

FILTRACIJA FLUIDA I SEPARACIJA ŠTETNIH MATERIJA KOD VAZDUHOPLOVA

*Doc. dr Časlav Mitrović,
Prof. dr Zoran Golubović,
Mašinski fakultet Beograd*

*Prof. dr Dragan Šešlija,
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Osnovni cilj ovog rada je da pokaže koliku važnost u definisanju tehnološke i konstruktivne koncepcije vazduhoplova ima kvalitet korišćenog fluida, odnosno da predoči važnost izbora filtera i filtracione opreme. Filteri i filtraciona oprema predstavljaju neophodne delove vazduhoplova a prevashodna uloga ovih sistema i filtracije uopšte je bezbednost putnika, životne sredine i pouzdanost i efikasnost vazduhoplova. Dobro izabrani filteri i filtracioni uređaji, dovoljan broj filtracionih koraka i efikasna filtracija na svakoj poziciji utiču na smanjivanje troškova eksploatacije, optimizaciju vazduhoplova kao i na postizanje vrhunskih performansi.

Izbor filtera i filterskih sistema predstavlja jedan od bitnijih koraka u definisanju tehnološke i konstruktivne koncepcije vazduhoplova u kojima je kvalitet korišćenog fluida posebno važan. Jednom rečju, filtracioni sistemi kod vazduhoplova predstavljaju vitalne delove koji pored uloge da obezbede kvalitetnu, pouzdanu i efikasnu filtraciju korišćenih fluida štite ljude i okolinu.

U radu su prikazani filterski sistemi karakteristični za helikoptere i njihove letove na posebnim, specifičnim režimima. Takođe je posebna pažnja data kabinskim filterima kod putničkih vazduhoplova. Konstatovano je da postoji potreba za dovoljno dobrom filtracijom kabinskog vazduha da bi se kontrolisala kontaminacija vazduha i putnicima i posadi obezbedila udobnost i osećaj zdrave sredine. Bez dobre filtracije kabinskog vazduha, rizik od infekcija je veoma visok. Na kraju rada su prikazani neki od testova koji se sprovode u cilju brže i efikasne kontrola filtera koji namenjenih vazduhoplovima.

Ključne reči: filtracija, separacija, vazduhoplov

UVOD

Primarna je obaveza svake vazduhoplovne kompanije, koja koristi vazduhoplove za prevoz putnika (uopšte ljudstva i životinja) ili robe, da svoje vazduhoplove održava u ispravnom, bezbednom i plovidbenom stanju. Programi održavanja danas variraju od kompanije do kompanije a usklađeni su sa strogim vazduhoplovnim propisima implementiranim u zakonima država u kojima one deluju. Specifičnost i efikasnost programa održavanja, dinamika održavanja, njihova ekonomska opravdanost i eksploataciono okruženje su deo faktora koji objedinjavaju kompleksan pristup održavanju vazduhoplova u svakoj kompaniji. Ovakav kompleksan pristup održavanju nema konačnu listu faktora već se ona svakodnevno proširuje kao posledica razmene iskustava i inovacija novih tehnika i tehnologija.

OSNOVNA PODSEĆANJA

Održavanje vazduhoplova kod nas u Srbiji ima duboke korene. Zakonske odredbe o održavanju je Srbija pionirski sledila. Još 18. februara 1913. godine Srpske novine koje su kraljevski dnevnik (pandam današnjem Službenom listu) pišu:

**“ PETAR I
PO MILOSTI BOŽJOJ I VOLJI NARODNOJ
KRALJ SRBIJE**

Na predlog Našeg Ministarstva Unutrašnjih dela i Našeg Ministra Vojnog,

....radi štice interesa državnih u pogledu sprečavanja uhođenja, carinskih prava, narodnog zdravlja i narodne odbrane, kao bezbednosti građana propisujemo sledeću

UREDBU

o saobraćajnim spravama, koje se kreću po vazduhu

Čl.1 Sprave koje se kreću po vazduhu, jesu domaće ili strane prema tome, kojoj državi pripadaju njeni sopstvenici. Te sprave ne uživaju eksteritorijalnost.

Čl.2 Te sprave moraju biti sigurne i ne mogu se upotrebljavati bez dozvole Ministarstva unutrašnjih dela. U dozvoli će biti tačno opisana sprava, koja se ***mora svakod održavati u ispravnom stanju...*** . P Br 1775, 18. februar 1913..god u Beogradu

PETAR c.r.”

Osnovni cilj ovog rada je da pokaže koliku važnost u definisanju tehnološke i konstruktivne koncepcije vazduhoplova ima kvalitet korišćenog fluida, odnosno da predoči važnost izbora filtera i filtracione opreme. Filteri i filtraciona oprema predstavljaju neophodne delove vazduhoplova a prevashodna uloga ovih sistema i filtracije uopšte je bezbednost putnika, životne sredine i pouzdanost i efikasnost vazduhoplova. Dobro izabrani filteri i filtracioni uređaji, dovoljan broj filtracionih koraka i efikasna filtracija na svakoj poziciji utiču na smanjivanje troškova eksploatacije, optimizaciju vazduhoplova kao i na postizanje vrhunskih performansi.

Greške u fluidnim sistemima nastale kao posledica kontaminacije ili neadekvatne filtracije znače smanjenje bezbednosnog nivoa vazduhoplova, povećanje tehničkih otkaza, veće troškove održavanja kao i dodatne troškove prevremene zamene oštećenih delova. Zbog nepravilnog izbora filtracione opreme, mogu se javiti i katastrofalne posledice što predstavlja kritičnu liniju za bezbednost i efikasnost celokupnog kompanijskog sistema. Zbog toga je potrebno izvršiti dobru optimizaciju i izbor filterskog sistema.

Podsetimo se najpre nekih osnovnih termina. Razdvajanje jedne vrste supstance od druge naziva se separacija. Postoji više načina i postupaka separacije. Ako se za razdvajanje jedne vrste supstance od druge koristi filterski materijal, tako da se omogući prolazak jednoj vrsti supstance, dok se druge supstance zadržavaju na površini ili unutar filterskog medija, tada se govori o filtarciji.

Generalno govoreći, filtracijom se mogu rešiti procesi odvajanja:

- čvrstih čestica od tečnosti,
- čvrstih čestica od gasova,

- tečnosti od gasova,
- tečnosti od tečnosti.

Filtracija je veoma važan korak u mnogim tehnološkim procesima, odnosno, kritičan korak u veoma odgovornim visokim tehnologijama kao što su vazduhoplovi.

ULOGA I IZBOR FILTERSKIH SISTEMA KOD VAZDUHOPLOVA

Izbor filtera i filterskih sistema predstavlja jedan od bitnijih koraka u definisanju tehnološke i konstruktivne koncepcije vazduhoplova u kojima je kvalitet korišćenog fluida posebno važan.

U opštem slučaju, pod filterskim sistemom se podrazumevaju filterske celine i potrebne opreme za filtraciju nekog medijuma.

Filterski sistemi kod vazduhoplova se koriste kao

• **filteri za hidrauličke sisteme**

Ovi filteri moraju biti pouzdani i izdržljivi postižući tako veliku efikasnost, kapacitet i sposobnost da izdrže velike pritiske za sve vreme upotrebe. Posledica nepravilnog rada ovih filtera zbog taloženja kontaminanata su povećano habanje, pojačano curenje, gubitak snage i degradacija radnog fluida.

• **kabinski filteri**

Perfektno zaptivanje, veoma velika efikasnost, kontinualno prečišćavanje su osnovne odlike ovakvih filtera.

• **filteri maziva za podmazivanje motora**

Posebna osobina ovih filtera je obezbeđivanje konstantne čistoće ulja. Ovi filteri svojim pravilnim radom omogućavaju povećanje kapaciteta motora i produženja radnog veka.

• **filteri maziva za podmazivanje reduktora kod helikoptera**

Ovi filteri pored ostalog imaju visoku i stabilnu efikasnost za vreme upotrebe, znatno povećan kapacitet kontaminacije i odličnu otpornost na vlagu.

