

1. **NÁ M R A Z A** za letu (QFT)

1. Námraza za letu

- a. podmienky vzniku
- b. mechanizmus vzniku
- c. delenie podľa tvaru a podľa mechanizmu vzniku
- d. typické priestory vzniku námrazy
 - i. teplý front
 - ii. studený front
 - iii. kopovitá oblačnosť
 - iv. vrstevnatá oblačnosť
- e. časti lietadla kde vzniká námraza
- f. princípy protinámrazových zariadení, zásady ich použitia
- g. JEI

Definícia:

-je usadzovanie ľadu na obtekaných častiach lietadiel a vrtuľníkov, na motoroch, vonkajších detailoch špeciálneho vybavenia či už na zemi alebo počas letu v oblakoch, v hmle, zrážkach.

a) Podmienky vzniku:

Jedná sa o špeciálny druh atmosférických zrážok. Jedná sa o jeden z najnebezpečnejších druhov NPJ, a to najmä pre vrtuľníky.

Vzniká pri veľkom rozsahu teplôt od 0 do $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Najintenzívnejšia tvorba námrazy prebieha pri teplotách od $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Platia pri tom základné predpoklady a to:

Meteorologické

- prechladené vodné kvapky (supercooled water droplets)
- Rozdelenie veľkosti častíc – koloidálna nestabilita
- Teplota a vlhkosť vzduchovej hmoty, vodnosť mrakov

aerodynamické

Teplota povrchu lietadla
Rýchlosť letu
Polomer zakrivenia nábežných hrán

Mechanizmus tvorby

- Malé kvapôčky mrznú okamžite po dopade na povrch
- Veľké kvapky sa najprv rozlejú a potom mrznú
- Tvorí sa rýchlejšie na ostrejších nábežných hranách
- Do rýchlosti 500 km/h intenzita narastá, nad 500 km/h intenzita klesá – kinetický ohrev $\Delta T = v^2/2000$ (m/s; K)

Delenie podľa mechanizmu vzniku

- **Inovät'** – vzniká depozíciou, najčastejšie na zemi, alebo pri rýchlom vletení (klesaní) do teplého vlhkého vzduchu (traces)
Protinámrazové preostriedky nie je nutné zapínať

- **Zrnitá námraza** – nepriehľadný ľad, vzniká okamžitým mrznutím malých kvapôčiek, spravidla na nábežných hranách, pri $t = -10$ až -20°C (Rime Ice)
Protinámrazové prostriedky je nutné zapínať na istý obmedzený čas
- **Ľadovka** – priehľadný ľad, vzniká rozliatím a mrznutím veľkých kvapiek, pri $t = 0$ až -10°C (Clear ice)
Protinámrazové prostriedky trvale zapnuté
- **Zložená námraza** – vzniká kombináciou podmienok pre zrnitú námrazu a ľadovku napríklad pri prelietavaní oblastí s rôznymi meteorologickými podmienkami (Mixed Ice)
Protinámrazové prostriedky trvale zapnuté

Delenie podľa intenzity :

slabá intenzita 0,6mm/min.

nepatrné usadzovanie ľadu na čelných sklách, ľad neznižuje dohľadnosť, riadenie nie je prakticky ovplyvnené

mierna intenzita 0,6 – 1,0mm/min.

ľad sa usadzuje na hornej časti čelného skla, pilot má zhoršený výhľad, malé zníženie rýchlosti letu

silná intenzita 1,0 – 2,0mm/min.

značne zhoršený výhľad, zväčšenie čelného odporu, zníženie prístrojovej rýchlosti

veľmi silná intenzita nad 2,0mm/min.

Delenie podľa tvaru

Profilová námraza – narastá na nábežných hranách smerom dopredu, neohrozuje aerodynamické kvality profilu

Kryštalická námraza

Žliabková námraza – narastá na hornej aj dolnej časti profilu tesne za nábežnou hranou

Priesvitná námraza

Beztvará námraza

Profilová námraza

- tvorba pri lete pri teplote pod -20°C , malý obsah vody v mraku, všetky usadené vodné kvapky mrznú, oblasť usádzania vodných kvapiek súhlasí s oblasťou námrazy telesa. V tomto prípade sa tvorí ľad na nábežnej hrane krídla, kopíruje povrch lietadla, ľad vážne nezhoršuje profil krídla. je málo nebezpečná.

