

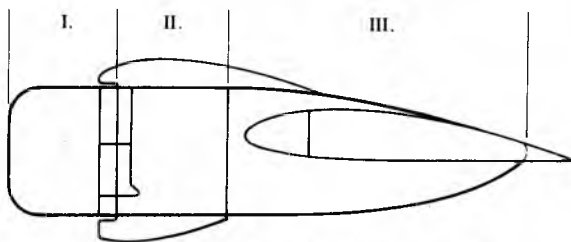
**PROTUPOŽARNI UREĐAJI NA AVIONIMA,** posebna oprema i sistemi namijenjeni sprečavanju i gašenju požara na avionu.

Požar je veoma velika opasnost za avion kad je on na tlu, a pogotovo kad leti. U avionima se nalaze relativno velike količine goriva; mali avioni dvosjedi nose ~100 L benzina, a današnji najveći četvermotorni mlazni avioni nose i do 205 000 L goriva za mlazne motore. Gorivo je redovno smješteno u spremnicima koji su sastavni dio konstrukcije avionskih krila (v. *Avion*, TE 1, str. 594). Ako se za vrijeme leta avion zapali, zbog velikog dotoka zraka izgaranje je intenzivno i razvijaju se visoke temperature, pa konstrukcija krila izgubi čvrstoću jer duralumin već pri temperaturi od ~200 °C praktički ne može podnijeti ni minimalna opterećenja. Zbog toga je potrebno da u svakom avionu na mjestima gdje bi mogao nastati požar postoje i uređaji za trenutno otkrivanje vatre, odnosno porasta temperature, te uređaji za gašenje vatre i sprečavanje da se ona dalje ne proširi.

Najopasnija područja gdje bi mogao nastati požar jesu: okoliš motora, okoliš pomoćnih agregata i okoliš gorionika u kojima izgara gorivo. U tim požarom ugroženim područjima nalaze se senzori uređaja za otkrivanje požara i izlazi uređaja za gašenje.

**PROTUPOŽARNI UREĐAJI NA AVIONIMA S KLIPNIM MOTORIMA**

**Područja požara.** Najvjerojatnija je pojava požara u okolišu motora, jer se tu nalaze na okupu gorivo, ulje, vodovi visokog napona i vruće ispušne cijevi motora koje pri polijetanju, kad motor razvija najveću snagu, imaju temperaturu i do 1000 °C. Motorne se gondole višemotornih aviona obično, prema stupnju opasnosti, sastoje od tri požarna područja (sl. 1). Najveća je opasnost u prvom području, pa je zato ono odijeljeno od drugoga *vatrobranom pregradom*. Detektorima požara najbolje je pokriveno prvo područje, manje drugo, a najmanje treće. Detektori požara ugrađeni su i uz pomoćne agregate i grijače.



Sl. 1. Požarna područja motorne gondole

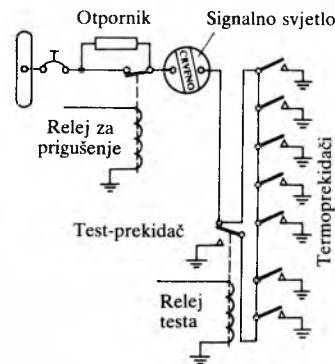
**Uređaji za otkrivanje požara.** Detektori požara ili porasta temperature postavljeni su na pojedinim mjestima oko motora. Prostor motora odijeljen je od ostalog dijela aviona tzv. *vatrobranom pregradom*. Svi vodovi goriva, ulja i hidraulične tekućine opskrbljeni su zapornim ventilima na mjestu prolaza kroz vatrobranu pregradu.

Uređaji za otkrivanje požara uključuju *detektore previsoke temperature, detektore brzine porasta temperature i detektore plamena*. U prostoru za putnike i prtljagu često se nalaze detektori dima i ugljik-monoksida, ali u njemu redovno nema uređaja za gašenje požara, nego se upotrebljavaju ručni aparati za gašenje kojima rukuje posada. U putničkom prostoru provodi se tzv. *pasivna protupožarna zaštita* upotrebom nezapaljivih materijala za sjedala, podne obloge, zavjese itd.