• **filteri za gorivo**

Veoma strogi standardi postavljeni za gorivo koje se koristi u vazduhoplovstvu imaju za posledicu povećanih zahteva u pogledu upotrebe filtera za gorivo. Ovi filteri ili bolje rečeno filterski sistemi moraju da obezbede

СРПСКЕ НОВИНЕ

ИЗДАВАЊЕ — ШТАМПАЊЕ — ЦИРКАРЊЕ

СЛУЖБЕНИ ДНЕВНИК

КРАЉЕВИНЕ СРБИЈЕ

ГОДИНА XXXI. — БРОЈ 490

Државна штампарија у Београду, у улици Краља Александра, број 10. Издање од 15. фебруара 1915. године. Цена по листу 10 динара. Државна штампарија у Сарајеву, у улици Краља Александра, број 10. Издање од 15. фебруара 1915. године. Цена по листу 10 динара. Државна штампарија у Загребу, у улици Краља Александра, број 10. Издање од 15. фебруара 1915. године. Цена по листу 10 динара. Државна штампарија у Београду, у улици Краља Александра, број 10. Издање од 15. фебруара 1915. године. Цена по листу 10 динара.



У Београду, у улици Краља Александра, број 10. Издање од 15. фебруара 1915. године. Цена по листу 10 динара. Државна штампарија у Сарајеву, у улици Краља Александра, број 10. Издање од 15. фебруара 1915. године. Цена по листу 10 динара. Државна штампарија у Загребу, у улици Краља Александра, број 10. Издање од 15. фебруара 1915. године. Цена по листу 10 динара.

М К

ПЕТАР I.

ПО ИЖОШТЕ СВЕКОЈ И ВОЈНЕ НАРЪДНОЈ
КРАЉ СРБИЈЕ

На предлог Нашег Министра Унутрашњих Дела и Нашег Министра Војног, а на основу §§ 5, 15, 16, 27, тач. 1, и 29, тач. 1 Устројства Централне Државне Управе, члана 6 и 7, закона о устројству војске, члана 33, тач. 1, закона цивилног и § 326, кривичног закона, ради иштаћења интереса државних у вези са спречавањем ухвађања, царинских права, народног здравља и народне сиротиње, као и безбедности грађана прописујемо следећу

УРЕДБУ

о саобраћајним справима, које се
креду по ваздуху

Чл. 1. Справе, које се крећу по ваздуху, још док се не изврши премоње, којој се припадајући суверенитети. Те справе не уживају екстериторијалност.

Чл. 2. Те справе морају бити означене и на месту се употребе својим Сведомим Министром Унутрашњих Дела. У дозволи ће бити гатно означена управа, која се мора свака одговарати у исправном стању.

Чл. 3. На свакој справи мора бити исписано на непоматној табели име сопственика и његов стип, име конструктора и броја авијације, ознака земље, одица је и број под којим је дата дозвола за употребу справе.

Чл. 4. Управљач справе мора да има Уверене Министра Војног о својој способости.

Чл. 5. Свака справа мора изаћи из себе знак (гачетом или светлосним), који је нарочито буре прописан предвању дозволе, и мора да има путну књигу, оверену предвању дозволе, а у случају власти има право уношења иста ваздуху за употребу, док се справа налази на земљи.

Чл. 6. На справима не сме бити оркеша музике, експлозива, авијације, фотографских, радиотелеграфских и радиотелефонских, ризуба или знаменца, или се са справе сме ништа саврши из

земљу — осим по дозволи српске полицијске власти, која ће у дозволи проборити врлеме, који се могу бацити или својим ваздухом неће представити никакву опасност по становништво (као авијација, вода).

Чл. 7. Справе не смеју да лете преко граница или преко граница државе, а пре граница државе, него да буду од себе одвојени — осим по нарочитој дозволи Министра Унутрашњих Дела.

Чл. 8. Справе не смеју да лете у војне регионе око утврђених места, сем по нарочитој дозволи Министра Унутрашњих Дела, која ће се дати по споразуму са Министром Војним.

Чл. 9. Справе не смеју лети само у свом правцу, који је назначен подписом управљача, уписаном то и у путну књигу.

Чл. 10. Полицијска власт може сваког извршати предлог справе и има право наметати начела, да управљач справе изврши справу из ваздуха на земљу. Управљач има дужност, да ту наредбу поступи.

Чл. 11. Справе са територије, ма чеје оне биле (државне, јавне, црквене ит. д. омишљених) могу пребити над српску територију само на месту и у време, које одреди државна власт у споразуму са Министром Унутрашњих Дела. Такве справе мораће одмах да се спусте на одређени место или да се примају врхушка законских, начела власти и начела из ове Уредбе.

Чл. 12. За време мобилизације и рата никакве стране справе (биле српске, јавне, црквене ит. д.) не могу летети над српском територијом, сем кад Министар Унутрашњих Дела и Министар Војни издаду по свом начелу нарочиту дозволу за то и прописане. Справе које справе никако не смеју летети над српском територијом, да ни у време мира.

Чл. 13. Све справе, које за време мобилизације и рата без дозволе и знака лете над српском територијом, сматраће се као справе непријатељске државе или које ће се као такве и поступати.

Чл. 14. Полицијске и војне власти се овлашћују да сматрају, да особље на справима у ваздуху које немају одобрења и знака, врше кривично дело из главе довете кривичног законика и из

главе исте војне кривичног законика, да се то особље налази у бегству и као ухваћено на свомом делу, не поштујући ни прописе ове уредбе, и да према томе имају право и дужност да употребе сва мера, да се справа што пре спусти на земљу. Полицијске власти ће указивати помоћ и стављати на располагање потребан материјал за то нарочито војна власт. Полицијске власт ће предузимати све што је потребно, да се којим случајем не спрече српске државне справе са особљем, у коме ће бити тражени потребна објашњења од надлежних власти.

Чл. 15. Са одговорним начелом надлежних власти ће поступати по закону. Све справе, као оруђа, којима се чине кривична дела, конфисковаће се у корист државе, кад се нађу у свима које кривично дело.

Чл. 16. О датим дозволама и извршењу по-значених дужности ће се извршавати војне и полицијске власти.

Ова уредба имаће снагу од дана од објаве у Српским новинама.

Препоручујемо свима Нашим Министрима, да ову уредбу објављују и о извршењу њеном се старају, нарочито напомена да по свој вољу поступи, а свима да јој се покораву.

П Бр. 1775

18. фебруара 1915. год.
у Београду.

ПЕТАР С. Р.

- Председник
Министарства Србије,
Министар Унутрашњих Дела,
Ник. П. Павић с. р.
Министар Финанса,
Др. П. Пауч с. р.
Министар Унутрашњих Дела,
Стој. М. Протић с. р.
Министар Војне,
Др. М. Полињак с. р.
Министар Народне Цркве,
К. М. Стојановић с. р.
Министар Грађевина,
Ј. П. Јовановић с. р.
Министар Правде и Црквених Послова,
Б. Јовановић с. р.
Министар Војне,
Томислав,
Мил. Бојановић с. р.

Slika 1. Izvod iz Srpskih novina o zakonu o održavanju

100% odstranjivanje prljavštine i vode iz goriva čime se obezbeđuje zahtevana količina goriva, izbegava bilo kakvo oštećenje delova gorivnog sistema i motora i sprečava stvaranje leda čime se obezbeđuje veoma velika pouzdanost i efikasnost rada motora kod vazduhoplova.

- **filteri za vazduh za opremu vazduhoplova**

Osobine i standardi koji važe za kabinske filtere važe i za filtere za opremu vazduhoplova.

- **filteri za pneumatiku**

Perfektno zaptivanje, velika efikasnost, kontinualna i stopostotna dekontaminacija su ukratko karakteristike ovih filtera.

- **filteri za separaciju vazduha motora**

Iste osobine moraju imati i ovi filteri kao što ih imaju kabinski filteri, filteri za opremu vazduhoplova i filteri za pneumatiku.