Kryštalická námraza

- je to krehká ľadová usadenina (ihličky alebo šupiny), vzniká pri teplotách nižších ako -8 C pri hmle alebo bez nej, tvorba pri klesaní z chladnejšieho a suchšieho prostredia do teplejšieho a vlhkejšieho, je ľahko odstraniteľná (poklepaním), neohrozuje bezpečnosť leteckej prevádzky

Žliabková námraza

- narastá na hornej aj dolnej časti profilu tesne za nábežnou hranou
- najnebezpečnejšia forma námrazy, mení aerodynamické vlastnosti, vytvára sa mimo nábežnej hrany. Ľad v tvare žliabkov sa vytvára na krídle vtedy, keď kvapky na nábežnej časti krídla nestačia okamžite zmrznúť a ich väčšia časť je prúdom vzduchu prenášaná od nábežnej hrany krídla do chladnejších častí profilu krídla kde zamrzajú. Pri tejto námraze silne vzrastá čelný odpor.

Priesvitná námraza

- priesvitná usadenina ľadu s drsným povrchom, je podobná ľadovici, pomalé mrznutie kvapiek hmly alebo oblaku pri teplotách -3 až 0 C , je veľmi priľnavá, odstránenie rozbitím alebo roztavením, spôsobuje škody na vegetácií, trhá elektrické vedenie, ohrozuje leteckú prevádzku

Bez tvará námraza

- vzniká pri stúpaní zmiešanými oblakmi, pri teplote vzduchu málo pod bodom mrazu a pri teplote nábežných častí nad nulou

