Mikroklima v kabinách dopravních letadel a systémy pro jeho úpravu

Ing. Jan Fišer

OTTP & Centrum leteckého a kosmického výzkumu

Fakulta strojního inženýrství

Vysoké učení technické v Brně

Použití těchto materiálů mimo FSI je možné jen se svolením autora: fiser@fme.vutbr.cz, zdroje obrázků viz konec prezentace

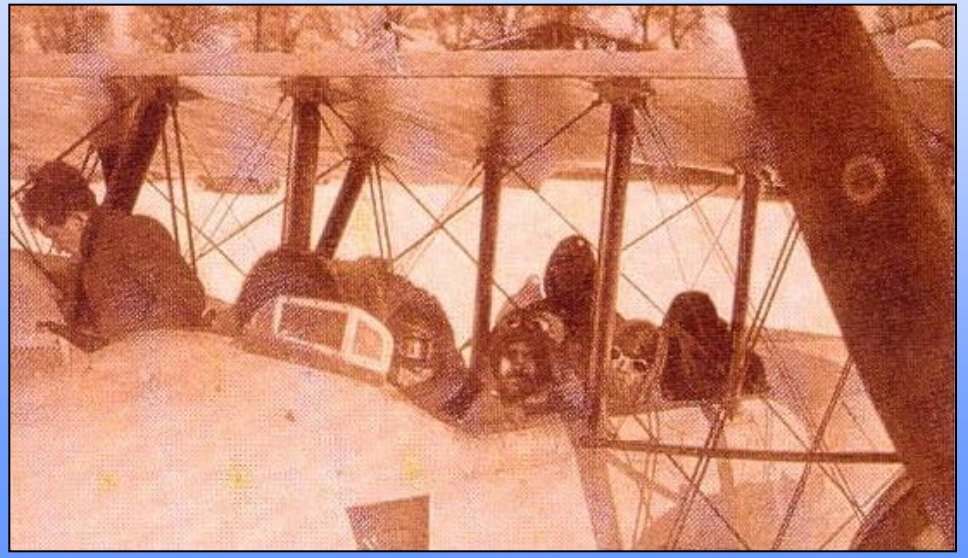
Obsah

- **Obsah přednášky**

- Mikroklima v kabině letadla – environmental control system
- Jak funguje ECS
- Podsystémy ECS
- Ventilační systém – distribuce vzduchu
- Důsledky nesprávné funkce ECS
- Závěry

Z historie kontroly prostředí v kabinách letadel

Let z Londýna do Paříže (rok 1919)



Obchodní třída (rok 1919)

Mikroklima v kabině letadla

- **Parametry kabin**

  - Malý prostor na osobu - cca 1,5 m^3
  - Velký počet lidí sedících blízko sebe
  - Individuální požadavky na tep. pohodu

Kabina A320

Vliv okolního prostředí

Vliv osob v kabině

Klimatizační systém

Kvalitní mikroklima (pohoda prostředí)

Mikroklima v kabině letadla

- Vlivy okolního prostředí

Letiště - výška cca 300 m.n.m.

p_b = 98 kPa
t = 25°C
x = 10 g/kg $_{s.v}$
v = 0 km/h

cca 15 min

Let - výška cca 3000 m.n.m.

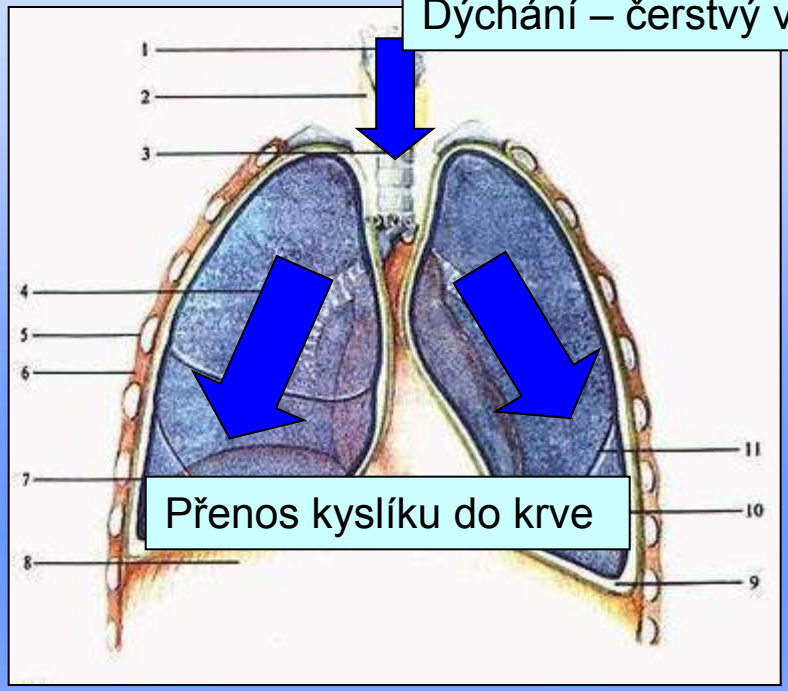
p_b = 70 kPa
t = -5 °C
x = 2 g/kg $_{s.v.}$
v = 350 km/h