- **turbinski filteri za vazduh visoke temperature**

Ovi filteri pored ostalog imaju visoku efikasnost pri radu sa vazduhom visoke temperature.

Jednom rečju, filtracioni sistemi kod vazduhoplova predstavljaju vitalne delove koji pored uloge da obezbede kvalitetnu, pouzdanu i efikasnu filtraciju korišćenih fluida štite ljude i okolinu.

NEKE KARAKTERISTIKE I ZAHTEVI PRI ODRŽAVANJU HELIKOPTERA

Na osnovu početnih taktičko-tehničkih zahteva, i primedbi na realnost i način definicije istih koje su sagledane i oformljene kroz analizu pregleda postojećih izvedbi helikoptera, modernom helikopteru se nameću strogi i eksplicitni taktičko-tehnički zahtevi. Oni si definisani u zavisnosti da li je helikopter namenjen za:

- taktički transport ljudstva i materijala,
- traganje i spašavanje na kopnu i moru ili
- evakuacija i prevoženje obolelih i povređenih.

Neke karakteristike kojima helikopter mora da se odlikuje su:

- Helikopter mora biti podesan za eksploataciju u klimatskim uslovima definisanim dijapazonom ambijentnih temperatura od min.-45 C do max.+35 C.
- Helikopter mora biti sposoban za dejstva u složenim meteorološkim uslovima, danju i noću.

- Helikopter mora biti sposoban da operiše sa isturenih pomoćnih letelišta uz minimalnu podršku tehničkog osoblja, bez specijalne zemaljske opreme i spoljnih izvora energije.
- Helikopter mora imati mogućnost bezbednog sletanja na vodu u slučaju nužde.
- Helikopter mora biti u mogućnosti da bezbedno nastavi let u slučaju otkaza jednog motora (ako bi se radilo dvomotornoj varijanti).
- Helikopter mora biti u mogućnosti da nastavi let smanjenom snagom u slučaju prestanka podmazivanja glavnog reduktora, u trajanju od najmanje 30 min.
- Mora biti obezbeđeno normalno napajanje motora gorivom u slučaju otkaza jedne potisne (buster) pumpe ili gubitka goriva iz rezervoara za napajanje jednog motora.
- Treba biti predviđena mogućnost korišćenja kiseoničkog sistema prenosnog tipa za visinske letove.
- Helikopter mora biti opremljen sistemom za detekciju i gašenje požara u kritičnim zonama.
- Helikopter treba da bude opremljen uređajima za radijacionu i hemijsku detekciju.

Sistem goriva mora da obezbedi napajanje motora gorivom u celoj anvelopi leta i pri svim brojevima obrtaja motora.

- Napajanje motora gorivom mora da se vrši sa dve buster pumpe uz obezbeđenje unakrsnog napajanja motora u slučaju otkaza jedne pumpe ili gubitka goriva iz rezervoara za napajanje jednog od motora.
- Merenje količine goriva mora se vršiti davačima postavljenim u svakom rezervoaru uz konstantno očitavanje ukupne količine goriva kao i količine goriva u bilo kom od njih.
- Mora biti obezbeđena signalizacija otkaza buster pumpe i signalizacija minimalna količine goriva, nezavisno od sistema za merenje količine goriva.

Konstruktivska i tehnološka rešenja u celini moraju omogućiti jednostavno održavanje i obezbeđenje visoke pouzdanosti rada helikoptera. Za ispitivanje na zemlji mora biti obezbeđena integralna provera sistema i uređaja helikoptera sa jednog priključnog mesta.

- Motor mora da bude modularne konstrukcije sa potpunom zamenjivošću modula u jedini-

cama, a bez dopunskih ispitivanja i uticaja na performanse.

- Vreme između dva remonta treba da bude minimum 2000 sati.
- Vek helikoptera treba da je minimum 20 godina ili 1000 sati leta.
- Interval periodičnih pregleda treba da je minimum 250 sati.

Navedene karakteristike helikoptera predstavljaju odrednice na kojima se zasniva konstrukcija svih filterskih pozicija u ovoj vrsti vazduhoplova.

FILTRACIJA I SEPARACIJA KOD HELIKOPTERA

Jedan od bitnih filtracionih zadataka kod helikoptera je sistem filtracije i klimatizacije vazduha koji mora da obezbedi dovoljnu fiziološku udobnost posadi i putnicima u zavisnosti od namene helikoptera a samim tim i:

- Provetranje od najmanje 0,5 kg/min svežeg vazduha po osobi u kabinskom i 0.35 kg/min po osobi u prostoru za prevoz putnika.
- Održavanje temperature vazduha u kabinskom i putničkom prostoru iznad 12 C u svim letnim i klimatskim uslovima.
- Brzinu strujanja vazduha oko tela pilota ili putnika manju od 1.5 m/s.

Helikopteri se mogu naći u vrlo delikatnim i teškim uslovima na različitim režimima leta. Tako, helikopteri lete u uslovima pustinjske oluje, spasilački helikopteri na vodi u uslovima povećane vlažnosti i velike koncentracije soli, spasilački helikopteri na planini u uslovima snežne oluje ili pak helikopteri u akcijama gašenja požara.



Slika 2. Let u pustinjskim uslovima



Slika 3. Let u snežnim uslovima (dopremanje opreme na ispitnoj stanici na Aljasci)



Slika 4. Spasilačka misija MRA

Kao jedan od sedam ključnih faktora za obustavljanje spasilačke misije MRA (Mountain Rescue Association) naveden je i problem filtera na ulazu u motor za vreme snežne oluje.



Slika 5. Gašenje šumskog požara



Slika 6. Spasilačke ekipe na moru

Zato se kod helikoptera zahteva izuzetno efikasna zaštita na ulazu u motor kako bi mogli da funkcionišu prilikom leta u peskovitim, prašnjavim ili zadimljenim okruženjima. Tako se, ugradnjom takozvanog filtera za pesak motoru, olakšava rad a helikopteru se omogućava direktna prohodnost vazduha i povećava pouzdanost. Samim tim je olakšano i održavanje.

Instalacija ovakvog filtera treba da omogućiti:

- povećanu direktnu prohodnost
- veću pouzdanost motora - pojačan motor
- zaštitu od oštećenja stranim objektima
- do 10 puta produžava vek kompresoru u pogledu zaštite od erozije
- smanjuje oštećenje elemenata turbine
- performanse za efektivni trošak sa povratkom utroška za manje od godinu dana u pojedinim okruženjima

Ovakvi filteri treba da budu jednostavni za instaliranje a pribor za tu operaciju lako dostupan.

Tipovi filterskih sistema

- *Sistem filtera za prečišćavanje vazduha i zaštitu motora i elektronike*

Ovaj filter se koristi za prečišćavanje vazduha i zaštitu turbomotora i elektronike sa efikasnošću otklanjanja prašine od 99.5%

- *Sistem filtera za prečišćavanje vazduha i ulja*

Ovaj filter se koristi kao prefilter za ulja sa visokim novoom zaštite kod turbomotora i sa efikasnošću otklanjanja prljavštine od 99%

- *Sistem filtera za prečišćavanje vazduha i eliminator kapljica*

Ovaj filter se koristi kao eliminator vodenih kapljica (do $2\mu\text{m}$) kod turbomotora sa efikasnošću otklanjanja prljavštine od 95%