FIGURE 3-1. CLEAR ICE

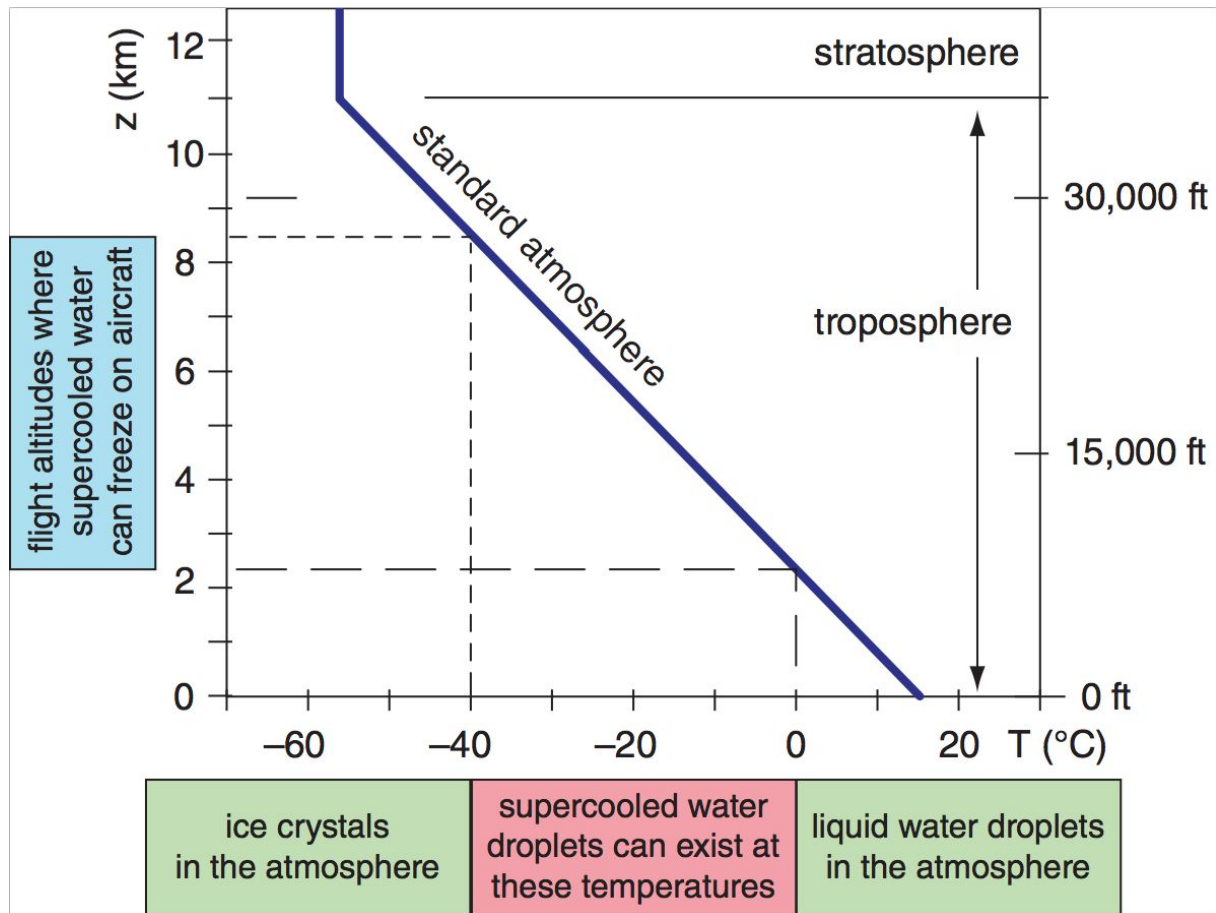


FIGURE 3-2. CLEAR ICE BUILDUP WITH HORNS

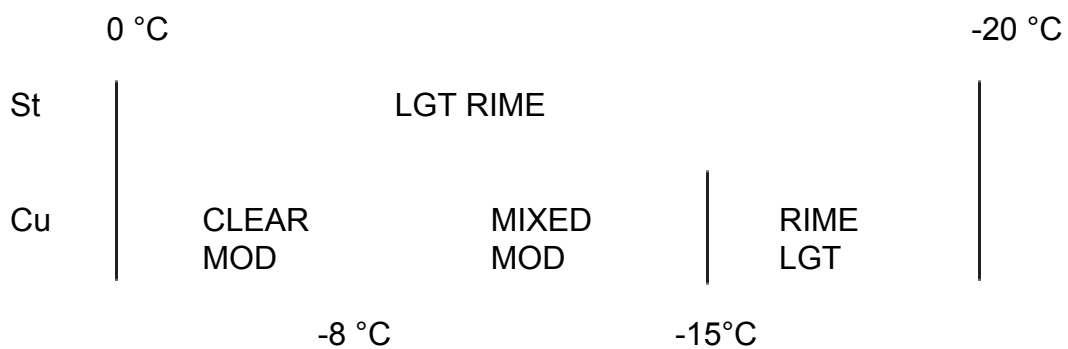


Typické priestory tvorby námrazy

Podľa MSA



Námraza v závislosti od druhu oblačnosti a teploty:

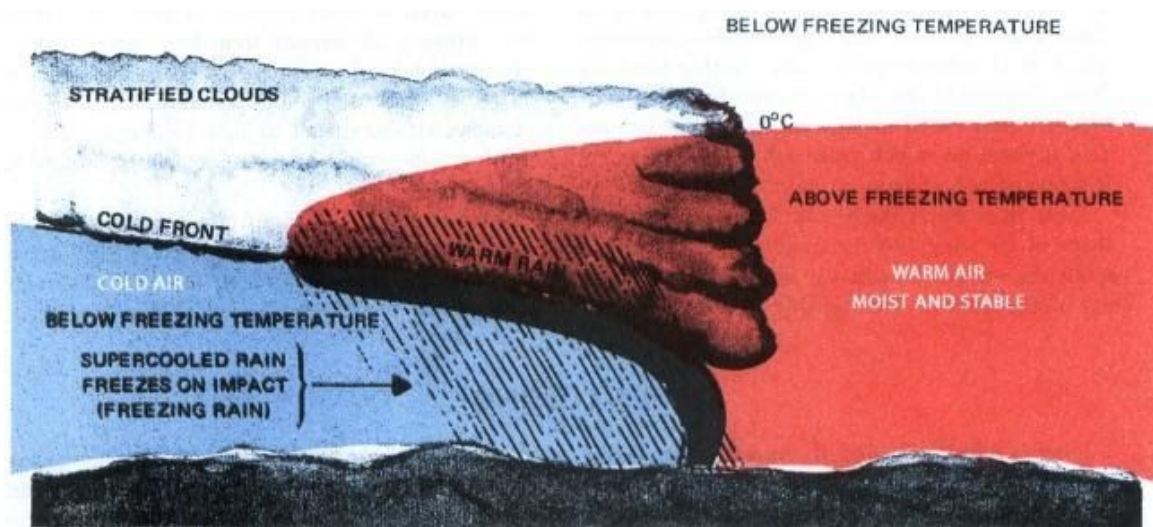


FZRA = SEV CLR

FZDZ = MOD CLR

Námraza na frontálnych rozhraniach:

Námraza za studeným frontom: do 100 NM

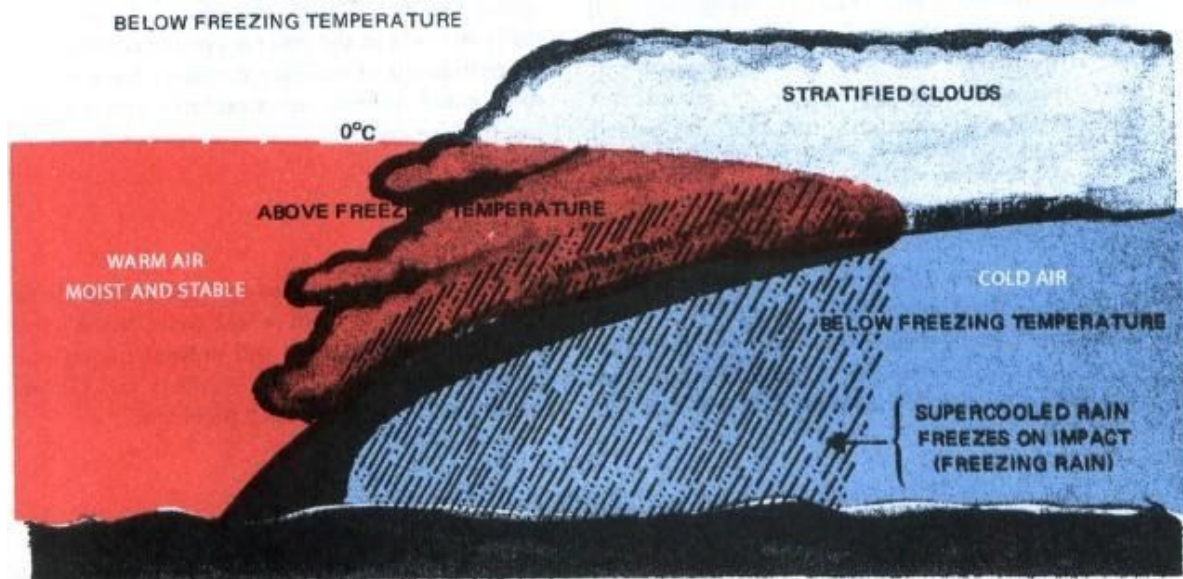


ICE MOD CLR v kopovitej oblačnosti 0 °C až – 8 °C

ICE MOD MIX -9 °C až -15 °C

ICE MOD RIME -16 °C až -22 °C

Námraza pred teplým frontom: do 300 NM



ICE LGH RIME v Stratiformnej oblačnosti bez zrážok
ICE LGT CLR v SH mimo oblačnosti
ICE MOD CLR pri FZDZ pod oblačnosťou
ICE SEV CLR pri výskyte FZRA

Nebezpečenstvo námrazy:

Námraza je kumulatívny problém:

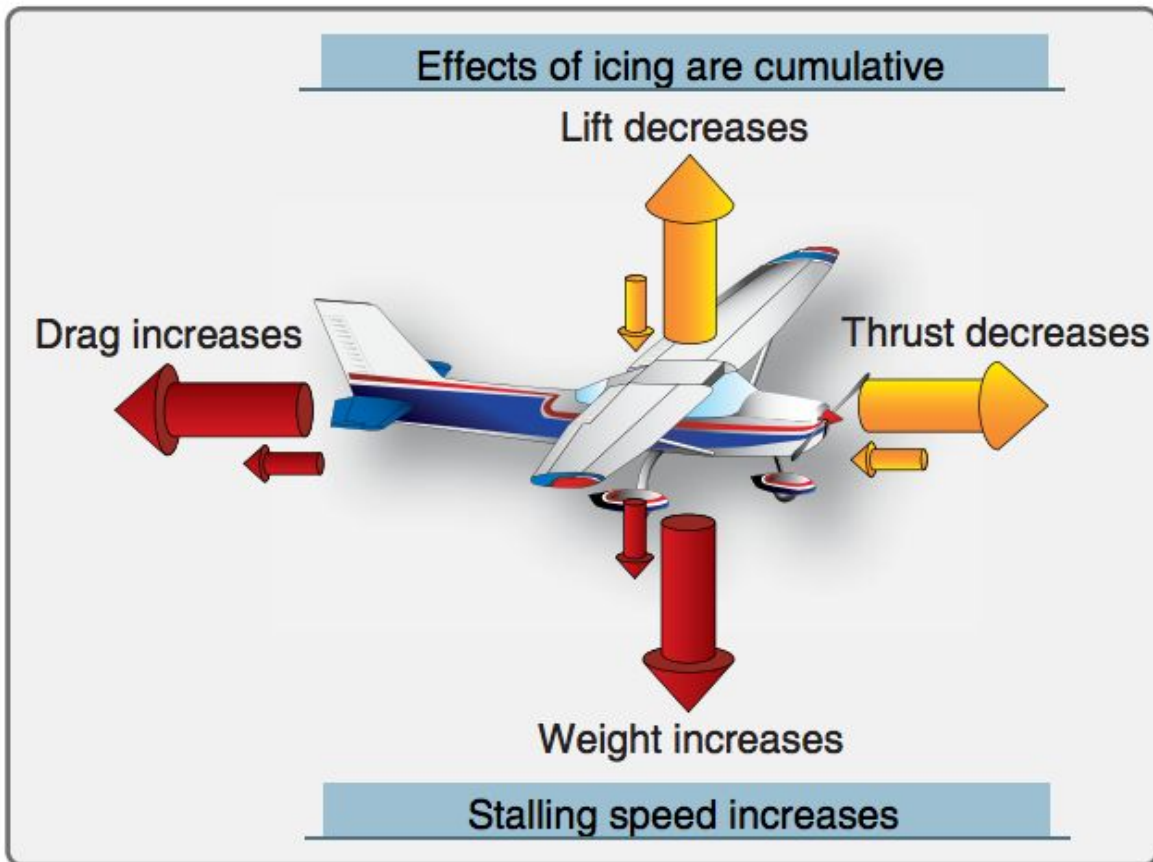


Figure 15-2. *Effects of structural icing.*

QFT **znižuje** VZTLAK a ŤAH
Zvyšuje ODPOR a VÁHU

Nebezpečenstvo námrazy spočíva v tom, že ľadové usadeniny zhoršujú aerodynamické a prevádzkové letové vlastnosti. Dochádza k usadzovaniu ľadu na povrchu častí lietadiel, ktoré majú zápornú teplotu, nárazom podchladených kvapiek na povrch a ich namŕzanie. Námraza je charakterizovaná intenzitou (rýchlosť narastania ľadu za časový interval) najnebezpečnejšia a najsilnejšia sa tvorí v TCU a CB v ST a SC v chladnom ročnom období pravdepodobnosť tvorby námrazy 90%, v prípade nevypadávania zrážok je intenzita slabá až mierna, pri zrážkach je mierna až silná, v podoblačnej vrstve pri výskyte hmly alebo silného dymna a slabom vetre je intenzita slabá alebo žiadna, pri silnom vetre a dobrej dohľadnosti je intenzita námrazy v oblačnosti silná.

Pri trvalých zrážkach z Ns a v Cs je intenzita námrazy slabá alebo žiadna.