Člověk není přizpůsoben takovým změnám

Nutná kontrola a řízení parametrů mikroklimatu

Mikroklima v kabině letadla - Tlak vzduchu

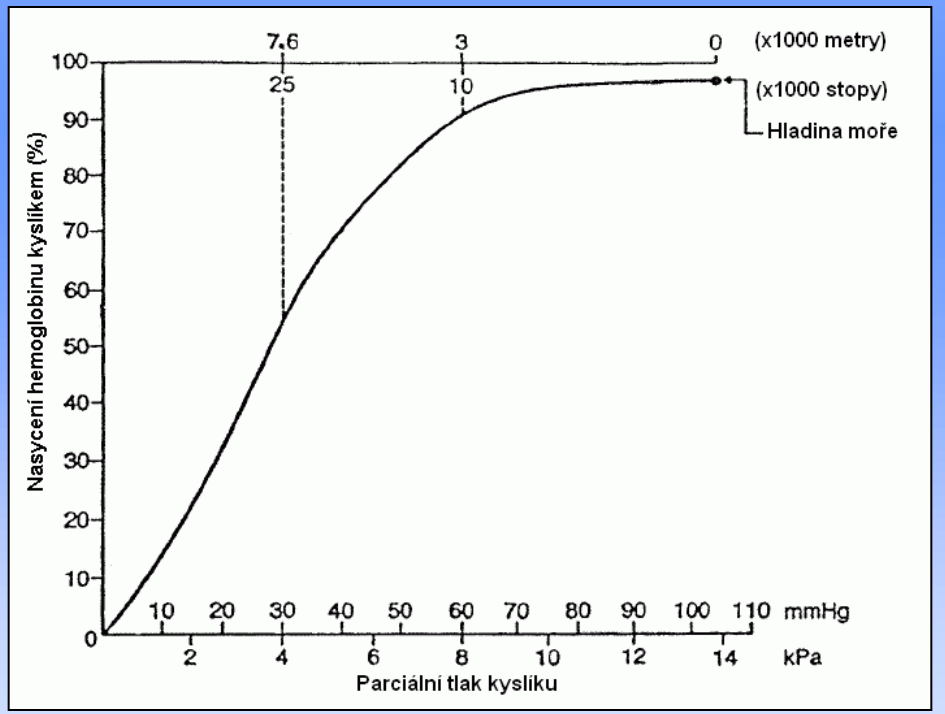
Dýchání – čerstvý vzduch



Parciální tlak kyslíku

↓

Přenos kyslíku do krve



Mikroklima v kabině letadla - Tlak vzduchu

Metody zvýšení parciálního tlaku kyslíku

- Zvýšení podílu kyslíku ve vzduchu

- Snížení ekvivalentní nadmořské výšky

Mikroklima v kabině letadla

- **Vliv osob v kabině**

  - Produkce tepla (cca 120 W/osobu)
  - Produkce plynných škodlivin (CO_2,H_2O)
  - Zdroj prachových částic
  - Zdroj mikrobiologických částic
  - Ovlivňování proudění v kabině

Vysoké zatížení

Je nezbytné intenzivní větrání

Environmental control system

Větrání prostoru

Řízení parametrů

Environmental control system (ECS)