- *Sistem filtera za prečišćavanje vazduha od učešća stranih objekata*

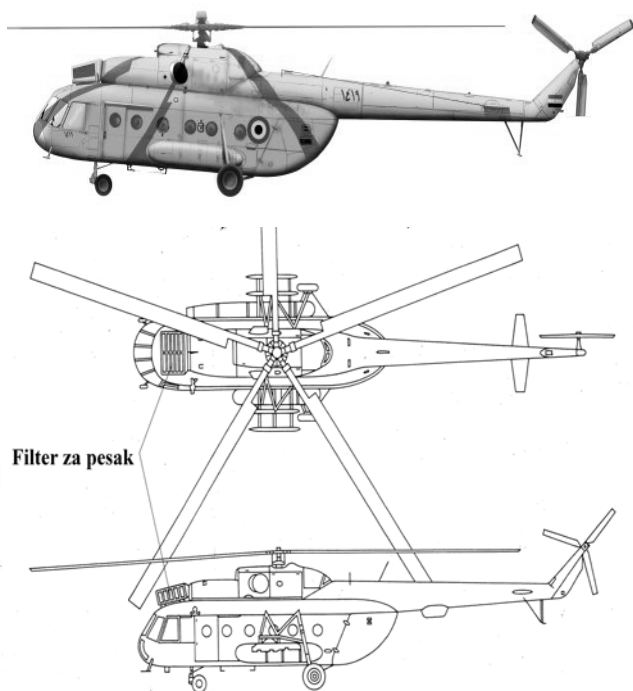
Ovaj filter se koristi kao eliminator elemenata nastalih kao posledica borbenog dejstava. Uglavnom su to elementi uništenog protivničkog objekta (geleri) kao i time nastale prašine. Ovaj filter ima efikasnost otklanjanja prljavštine od 95%

Elementi filtera za vazduh namenjenog korišćenju u peskovitim sredinama

Filter za vazduh namenjen peskovitim sredinama je veoma efikasan, kompaktni samopročišćavajući separator čestica koji je idealan za usisavanje vazduha na motoru, hladjenje vazduha u motoru i za sisteme za klimatizaciju, gde je potrebna velika količina čistog vazduha sa vrlo malim padom pritiska.

Postavljanjem filtera za vazduh namenjenog peskovitim sredinama na uvodniku vazduha na motoru onemogućava se ulazak abrazivnih čestica. Kao posledica ovoga ima se produžetak radnog veka motora, dolazi do uštede troškova usled prevelike zamene komponenata i produžava se funkcionisanje sistema. Ovi filteri za vazduh namenjenog peskovitim sredinama su napravljeni za maksimalni vek trajanja, od materijala tako biranih da imaju veliku otpornost na zamor, otpornost prema koroziji, ultra ljubičastom zračenju, vibraciji i promenljivim visokim / niskim temperaturnim uslovima.

Sistemi ovakvog filtera se već koriste kod Mi 8 helikoptera na području bliskog istoka više od dvadeset godina (slika 7). Preko 1000 Mi8 helikoptera su u funkciji i koriste ovu opremu. Filter za vazduh namenjen peskovitim sredinama je snabdeven priborom za instalaciju prikladnim i za monofaznu i trofaznu struju u zavisnosti od standarda po kojem je ugrađena oprema.



Slika 7. Filter za vazduh namenjen peskovitim sredinama ugradjen na Mi-8

Filter za vazduh namenjen peskovitim sredinama – Centrifugalni separator

Filteri za vazduh namenjenog peskovitim sredinama sa centrifugalnim separatorom su idealno efikasni filteri za uvodnik vazduha i mogu se koristiti za:

- uvodnik vazduha motora - kao prečistač koji prathodi pre drugih zaštitnih filtera ili eliminatora magle,
- zaštitu uvodnika vazduha na turbini za gas helikoptera,
- zaštitu hladnjaka koji je namenjen radaru i elektronici,
- filtraciju vazduha, nastalu kao posledica niskog leta iznad nivoa mora, koji je bogat slanim vodenim kapljicama,
- zaštitu hladnjaka generatora,
- zaštitu svih kontrolnih sistema helikoptera

-Princip rada filtera u obliku centrifugalnog separatora

Na slici 8 dat je šematski prikaz filtera u obliku centrifugalnog separatora. Princip rada se sastoji u sledećem. Kontaminiran vazduh najpre ulazi u cev u kojoj se nalazi generator vrtložnog strujanja. Uloga ovakvog vrtložnog kretanja je da se kao posledica centrifugalne sile teške čestice kao i kapljice vode izdvoje i izbace napolje pre ulaska u divergentnu cev posta-

vljenu na izlasku. Ove čestice se sa određenom količinom vazduha bivaju izbačene.

Kod Mi 8 helikoptera raspršivanje ovakvog prljavog vazduha je, na primer, potpomognuto posebnim ventilatorom. Divergentna cev postavljena u nastavku prikuplja čisti vazduh i odvodi ka motoru.

U slučaju kada sistem zahteva veliki protok vazduha i mali pad pritiska koriste se više ovakvih filtera u obliku centrifugalnog separatora koji su postavljeni kao panel (tzv. Multi panel separator).

Ovakav panel može se na helikopteru postaviti tako da se kroz njega vazduh usisava ili izduvava. Multi panel separator mora biti tako dizajniran da ostvari minimalni ukupan pad pritiska i gradijent protoka izmedju cevi. Prostor u kome se prikupljaju a zatim se iz njega izbacuju teške čestice kao i kapljice vode, odnosno prljavi vazduh, mora biti optimiziran ravnomerno za svakiseparator.

Ostvarivanjem ovako postavljenih uslova omogućava se efikasnost otklanjanja prašine na celokupnom panelu. U slučaju da je pritisak u takvoj komori manji od atmosferkog, panelu se mora dodati ili mlaznica visokog pritiska ili ventilator.

Svrha ovakvog ubrizgavanja vazduha je povećanje brzine u grlu mlaznika koja se koristi za izbacivanje prljavštine. Takodje, je potrebno voditi računa pri projektovanju vazduhoplova i postavljanju ovakvog panela o smeru strujanja vazduha.

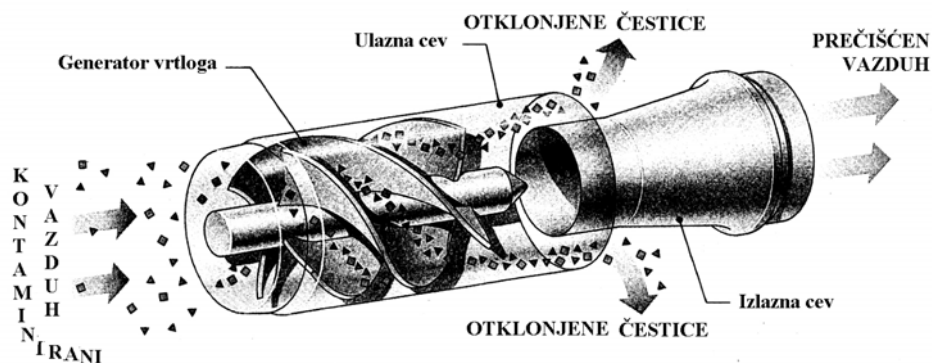
Kao primer postavljenog separatora na helikopteru Mi8 i Mi24 neke karakteristike su date su u sledećoj tabeli:

	Mi8	Mi24
Pad pritiska	8.7mbar	12,5 mbar
Gubitak snage	1,8%	2,5%
Efikasnost otklanjanja prašine	95 – 97 %	
Težina separatora	57kg	
Potrebna snaga ventilatora	3,2 kw	

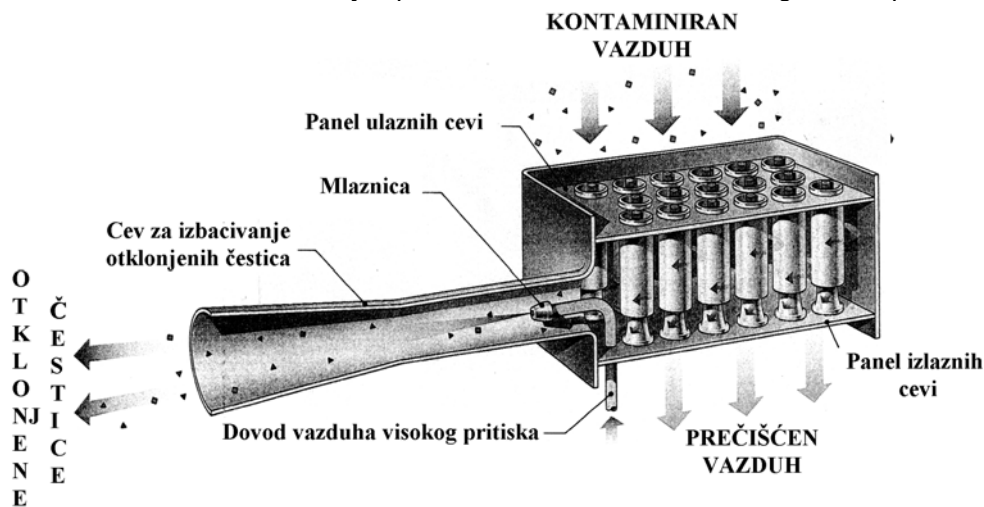
FILTRACIJA I SEPARACIJA KOD PUTNIČKIH AVIONA

Kabinska filtracija

U proteklih desetak godina javila se tendencija da se smanji količina svežeg vazduha koja ulazi u kabinu vazduhoplova.