Ľad sa usadzuje na vstupnom ústrojenstve, na aerodynamických krytoch, na lopatkách kompresora. Pri námraze motora môže dôjsť k pumpáži a vysadeniu motora. Námraza sa tiež môže usádzať na filtroch, spätných ventiloch, na iných agregátoch a súčiastiach palivového systému. Veľmi nebezpečná je námraza väčšej hrúbky v blízkosti vstupov do motorov keď táto sa môže vplyvom vibrácií alebo zmeny vonkajšej teploty ku kladným hodnotám oddeliť od trupu a môže byť nasatá do motorov. Toto môže mať za následok vážne poškodenie motora.

Pri námraze antén dochádza k poruchám rádiového spojenia, prípadne vysadenie rádionavigačného vybavenia.

JEI Jet Engine Icing

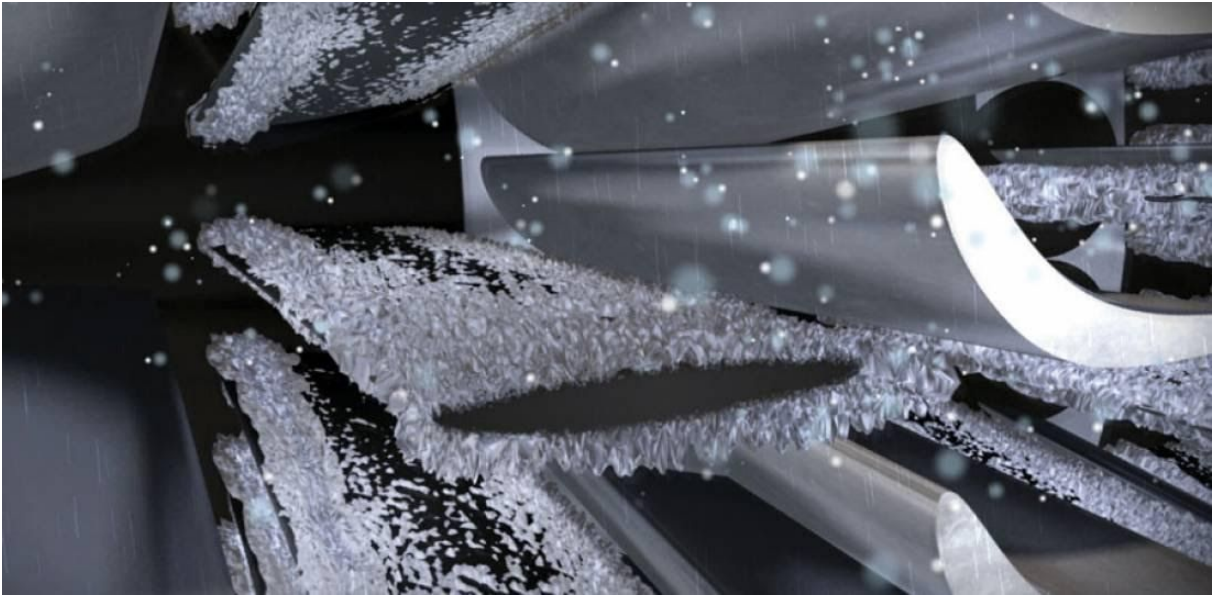
Týmto fenoménom sa výskumníci začali zaoberať potom, čo bolo zaznamenaných 153 prípadov straty výkonu motorov od 1988 do 2010 na rôznych typoch lietadiel a typov motorov pripisovaných námraze v prúdovom motore. Jednalo sa o zastavenie, vzplanutie, pumpáž na jednom alebo viacerých motoroch a to do výšky až 41 tis feet počas vodorovného letu alebo klesania.

Predpokladá sa, že tento typ námrazy sa prejavuje počas letu vo vysokej oblačnosti spojenej s búrkami (Ci kovadlina CB – Ci Cbgen) a to nad morom ako i nad pevninou. Táto oblačnosť obsahuje veľké množstvo malých kryštálikov ľadu, ktoré pri teplotách typických pre tieto výšky (okolo -50 °C) neznamenujú žiadne nebezpečenstvo pre let. Táto oblačnosť nemá prakticky žiaden radarový odraz a preto ju posádka počas letu nemá možnosť odhaliť. Množstvo týchto kryštálikov je nasávaných do vstupnej motora spolu so vzduchom a niektoré prechádzajú až do kompresora a jadra motora.