A380

EV-55

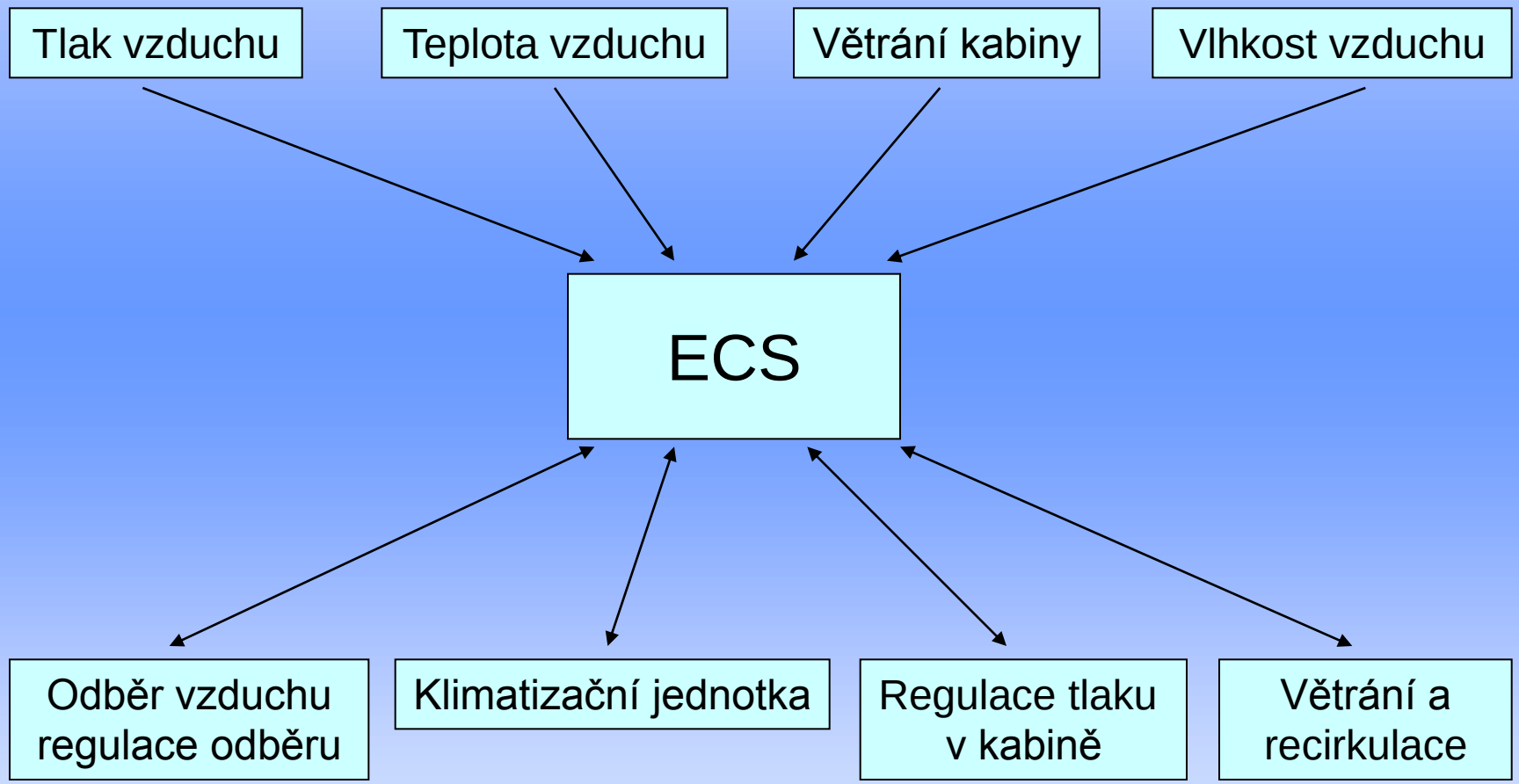
Obsah

- **Obsah přednášky**

- Mikroklima v kabině letadla – environmental control system
- **Jak funguje ECS**
- Podsystémy ECS
- Ventilační systém – distribuce vzduchu
- Důsledky nesprávné funkce ECS
- Závěry

Systém pro řízení prostředí v kabině (ECS)