Slika 8. Filter za vazduh namenjen peskovitim sredinama centrifugalnim separatorom



Slika 9. Multi panel separator

Cena svežeg vazduha je velika, oko 60 000\$ godišnje ili više kod komercijalnih vazduhoplova srednje veličine. Sve veće količine vazduha koji cirkuliše se uvode, štedeći znatno na utrošku goriva, ali se zato povećava cena koju plaćaju putnici i posada.

Procenjena cena ventilacije svežeg vazduha

Posmatrajući kabinski prostor sa velikim brojem putnika, u vazduhu kabine postoji velika koncentracija prašine, vlakana, duvanskog dima, a naročito bakterija i drugih mikroorganizama.

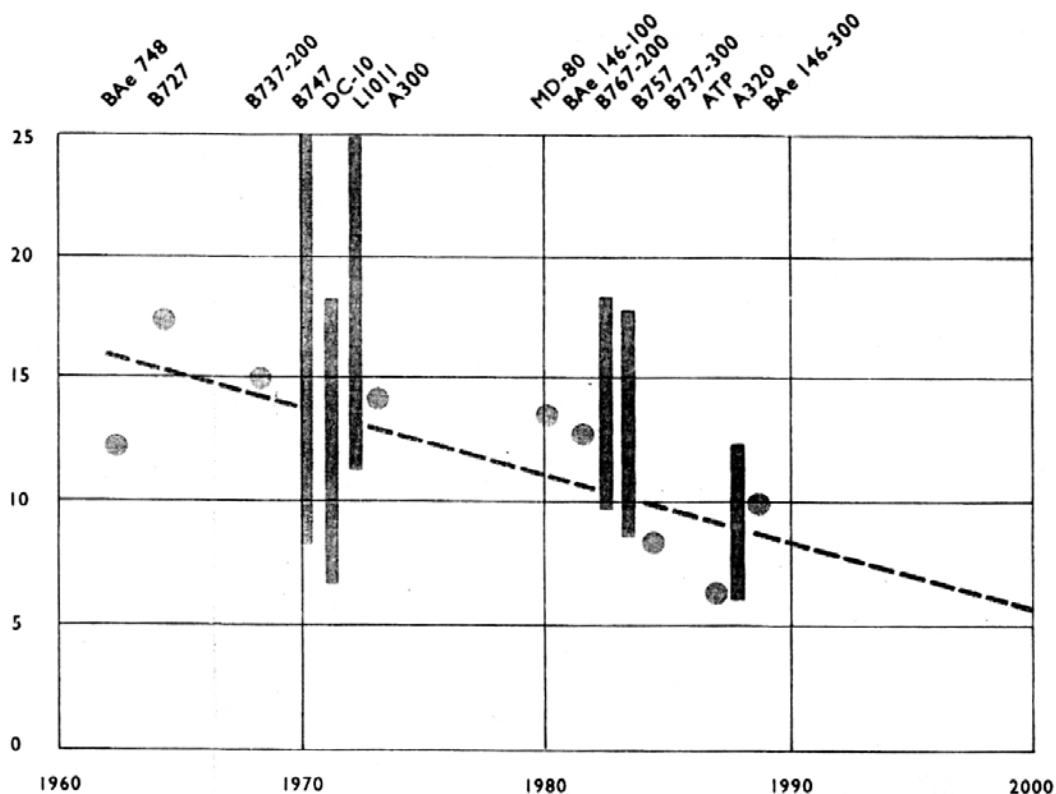
Prašina, vlakna, čestice sa kože neprestano se oslobadjaju u kabinskom prostoru, posebno u toku aktivnosti, npr. kretanje ljudi, pomeranje odeće, kompresija jastuka na sedištu, pa čak i brže, dublje disanje utiče na to.

Sve ovo nosi mogući rizik i za putnike i za posadu, povećajući mogućnost pojave infekcija i bolesti kao i glavobolje, mučnine, problema respiratornih organa, iritacije i upala.

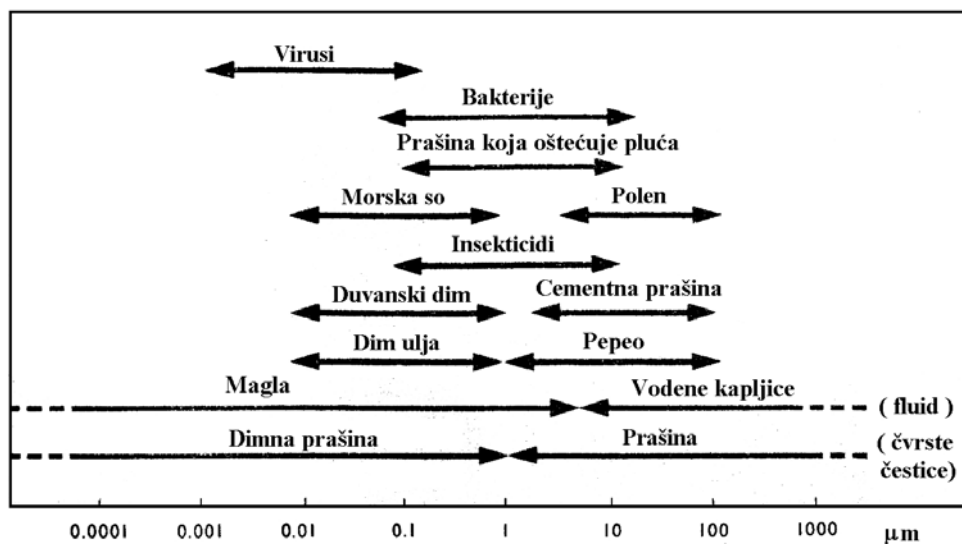
Broj putnika	170
Protok svežeg vazduha po putniku	10ft ³ /min
Ukupni protok svežeg vazduha	1700ft ³ /min
Potrošnja goriva u svrhu ventilacije	0.012US galona goriva po ft ³ /min vazduha
Sati letenja/ funkcionisanja godišnje	3 000 časova
Potrošnja kerozina	1.00\$/US galon
Potrošnja svežeg vazduha godišnje po vazduhoplovu	61 200\$

1 ft = 0.305 m

Zato postoji potreba za dovoljno dobrom filtracijom kabinskog vazduha (slika 12) da bi se kontrolisala kontaminacija vazduha (slika 11) i putnicima i posadi obezbedio udobnost i osećaj zdrave sredine. Bez dobre filtracije kabinskog vazduha, rizik od infekcija je veoma visok. Bakterije štetne po zdravlje, kao i virusi, moraju da se uklone.