Tu narážajú na časti motora ktoré sú teplejšie ako okolie na týchto častiach sa po roztopení kryštálikov ľadu vytvára vodný film. Pri neustávajúcom príleve ďalších kryštálikov ľadu sa tento vodný film a s ním i súčasti motora ochladzuje a to umožňuje ďalšie formovanie ľadu.

V istom momente sa ľad odelf od komponentov motora, čo spôsobí jeho výpadky, či dokonca požiar.

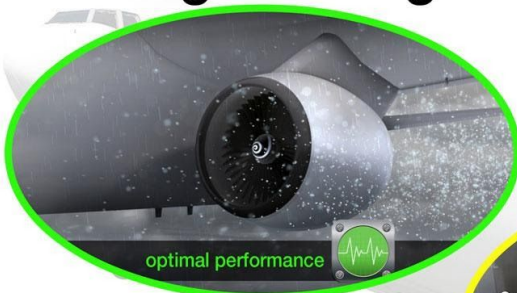
Tento fenomén je ešte málo preskúmaný keďže simulovanie podobných podmienok v laboratóriu je technicky náročné, medzinárodné výskumné tímy sú nútené pracovať s počítačovými simuláciami.



The Phenomenon of Jet Engine Icing

Researchers are exploring the theory that flight into certain kinds of storm clouds might cause ice to build up inside the core of an airplane's jet engine. Since 1988 there have been 153 engine power loss events* on a variety of airplane and engine types attributed to engine icing. A power loss event is a surge, stall, rollback or flameout of one or more engines. Events have occurred up to 41,000 feet and in different regions of the world. The majority occurred in descent and cruise. A multi-national research effort is now underway to identify exactly what causes this phenomenon and how to prevent it.

* Events reported through January 2010, FAA.



- 1 The belief is that jet engine icing can occur during flights into cold, high-altitude storm clouds holding massive quantities of small ice crystals. These conditions are not currently detectable on pilot radar. Ice crystals are drawn into the engine inlet where some are ingested with air that flows through the compressor and engine core; the rest are ejected with the air that bypasses the core.



- 2 As core flow is compressed, the air temperature rises and internal engine components warm above the ambient temperatures. Some ice crystals impact those components, forming a thin film of liquid water that captures additional ice crystals. This accumulation reduces the engine component temperatures so that ice can form.

- 3 At some point, ice breaks off from the components, which causes the engine to surge, stall, flame out or experience other malfunctions.



4.Záver

Predchádzanie námraze - antiicing

- Plánovanie letu
- Indikátory námrazy
- Mechanické
- Elektronické - izotopové
- Protinámrazové kvapaliny - na zemi pred vzletom
- Vyhrievanie kritických častí lietadla – Pitotstatický systém, karburátor, listy vrtulí, čelné sklá

Odstraňovanie vzniknutej námrazy - deicing

- Mechanické – nafukovacie nábežné hrany
- Chemické – rozstrekovanie alebo „potenie“ kvapalín
- Tepelné – vyhrievanie kritických častí

Námraza predstavuje najväčšie nebezpečenstvo pre vrtuľníky. Usadzuje na nosnom a vyrovnávacom rotore a pri vodorovnom lete na všetkých častiach. V prípade usadzovania sa ľadu na vyrovnávacom rotore sa zhoršujú aerodynamické vlastnosti listov vrtule a tým sa stráca jej účinnosť. Pilot je v takejto situácii nútený používať väčšie výchylky kormidiel pričom ak je námraza silná, nemusia stačiť ani maximálne výchylky čím sa vrtuľník stáva neovládateľný. Ľad sa na listoch usadzuje nerovnomerne, čím je nižšia teplota, tým väčšia časť listu je pokrytá ľadom. Námraza na listoch nosného rotora zväčšuje ich zaťaženie a odstredivo pôsobí na stred rotora. Tým sa poruší rovnováha a vzniká silná vibrácia. Námraze sú vystavené aj pitotové trubice, antény, čelné skla, prúdové motory. Pri námraze pitotových trubíc nepracujú ukazovatele rýchlostí, výšky a variometre.