Dobar sistem za otkrivanje požara mora ispunjavati više zahtjeva. Sistem mora biti siguran da ne daje lažnu uzbunu u bilo kojim uvjetima leta ili za vrijeme stajanja aviona na tlu. Sistem mora brzo otkriti požar i točno naznačiti mjesto gdje je on izbio. Kad požar prestane, sistem to mora pokazati, a ako se požar ponovno pojavi, to mora odmah signalizirati. Tako dugo dok požar traje, sistem to mora neprekinuto pokazivati. Mora postojati mogućnost da se rad uređaja za

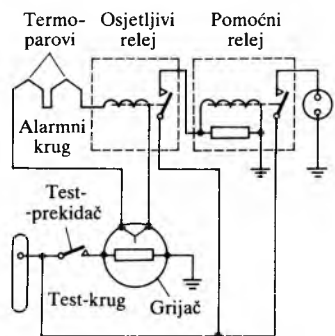
otkrivanje požara provjerava iz pilotske kabine. Detektori požara moraju biti otporni protiv oštećenja koja bi mogla nastati zbog djelovanja goriva, ulja, vode, vibracija, ekstremnih temperatura i grubog rukovanja. Senzori detektora moraju biti što manji i što lakši, tako da se mogu ugraditi svuda gdje je to potrebno. Elektrosistem detektora ne smije biti spojen na mrežu aviona preko pretvarača ili sličnih uređaja. Potrošak električne energije za rad detektora i uređaja za indikaciju mora biti minimalan. Svaki sistem detektora mora u pilotskoj kabini paliti svjetlo koje pokazuje gdje je izbio požar ili porasla temperatura, a istodobno mora uključiti dobro čujni zvučni signal. Svaki motor, pomoćni agregat ili grijač mora imati svoj posebni sistem za otkrivanje požara koji je u pilotskoj kabini označen karakterističnim svjetlećim i zvučnim signalom.

*Sistem s termosklopkama* (sl. 2) ima u pilotskoj kabini jedno ili više signalnih svjetala koja elektrosistem aviona pali na komandu termosklopki. Termosklopke, obično na principu bimetala, međusobno su spojene paralelno, a sve zajedno u seriju sa signalnim svjetlom. Kad se bilo koja sklopka uključi, zatvori se rasvjetni krug i time signalizira požar ili povišenje temperature.



Sl. 2. Shema detektorskog uređaja s termosklopkama

*Sistem s termoparovima* (sl. 3) radi na principu Peltierova efekta (v. *Električna mjerenja*, TE 3, str. 641). Ako se motor polagano pregrijava ili ako u sistemu dođe do kratkog spoja, termopar neće davati signal za uzbunu. Budući da termopar daje slabe struje, u sistemu mora postojati osjetljivi relej koji uključuje signalno svjetlo. Osnovni je nedostatak tog sistema da ne daje signal ako se istodobno zagriju topli i hladni kraj termopara, jer tada nema elektromotorne sile. Kao termopar obično služi krom i konstantan. Sistem s termoparovima rijetko se primjenjuje jer može samo lokalno otkrivati porast temperature.



Sl. 3. Shema detektorskog uređaja s termoparovima

*Sistem s neprekidnim prstenom* zapravo je varijanta sistema s termosklopkama, a potpunije pokriva ugroženo područje nego bilo koji drugi sistem za otkrivanje požara. Taj sistem reagira na povišenu temperaturu i zatvara strujni krug koji služi za uzbunu. Prema tipu senzora razlikuju se dvije izvedbe tog sistema. Jedna izvedba ima senzore s dvije

jezgrene žice (*Kiddeov sistem*), a druga s jednom jezgrenom žicom (*Fenwalov sistem*).

*Senzor Kiddeova sistema* (sl. 4) ima dvije žice smještene u cijevi promjera nekoliko milimetara, izrađenoj od nerđajućeg čelika i ispunjenoj specijalnom keramičkom masom. Jedna je žica privarena za oba kraja plašta cijevi i spojena s armaturom aviona (masom), a druga je spojena s faznim vodičem električne mreže aviona, pa između njih postoji napon te mreže. Kad se zbog povišenja temperature smanji otpor keramičke mase, između obiju žica poteče struja, što se iskorišćuje kao informacija koja pomoću pojačala daje signal za uzbunu. Taj sistem reagira na porast prosječne temperature i na lokalno povišenje temperature.