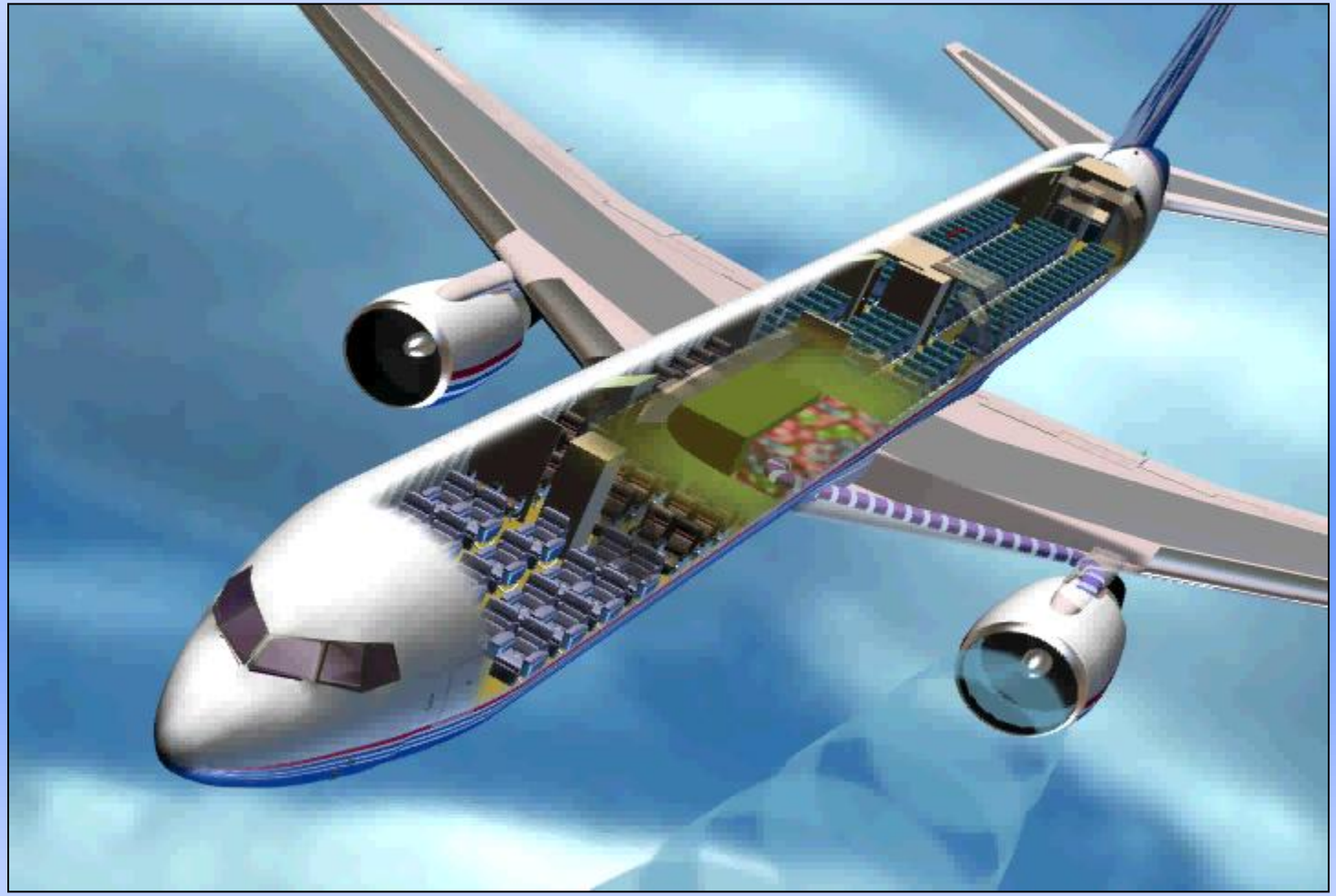
- **Struktura ECS**



Jak pracuje ECS

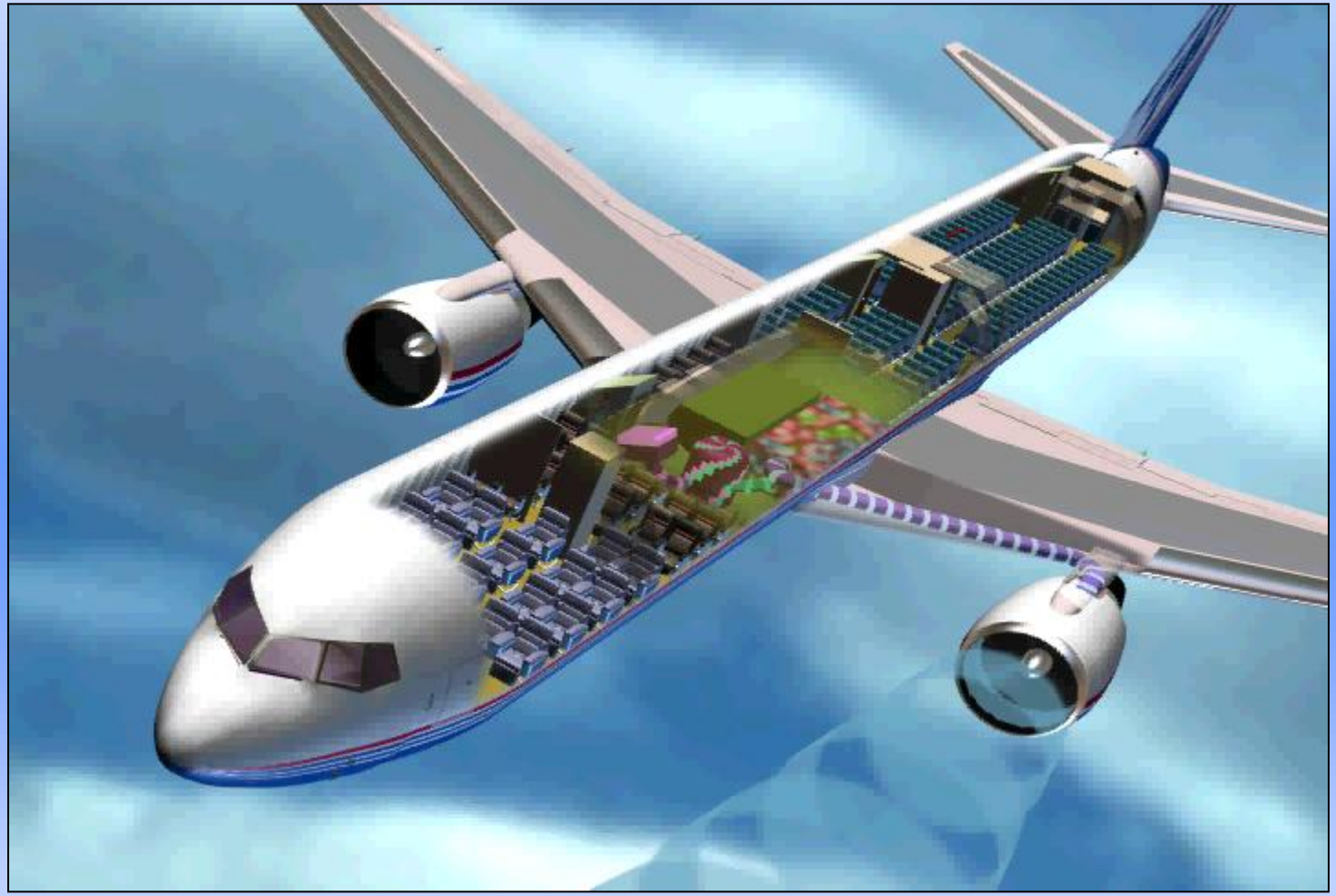
1. – Sání a komprese okolního vzduchu

Jak pracuje ECS

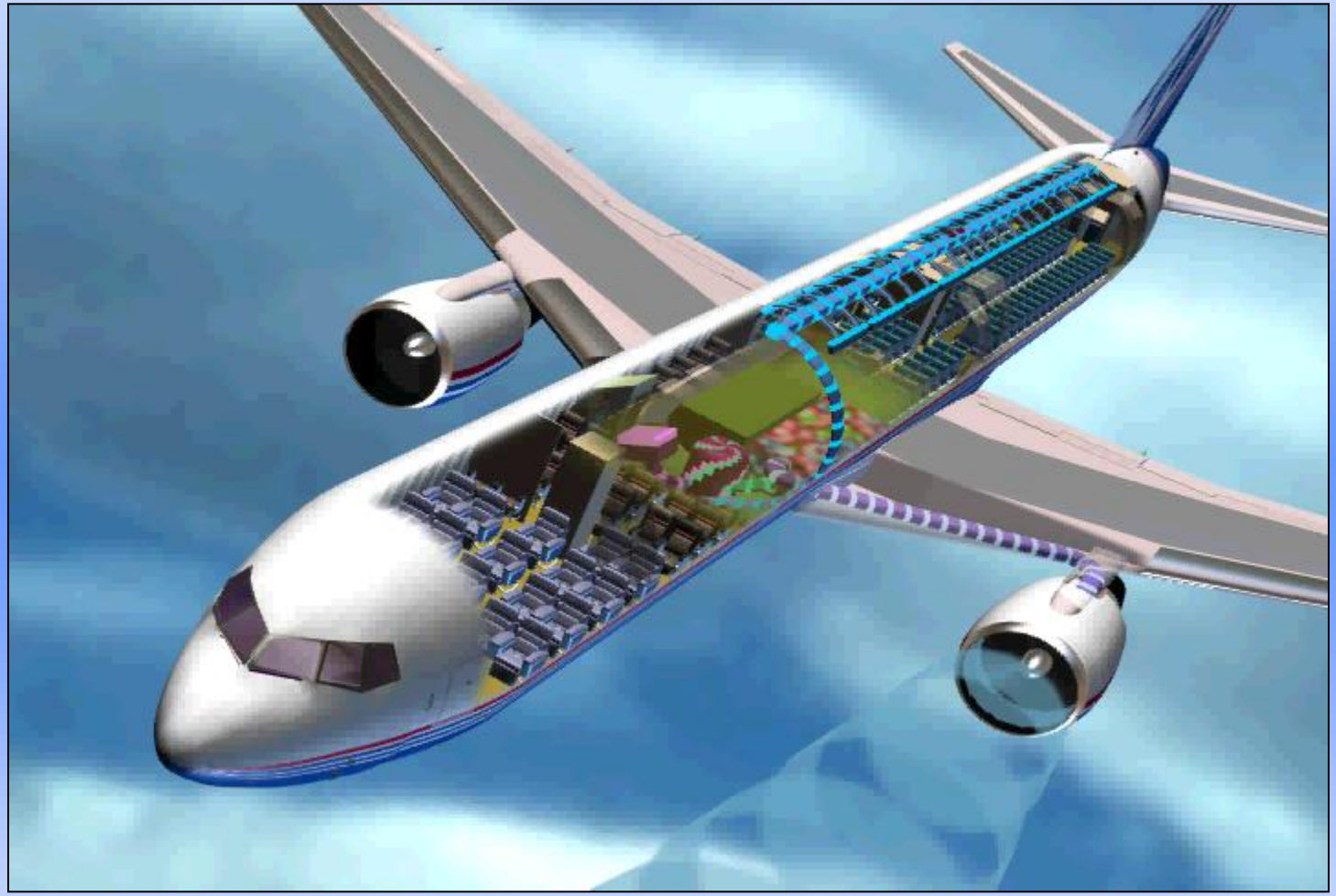