Slika 10. Tendencija smanjenja količine svežeg vazduha



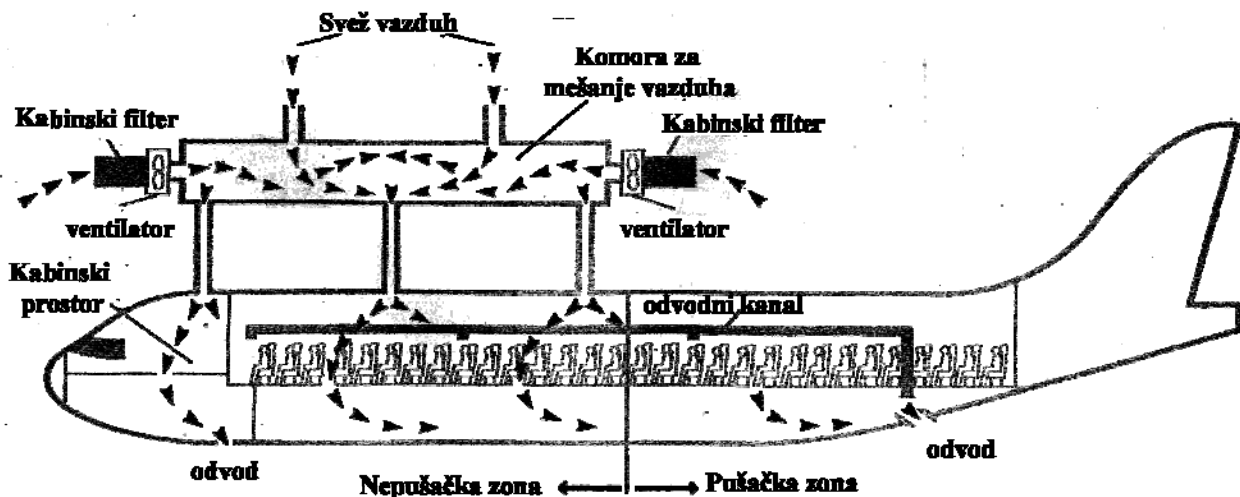
Slika 11. Kabinski vazduh i vrste kontaminacije

Prema strogim standardima za putničke vazduhoplove, obavezno je obezbediti ultra-dobru opremu za filtriranje sa efikasnošću otklanjanja kontaminacije od 99.99%. Oprema za adsorpciju je takodje dostupna za otklanjanje škodljivih dimova i mirisa. Višegodišnje iskustvo u pronalaženju mikrobiolnih zaštitnih filtera za intenzivnu negu i anesteziju u bolnicama kao i sterilnih vazdušnih filtera za visoko kritična područja pri farmaceutskoj proizvodnji, imalo je

za posledicu usvajanje standarda filtracije kabinskog vazduha u vazduhoplovstvu.

Analiza vazdušnih čestica u kabini vazduhoplova

Performansa filtera za vazduh visoke efikasnosti se obično izražava u procentima uticajnih čestica koje se otklone filterom. Izražena efikasnost mora da bude u skladu sa veličinom čestica i brzinom protoka koji se obično susreću u praksi.



Slika 12. Šematski prikaz kabinske filtracije

Odnos cirkulacije	50%			
Efikasnost filtera	50%	97%	99.9%	99.9%
Relativni broj čestica po m ³	6880	315	10	1

➤ Upala respiratornog trakta (Respiratory Tract)

- Alergije (Allergies)
- Glavobolje (Headaches)
- Umor (Fatigue)
- Mučnina i vrtoglavica (Nausea, Dizziness)

Mikrobiotički aerosoli – Bakterije i virusi

Mikrobiotički aerosoli su nevidljive kapljice (čestice) bez mirisa, ali mogu da budu smrtonosne. Generalno od mikroorganizama, i bakterije i virusi i spore mogu da izazovu pojavu neke vrste infekcija. Vazduh koji cirkuliše je veoma zarazan ukoliko se ne upotrebe filteri visokih performansi, budući da kašljanje i kihanje proizvodi milione aerosolizovanih kapljica koje prenose bakterije. Do 30000 bakterija u minutu po putniku može da se izbacu u okolinu iz kože koja se ljusti.

Uticaj mikrobiotičkih aerosola na zdravlje putnika se može manifestovati kao:

- Respiratorne infekcije (Respiratory Impairment)
 - Plućne bolesti (Pulmonary Diseases)
 - Nazalne infekcije (Nasal Infections)
 - Astma (Asthma)
- Infekcije uha (Ear Infections)
- Bolesti sinusa (Sinus Diseases)
- Iritiranje i upala (Irritations and Inflammations)
 - Svrab kože (Skin)
 - Kihanje (Nose)
 - Iritiranje očiju (Eyes)

Kabinski filteri odstranjuju elemente kontaminacije koristeći tri osnovna mehanizma filtracije

- Direktno odstranjivanje
- Inercijanim dejstvom i
- Difuzionim odstranjivanjem

U praksi se za uklanjanja virusa koristi kombinacija sva tri mehanizma filtracije.

Duvanski dim i njegov uticaj na okolinu

Budući da ne postoje posebne prostorije za pušenje, duvanski dim je doskora bio najvažniji ugrožavalac vazduha po pitanju iritacije mirisom i smanjene vidljivosti zbog oblaka dima. Poslednjih par godina je na svim komercijalnim letovima zabranjeno pušenje. Nažalost na VIP letovima korisnici smatraju da njihov status dozvoljava sve pa se ne pridržavaju ove i ovakve zabrane. Zbog toga se mora voditi računa i o filtraciji duvanskog dima. Opasnost po zdravlje kao i smetnja putnicima nepušačima mora se uzeti u obzir. Pored toga postoje i drug praktična razmatranja zbog kojih je važno otklanjanje duvanskog dima. Izloženost dimu cigarete izaziva ozbiljne smetnje u kontrolnom sistemu okoline, a katkad i u sistemu vazduhoplovne elektronike. Otklanjanje naslaga kao posledica dima u kontrolnom sistemu ima visoku cenu.

Mirisi i vlaga

U ovu kategoriju spada gasovita kontaminacija. Ugljen dioksid, monoksid i ozon su normalni konstituenti kabinskog vazduha. Tome su još dodate i druge gasovite komponente, kao što su mirisi tela i oni koji dopiru iz kuhinje, kupatila i teretnog prostora. Cigarete takođe stvaraju specifične kompleksne ugljovodonične gasove.

Osetljivost putnika na infekcije

Bakterije se razvijaju u sredini visoke vlažnosti, a virusi u sredini male vlažnosti. Oba ova stanja se javljaju u vazduhoplovu. Tako, sredina pri normalnom letu, gde je vlažnost vazduha mala, je veoma dobra za opstanak virusa. U vlažnim uslovima na početku i kraju leta, uslovi za rast bakterija su isto veoma pogodni, naročito ako se voda u tečnom stanju sakupi u sistemu za klimatizaciju. Putnici su takođe mnogo podložniji infekciji tokom leta nego u normalnim uslovima.

Mnogo faktora doprinosi tome – mala vlažnost, protok vazduha koji neprestano duva oko oblasti lica, zatvorena sredina i kontakt s ljudima iz različitih sredina, kod kojih postoji mogućnost da nose tipove infekcija koji se normalno ne susreću. Posto je potrebno obično 4 dana da se infekcija razvije, putnici se obično raziđu pre nego što se pojave simptomi. U jednom dokumentovanom slučaju, kad je vršena provera putnika posle leta, jedan putnik je zarazio gripom 37 ostalih putnika. Ukratko, vazduh u kabini može da bude opterećen patogenim mikroorganizmima mnogo više nego većina drugih sredina.

Zato kabinski filteri moraju da poseduju rešenje za svaku vrstu kontaminacije.

Vrsta kontaminacije	Rešenje
Bakterije i virusi	Završni filteri, efikasnost >99.99%
Prašina i vlakna	Završni filteri
Duvanski dim	Završni filteri
Mirisi i vlaga	Adsorbent filteri
Ugljen dioksid	Regenerativni adsorbent filteri
Ozon	Adsorbent filteri i katalitički konvertori
Voda	Sjedinjavači

Optimalne performanse kabinskih filtera i dizajn

Filter je dizajniran posebno za svaku strukturu vazduhoplova u zavisnosti od različitosti

zahteva specifičnih za ponaosob svaki vazduhoplov (slike 13,14). Ovi zahtevi na pr. obuhvataju efikasnost otklanjanja, brzine protoka vazduha, konfiguraciju instalacije, životne potrebe i mnogo drugih. Da bi se postigao optimum performanse, potrebno je smanjiti prostor i težinu današnjih komercijalnih vazduhoplova.