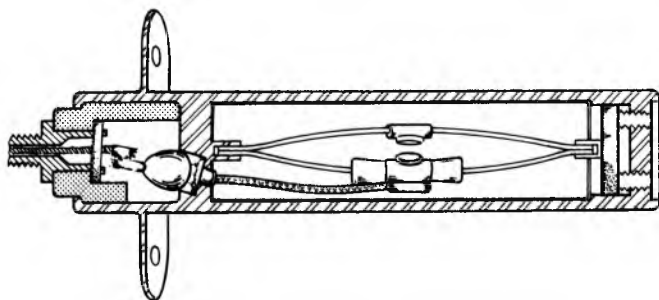
Sl. 4. Kiddeov senzor



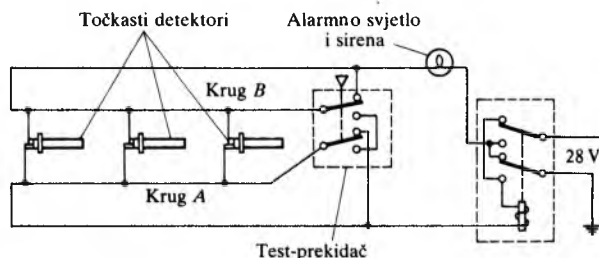
Sl. 5. Fenwalov senzor

*Senzor Fenwalova sistema* s jednom žicom (sl. 5) radi slično kao Kiddeov, ali ne reagira na prosječnu temperaturu, već samo na povišenje temperature u jednoj točki. Inače, oba sistema stalno kontroliraju temperaturu u području gdje su postavljeni i, nakon što je požar ugašen, odmah su sposobni za normalan rad bez ikakve posebne intervencije.

*Sistem s točkastim detektorima požara* ima detektorske bimetalne termoprekidače (sl. 6) sa dva izvoda koji su iznad potencijalne mase. Niz detektorskih jedinica paralelno je spojen između dva strujna kruga (sl. 7). Takav sistem može podnijeti prekid jednog kruga ili spoj na masu bez davanja uzbune. Mora postojati dvostruki kvar da dođe do lažne uzbune. Za rad sistema nije potrebno pojačalo.



Sl. 6. Točkasti detektor za otkrivanje porasta temperature



Sl. 7. Shema uređaja s točkastim detektorima

**Sredstva za gašenje požara.** Na avionima s klipnim motorima požar se gasi inertnim plinovima koji ne podržavaju gorenje. Za tu se svrhu upotrebljavaju ugljik-dioksid,  $\text{CO}_2$ , brommetan,  $\text{CH}_3\text{Br}$ , klorbrommetan,  $\text{CH}_2\text{ClBr}$ , dibromdifluormetan,  $\text{CBr}_2\text{F}_2$ , i bromtrifluormetan,  $\text{CF}_3\text{Br}$ . U područje požara plinovi se puštaju kroz cijevi s rupicama ili kroz posebne sapnice. Da bi gašenje požara bilo brzo i sigurno, boce s inertnim plinom imaju ventile koji se na električni

impuls otvaraju eksplozivom. Tako se može postići udarno gašenje požara, a boca se isprazni za jednu do dvije sekunde.

*Ugljik-dioksid* je s gledišta korozije i toksičnosti najsigurnije sredstvo za gašenje, ali u zatvorenim prostorima može uzrokovati psihičke poremećaje i gušenje. Spremnici ugljik-dioksida mnogo su robustniji i teži od spremnika za druge inertne plinove, jer pri povišenoj temperaturi tlak ugljik-dioksida veoma poraste. Svojevremeno je ugljik-dioksid bio najčešće sredstvo za gašenje požara na avionima.