2. – Průchod systémem regulace odběru do klimatizační jednotky

Jak pracuje ECS

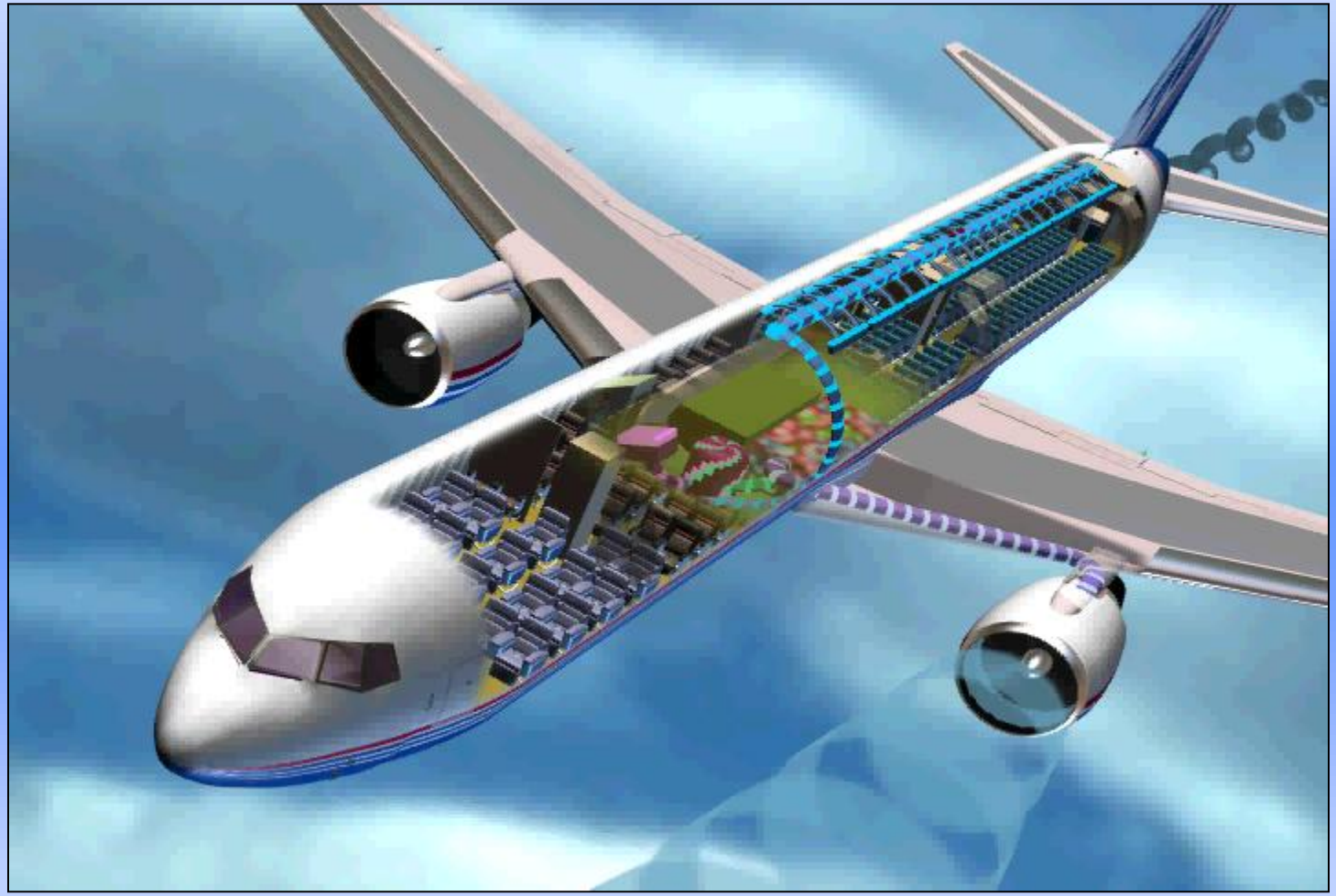


3. – Směšování s oběhovým vzduchem



4. – Rozvod po kabině

Jak pracuje ECS



5. – Odvod znečištěného vzduchu

Schéma ECS (Airbus)