Kombinacija zaštitne filtracije visoke efikasnosti i adsorbenata za otklanjanje mirisa omogućuju da se kabina vazduhoplova snabdeva nekontaminiranim vazduhom visokog kvaliteta.

Kada se dizajnira filter za vazduh, izvesni parametri kao sto su efikasnost, pad pritiska, život i trajnost, treba da se uzmu u obzir. Za sisteme koji nisu u radu pod pritisakom, izbor filter medijuma je obično smolom povezana mreža staklene vune. Mogućnost smanjenja gustine omogućava pojavu više nabora i više prostora u filteru. Povećani prostor smanjuje brzinu i na taj način usporava protok kroz medijum. Manja brzina takođe poboljšava efikasnost filtera. Na taj način, veća zapremina se omogućava za akumulaciju prljavštine i dugotrajnost filtera se povećava.

Zbog toga se prilikom odabira filtera vrše testiranja koja imaju za cilj utvrđivanje velike efikasnosti i pravilan odabir filtera.

Neki od testova kabinskih filtera

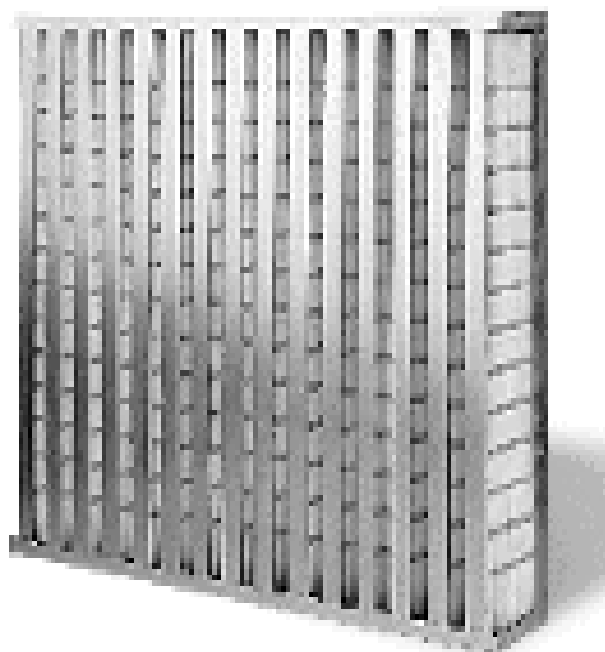
Preferencijalan test efikasnosti filtera

Preferencijalan test efikasnosti filtera je test sagorevanjem natrijuma (slika 15). U ovom testu, aerosol čestica natrijum hlorida se stvara atomiziranjem rastvora soli, a potom vodenim isparavanjem iz kapljica. Aerosol sadrži čestice soli mase srednje veličine 0.6 mikrometara. Čestice otpadne vode se sagorevaju u plamenu vodonika i intenzitet žute boje direktno govori o efikasnosti testiranog filtera.

Test trajnosti filtera

Da bi bili sigurni da trajanje filtera ide u susret zahtevima dizajna sa odgovarajućom sigurnošću, vrše se razni testovi te vrste. Testirani filteri su stavljeni na probu sa raznim kontaminatorima, uključujući i visok nivo dima cigarete (slika 16). Ovo potvrđuje da će filteri održati mali pad pritiska pod najizazovnijim uslovima (slika 17).

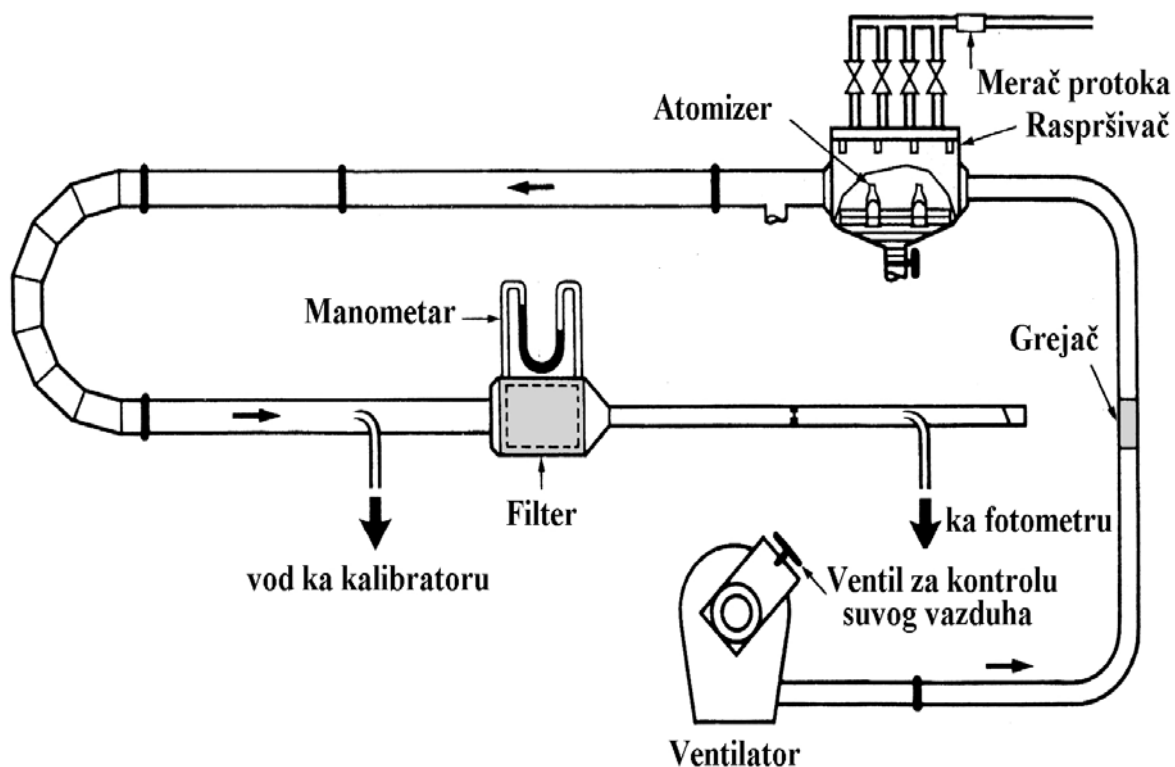
Pad pritiska kroz filter se prati sve do završetka testa. Ovi testovi su dokazali trajanje filtera od 5000 preletenih sati.



Slika 13. Kabinski filter za vazduh



Slika 14. Komplet filtera i filterskih elemenata jednog vazduhoplova

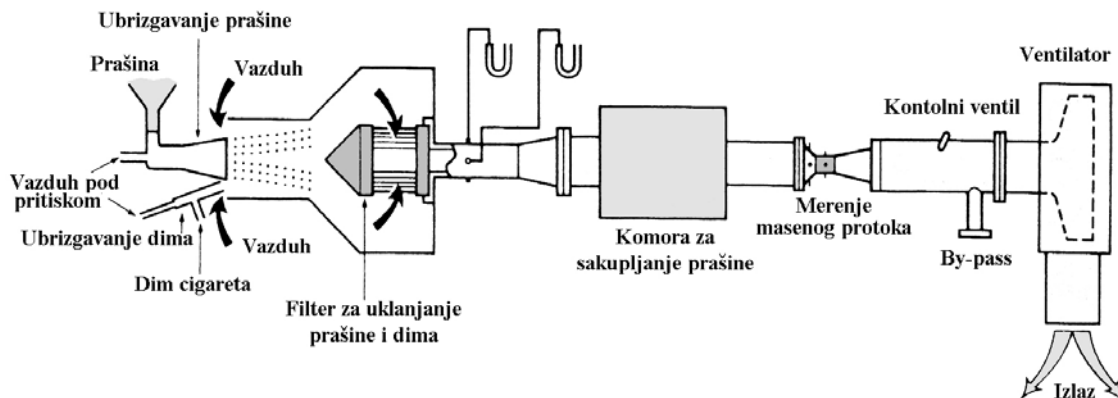


Slika 15. Šematski prikaz aparature za izvođenje preferencijalnog testa efikasnosti filtera