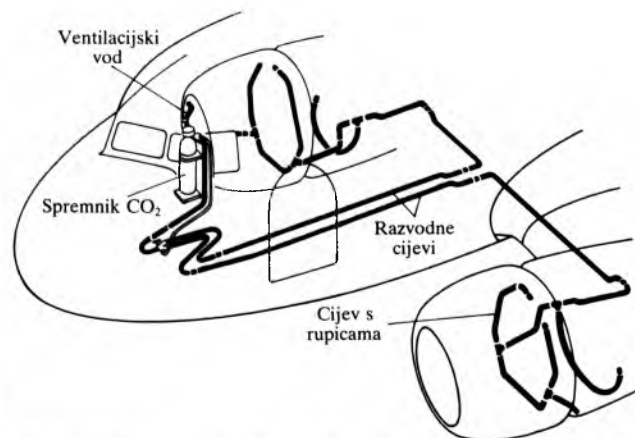
*Brommetan* (metil-bromid) se zbog toksičnosti ne smije upotrebljavati ako postoji mogućnost da proдре u prostore gdje se nalaze ljudi.

*Klorbrommetan* (obično nazvan CB) manje je škodljiv od ugljik-dioksida, ali uzrokuje koroziju aluminijske, magnezijeve, čelika i mjedi. On je jedno od najdjelotvornijih i najviše upotrebljivanih sredstava za gašenje požara na avionima.

*Dibromdifluormetan* manje je škodljiv od ugljik-dioksida i ne uzrokuje koroziju čelika, aluminijske i mjedi. Spada u djelotvorna sredstva za gašenje požara.

*Bromtrifluormetan* je neotrovan, djelotvoran je kao i klorbrommetan, a glavni mu je nedostatak visoka cijena.

**Uređaj za gašenje požara** sastoji se od alarmnog uređaja i uređaja za dovodenje inertnog plina u ugrožena područja. Na sl. 8 prikazan je sistem za gašenje požara pomoću ugljik-dioksida na dvomotornom transportnom avionu. Veći avioni obično imaju bateriju od većeg broja boca s inertnim plinom, pa se pomoću birača plin upućuje na ugroženo područje. Svaki motor ima poseban indikator požara (signalno svjetlo) prema kojemu se upravlja biračem.



Sl. 8. Uređaj za gašenje požara na dvomotornom transportnom avionu

## PROTUPOŽARNI UREĐAJI AVIONA S TURBOMOTORMA

Suprotno općem mišljenju, opasnost od požara veća je u turbomlaznim i turboelisnim nego u klipnim motorima, jer je temperatura samopaljenja mlaznog goriva niža nego benzina. Osim što uzrok požara može biti lom ili propuštanje cjevovoda tako da gorivo ili ulje curi na vruće dijelove motora pa se zapali, požar može nastati kad na plinskoj turbini dođe do kvara bilo *termodinamičkog* bilo *mehaničkog* porijekla, a može ga uzrokovati i iskrenje statičkog električnog naboja aviona.

Na plinskoj turbini dolazi do kvarova termodinamičkog porijekla kad se poremeti dotok zraka koji, osim za izgaranje, služi i da se temperatura plinova izgaranja snizi na vrijednost koju mogu podnijeti metalni dijelovi turbine. Zbog brzog nakupljanja leda na usisnom dijelu kompresora mlaznog motora smanji se dotok zraka, pa se hlađenje poremeti i turbinske se lopatice pregrijevaju. Pregrijane se lopatice počnu lomiti, a otkinuti komadi, zbog velike obodne brzine (350...400 m/s), probijaju plašt motora i oštećuju okolne uređaje, spremnike goriva, ulja, hidrauličkog fluida itd. To vrlo lako izazove požar, jer ne samo što su otkinuti dijelovi

lopatica usijani nego kroz izbušeni plašt motora izlaze i užareni plinovi. Osim leda, termodinamički uzroci kvarova turbine mogu nastati i zbog poremećaja u uređajima koji reguliraju rad kompresora i dotok goriva.

Od mehaničkih su kvarova najopasniji za nastanak požara lom cijevi za gorivo, ulje ili hidraulički fluid i lom lopatice turbine pri normalnoj radnoj temperaturi. U višestepenim turbinama najopasniji su kvarovi prvih stupnjeva gdje je temperatura najviša.