Prostředí v kabině dopravních letadel

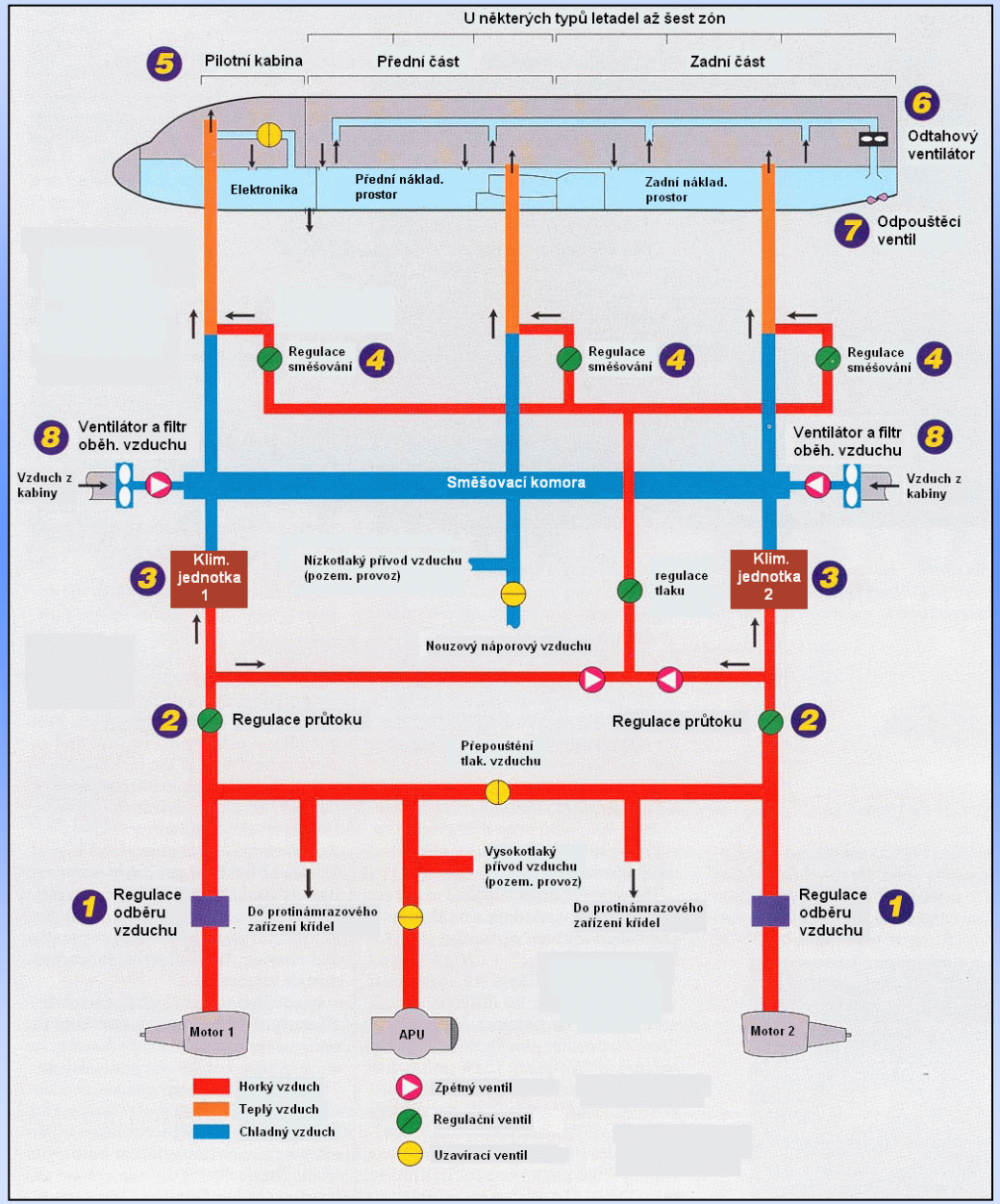
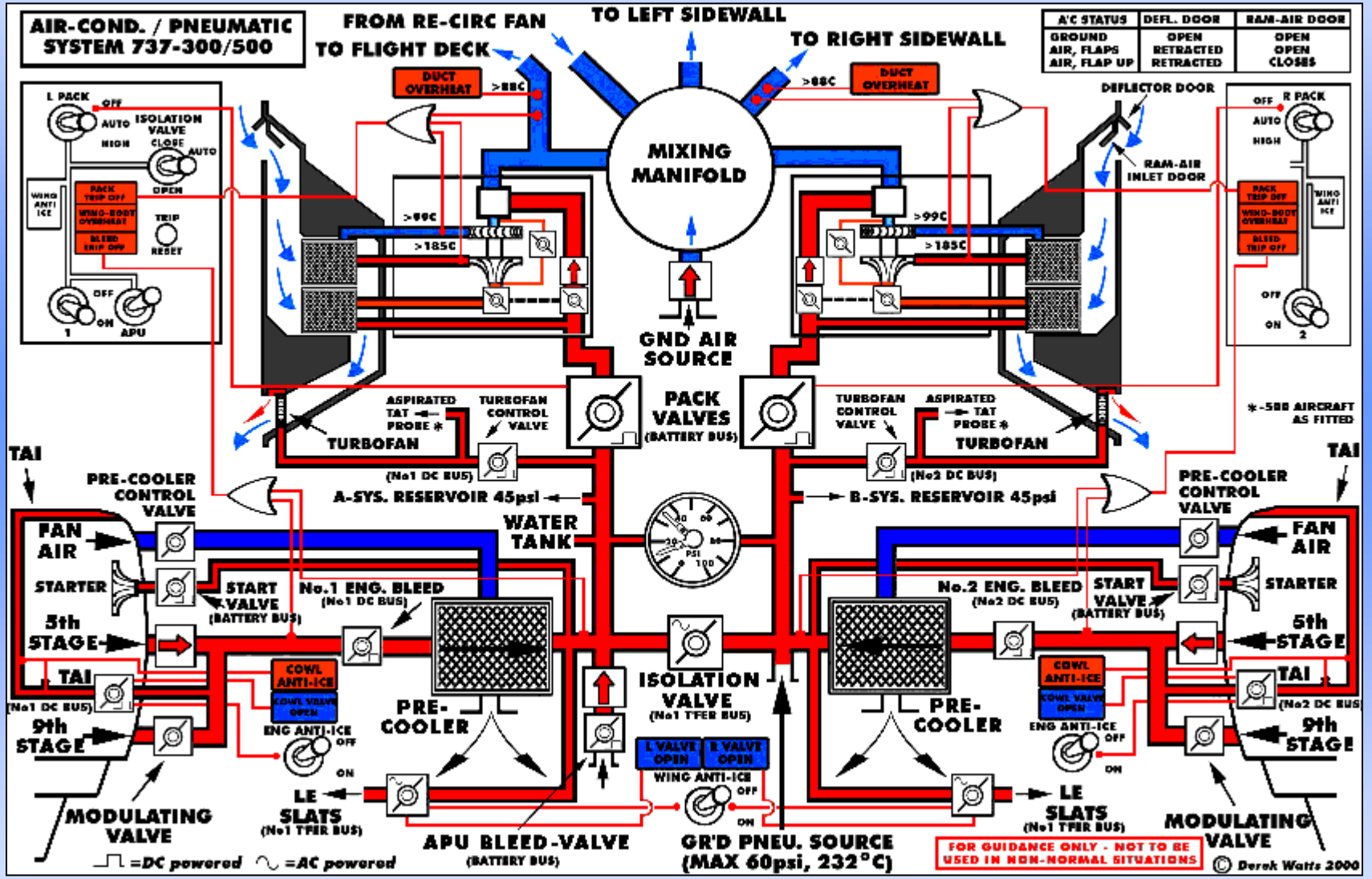