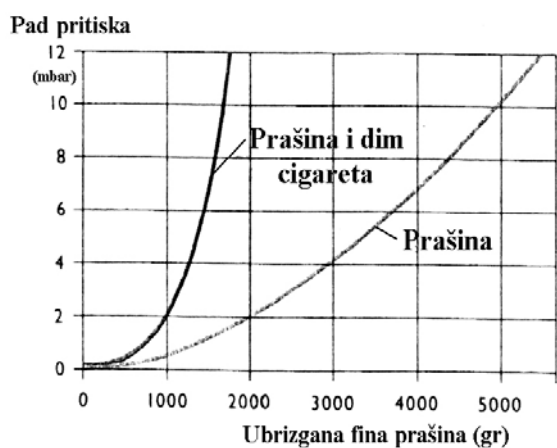
Test filtera na propusnost virusa

Zasigurno je vazduh koji cirkuliše veoma zarazan ukoliko se ne upotrebe filteri visokih performansi. Da bi bili sigurni da propusnost

odnosno nepropusnost ovih filtera kada su virusi u pitanju, vrše se razni testovi te vrste. Na slici 18 prikazana je šema jedne aparature za testiranje filtera na propusnost virusa.



Slika 16. Šematski prikaz aparature za izvođenje testa trajnosti filtera

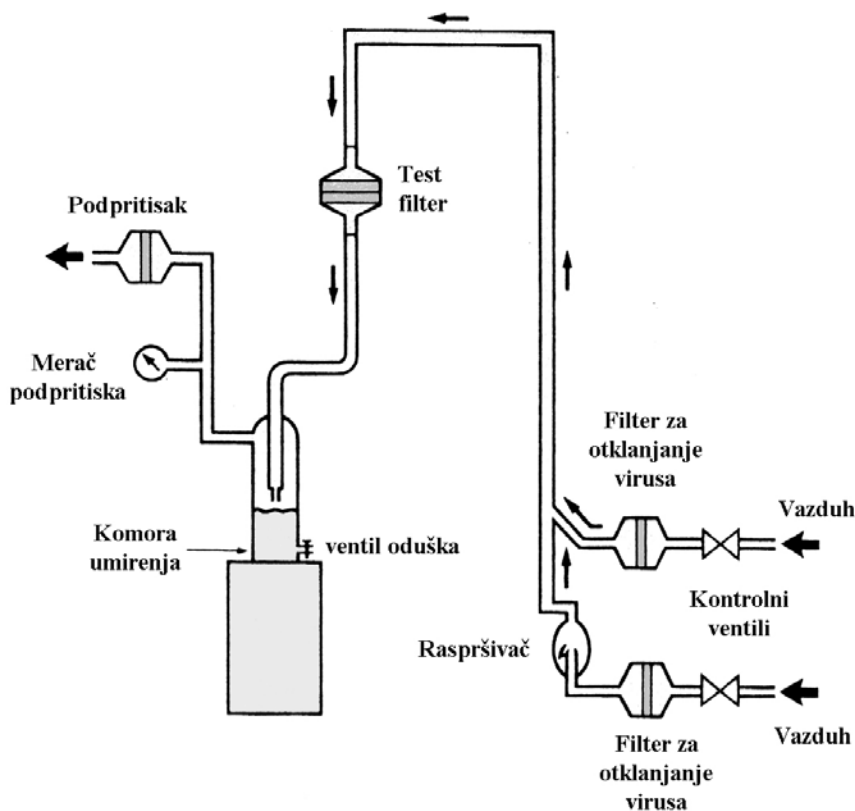


Slika 17. Dijagram pada pritiska

ZAKLJUČAK

Izbor filtera i filterskih sistema predstavlja jedan od bitnijih koraka u definisanju tehnološke i konstruktivne koncepcije vazduhoplova u kojima je kvalitet korišćenog fluida posebno važan. Jednom rečju, filtracioni sistemi kod vazduhoplova predstavljaju vitalne delove koji pored uloge da obezbede kvalitetnu, pouzdanu i efikasnu filtraciju korišćenih fluida štite ljude i okolinu.

Nepravilan izbor filtracione opreme, može izazvati katastrofalne posledice kod vazduhoplova, što predstavlja kritičnu liniju za bezbe-



Slika 18. Šematski prikaz aparature za izvođenje testa propusnosti virusa

dnost i efikasnost celokupnog sistema. Zbog toga je neophodno izvršiti dobru optimizaciju i izbor filterskog sistema.

Ovaj rad ukazuje na probleme, omogućava sagledavanje pravog stanja i daje osnovu za ozbiljnu studijsku analizu i izbor filtera i filterskih sistema kod vazduhoplova.

LITERATURA

- /1/ Filtration, and separation solution for aerospace and defence, PALL Aerospace,
- /2/ *** Principles of Filtration, Pall Scientific and Tehnical Report, PALL Publising, (1997)
- /3/ *** Contamination, Control and Filtration Fundamentals, PALL Industrial Hydraulics Publishing, (1997)
- /4/ Golubović, Z., Mitrović, C., Stojanović, M., "O održavanju filtracionih sistema", Istraživanja i projektovanja za privredu, br.6, (2004)
- /5/ Zivo, Z., "Opste o filtriranju", Zbornik radova za seminar o filtriranju tecnosti I gasova, Procesing 2003, (2003)
- /6/ Mitrović, V., "Reversna osmoza, Zbornik radova – Izbor savremene opreme vodovoda, kanalizacije I zivotne sredine, Beograd (2003)
- /7/ *** Compressed Air Manual, Atlas Sopco Publishing (2004)
- /8/ Šešlija, D., "Proizvodnja, priprema i distribucija vazduha pod pritiskom", IKOS, Novi Sad (2003)
- /9/ Army Technology - Mi-8 - Mi-17 Hip - Multi-Mission Helicopters
- /10/ Leonard A., *Vortex methods for Flow Simulation, Journal of Computational Physics* 37, 1980, str. 289-335
- /11/ Miller W., Bliss D., *Direct Periodic Solutions of Rotor Free Wake Calculations, Journal of the American Helicopter Society*, April 1993, str. 54-60

/12/ Dat R, *Aérodynamique instationare des pales d' hélicoptere*

FLUID FILTRATION AND DETERIMENTAL MATERIALS SEPARATION OF AIRCRAFT

The main purpose of this work is to show the importance of used fluid quality in defining technological and constructive conception of aircraft, in other words to point out the importance of filter and filter equipment choice. Filters and filter equipment represent necessary parts of aircraft and primary role of these systems and filtration in general is passanger and the environment safety and reliability and efficiency of aircraft . The correct choice of filters and filter devices, the sufficient number of filtration steps and the efficient filtration on each position cause the reduction of exploitation costs, the aircraft optimization as well as the achieving first-rate performances.

The choice of filter and filter systems represents one of the most important steps in defining technological and constructive conception of aircraft in which the quality of used fluid is especially relevant. Shortly, filter systems of aircraft represent vital parts which, beside the role of providing qualitative, reliable and efficient filtration, protect people and the environment.

Filter systems that are characteristic for helicopters and their flights on particular and specific regimes are presented in the work. Special attention is also drawn to cabin filters in travel aircrafts. It is stated that it exists the need for sufficiently effective filtration of the cabin air in order to control the air contamination and provide comfort and feeling of healthy environment to both passangers and crew. Without the effective filtration of cabin air, the infection risk is very high. In the end of the work some of the tests that are being carried out in persuance of more rapid and efficient control of aircraft filters are shown.

Key words: fluid, filtration, separation, aircraft