Prevelik protok goriva kroz nepodešenu sapnicu u komori izgaranja može biti uzrok da progori izlazni konus mlaznog motora. Također, požar može nastati ako gorivo isteče kroz izlaznu sapnicu mlaznog motora. Na avionima koji lete brzinom od nekoliko maha, razliveno gorivo može se spontano zapaliti zbog aerodinamičke kompresije i zagrijavanja zraka trenjem.

**Područja požara.** Na turbomlaznim i turboelisnim avionima požarom je najugroženije područje turbomotorske instalacije gdje se zajedno nalaze izvor paljenja i gorivo, ulje, hidraulička tekućina ili goriva smjesa. Prema stupnju opasnosti to je područje podijeljeno na tri dijela.

**Vrući dio motora,** koji obuhvaća komore izgaranja, turbinu i ispušnu cijev, najugroženiji je dio, te je od ostalih dijelova motora odvojen vatrobranim pregradama. Drugi dio je područje kompresora i pribora, tzv. **hladni dio motora,** gdje se nalaze pumpe za gorivo, ulje i hidraulički fluid, regulator dotoka goriva, elektrogenerator, elektrostarter itd. Treći dio je **cijela motorna gondola** u kojoj se nalaze instalacije za dovod goriva, ulja itd.

U požarnim se područjima provodi niz pasivnih zaštita. Sva upaljiva sredstva dovode se samo do hladnih dijelova motora i oko njih. Cijevi za dovod goriva, ulja i hidrauličkog fluida opletene su čeličnom žicom. Svi dijelovi konstrukcije i motora međusobno su spojeni elektrovodljivim trakama da se spriječi preskakanje iskre zbog statičkog naboja. Svi prostori motora imaju drenažne otvore da se ne bi nakupljalo proliveno gorivo.

**Uređaji za otkrivanje požara.** U turbomotornim avionima primjenjuju se različite metode za otkrivanje požara i povišenja temperature. Radi potpunije zaštite, veliki avioni uvijek imaju nekoliko različitih uređaja za otkrivanje požara, koji rade paralelno. Među takve uređaje spadaju: detektori zračenja na osnovi fotoelektriciteta, detektori brzine porasta temperature, detektori povišene temperature, detektori ugljik-monoksida, detektori dima, detektori gorive smjese i optički detektori sa staklenim vlaknima. Najčešće se za brzo otkrivanje požara istodobno upotrebljavaju: detektori brzine porasta temperature, detektori povišene temperature i detektori zračenja.

**Sredstva za gašenje požara** ista su kao u avionima s klipnim motorima, a najviše se upotrebljava brommetan. Kroz mlazne motore i oko njih protječe u jedinici vremena vrlo velika količina zraka, pa je za uspješno gašenje potrebno da se na

mjestu požara sredstvo za gašenje naglo rasprostire. Sredstvo za gašenje, tj. inertni plin, dovodi se iz boca, smještenih uz motor, kroz cijevi do sapnica ili rupičastih cijevi u ugroženom području. Boce se otvaraju eksplozivom, a sredstvo za gašenje isteče za samo jednu do dvije sekunde.

**Sistem za zaštitu od požara na višemotornim avionima.** Višemotorni turbomlazni avioni imaju sistem za zaštitu od požara, koji se sastoji od sistema za otkrivanje požara i sistema za gašenje požara. Senzori i izlazi tih podsistema nalaze se uz svaki motor, pomoćni agregat, grijač i drugi mogući izvor požara. U pilotskoj su kabini na posebnoj ploči alarmni signali, koji točno pokazuju mjesto požara ili povišene temperature, i komandni prekidači pripadnih uređaja za gašenje. Svaki motor i ugroženo mjesto ima redovno dva spremnika sa sredstvom za gašenje. Shema uređaja za gašenje požara na turbomlaznom motoru prikazana je na sl. 9.