Schéma ECS (Boeing 737) – reálné schéma



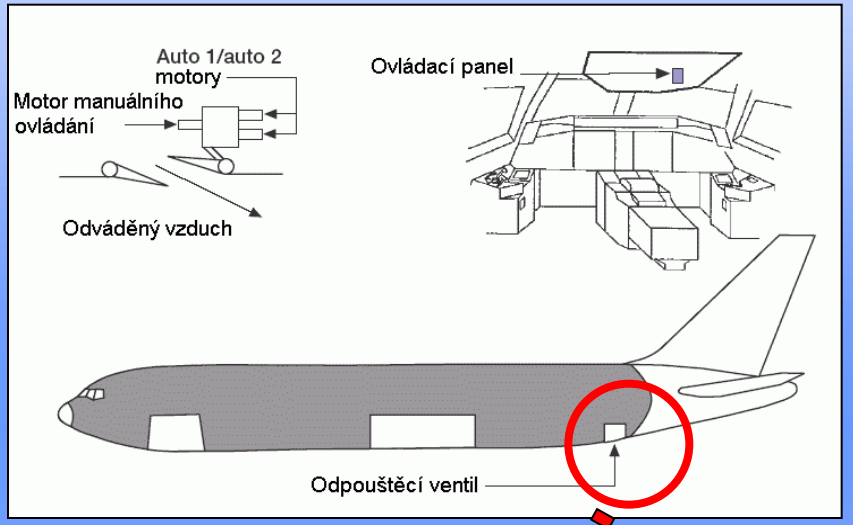
Obsah

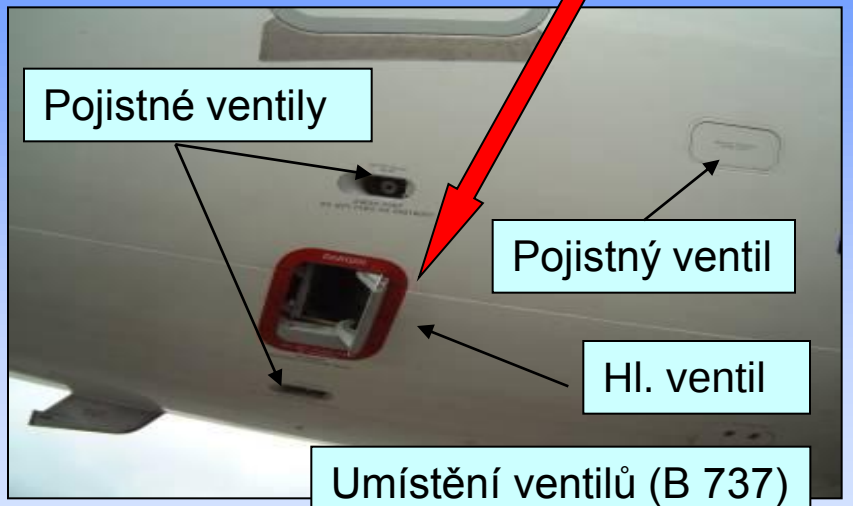
- **Obsah přednášky**

- Mikroklima v kabině letadla – environmental control system
- Jak funguje ECS
- **Podsystémy ECS**
- Ventilační systém – distribuce vzduchu
- Důsledky nesprávné funkce ECS
- Závěry

Systém pro vytváření a regulaci přetlaku

- **Regulace přetlaku**





Umístění ventilů (B 737)

