail, Wikipedia
3. Ing. Karel Závodský a kol. „Historie řízení letového provozu 1910 - 2010“, Češka republika Prag 2015.
4. International standards and recommended practises, Aerodromes, Annex 14, Volume I, Aerodrome Design and Operations.
5. Aerodrome Design Manual.