Zbog veličine aviona i mlaznog motora povećana je opasnost od požara i kad se turbomlazni avion nalazi prizemljen na aerodromu. Radi toga su neki veliki turbomlazni avioni opremljeni posebnim centralnim sistemom za gašenje požara, koji se priključi na aerodromske spremnike sredstava za gašenje. Takav sistem omogućuje uspješnije gašenje požara na prizemljenom avionu, a nakon gašenja nije potrebno skidati prazne i ugrađivati nove pune avionske spremnike sredstava za gašenje uz pojedine motore. Sistem se može aktivirati iz pilotske kabine ili na mjestu gdje je priključen dovod sredstava za gašenje iz aerodromskog spremnika. Avioni bez centralnog sistema za gašenje na tlu imaju na ugroženim mjestima vrata koja se brzo otvaraju da bi aerodromski vatrogasci mogli lako ući u prostor gdje je izbio požar.

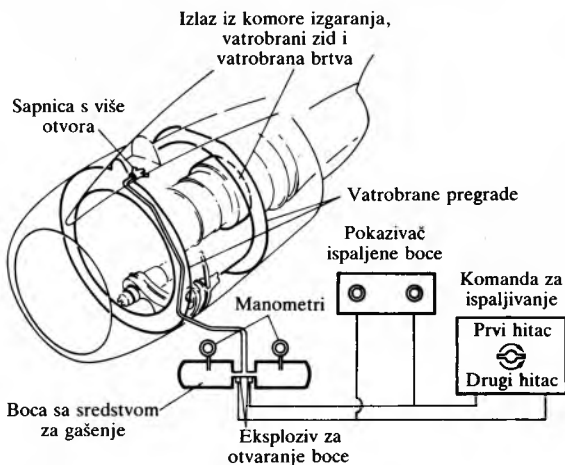
Požar u ispušnim cijevima pri startu ili zaustavljanju mlaznog motora obično se ispuhuje i gasi pokretanjem motora pomoću startera. Kad pri startu aviona nastane požar u ispušnoj cijevi, povećanjem snage motora povećani protok zraka obično ugasi požar. Ako požar u ispušnoj cijevi potraje duže, tad se direktno u ispušnu cijev ubacuje sredstvo za gašenje. Za vrijeme dok motor radi takvo gašenje ugljik-dioksidom ili drugim sredstvima koja se pri širenju veoma hlade može izazvati stezanje kućišta turbine, a time i lom turbinskih lopatica.

S. Bernfest

**PUMPE** (sisaljke, crpke), strojevi pomoću kojih se fluid, obično kapljevina, transportira, dobavlja na višu razinu ili u područje višeg tlaka. U širem smislu mogu se među pumpe uvrstiti i neki uređaji, poznatiji pod drugim nazivima, koji ne zadovoljavaju navedenu definiciju za pumpe, jer neki ne rade s kapljevinama (npr. mlazne pumpe – injektori, ejektori), a neki nisu strojevi (npr. udarna pumpa – hidraulički ovan). Danas se pumpe upotrebljavaju za različite namjene, pa su od svih strojeva po brojnosti na drugom mjestu, odmah iza elektromotora.

Pumpe se mogu klasificirati prema više različitih kriterija, a najčešća je klasifikacija prema principu na kojem se rad pumpe pretvara u energiju kapljevine. Takvom klasifikacijom pumpe se razvrstavaju u dvije velike grupe: **dinamičke pumpe** i **volumenske pumpe**. U dinamičkim se pumpama kapljevine prenose djelovanjem sila koje na njih djeluju u prostoru što je neprekidno povezan s usisnim i tlačnim cjevovodima pumpe. U volumenskim se pumpama kapljevine prenose pomoću periodičkih promjena volumena prostora što ga zauzima kapljevina, a koji se povremeno i naizmjenično povezuje s usisnim i tlačnim cjevovodima pumpe. Unutar tih dviju grupa postoje pojedini tipovi pumpa prema specifičnom principu rada i općem mehaničkom ustrojstvu (sl. 1).

Nije poznato gdje su i kada nastale najstarije naprave za dobavu vode s niže na višu razinu: *kolo s kablicama* i *kablični vijenac* (kabllice ovisjane o beskonačno užu), koje se i danas još ponegdje upotrebljavaju. Prema nekim



Sl. 9. Shema uređaja za gašenje požara na turbomlaznom motoru