Cíl regulace

- Udržovat tlak vzduchu na hodnotě odpovídající max. nadmořské výšce 2400 m

- Vyrovnávat změny tlaku

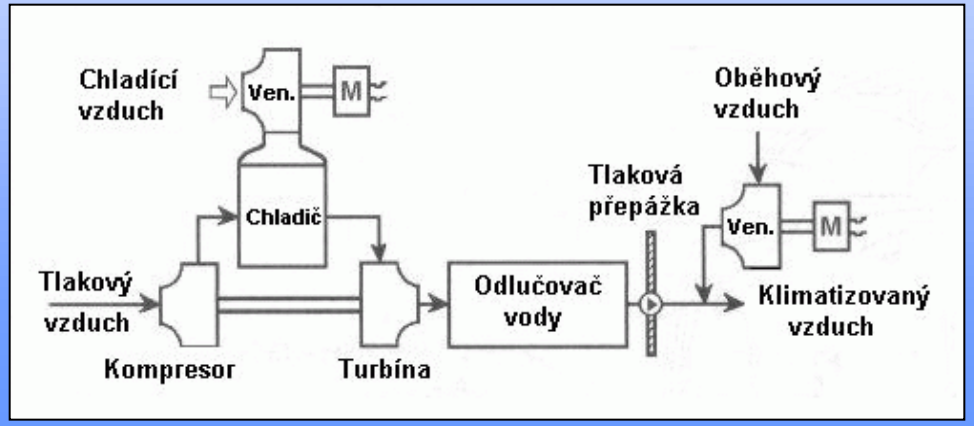
Dovolené změny tlaku

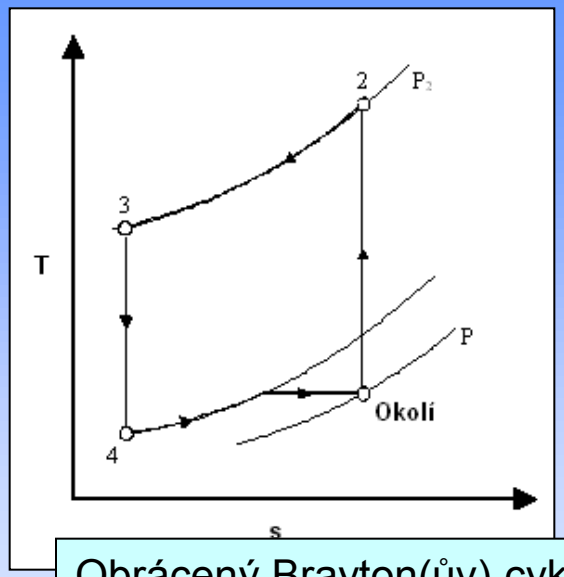
Stoupání 1,8 kPa . min^{-1}

Klesání 1,1 kPa . min^{-1}

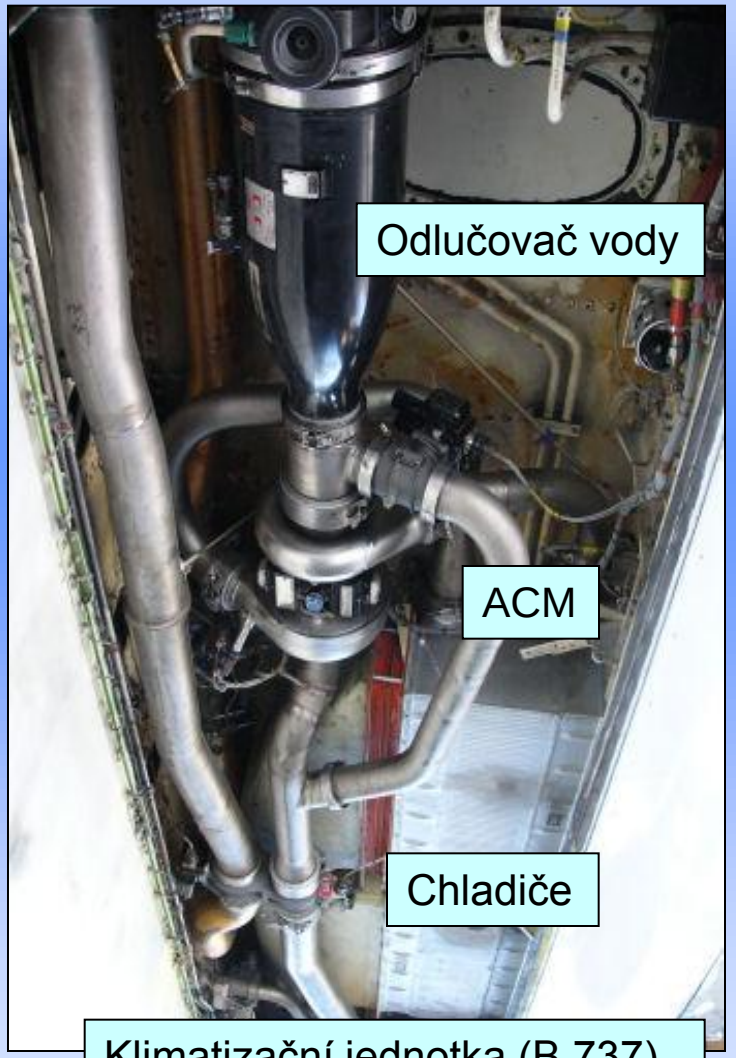
Klimatizační jednotka

- **Princip klimatizace**





Obrácený Brayton(ův) cyklus



Klimatizační jednotka (B 737)

Obsah

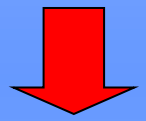
- **Obsah přednášky**

- Mikroklima v kabině letadla a motivace výzkumu
- Jak funguje ECS
- Podsystémy ECS
- **Ventilační systém – distribuce vzduchu**
- Důsledky nesprávné funkce ECS
- Závěry

Ventilační systém

- **Větrání kabin**

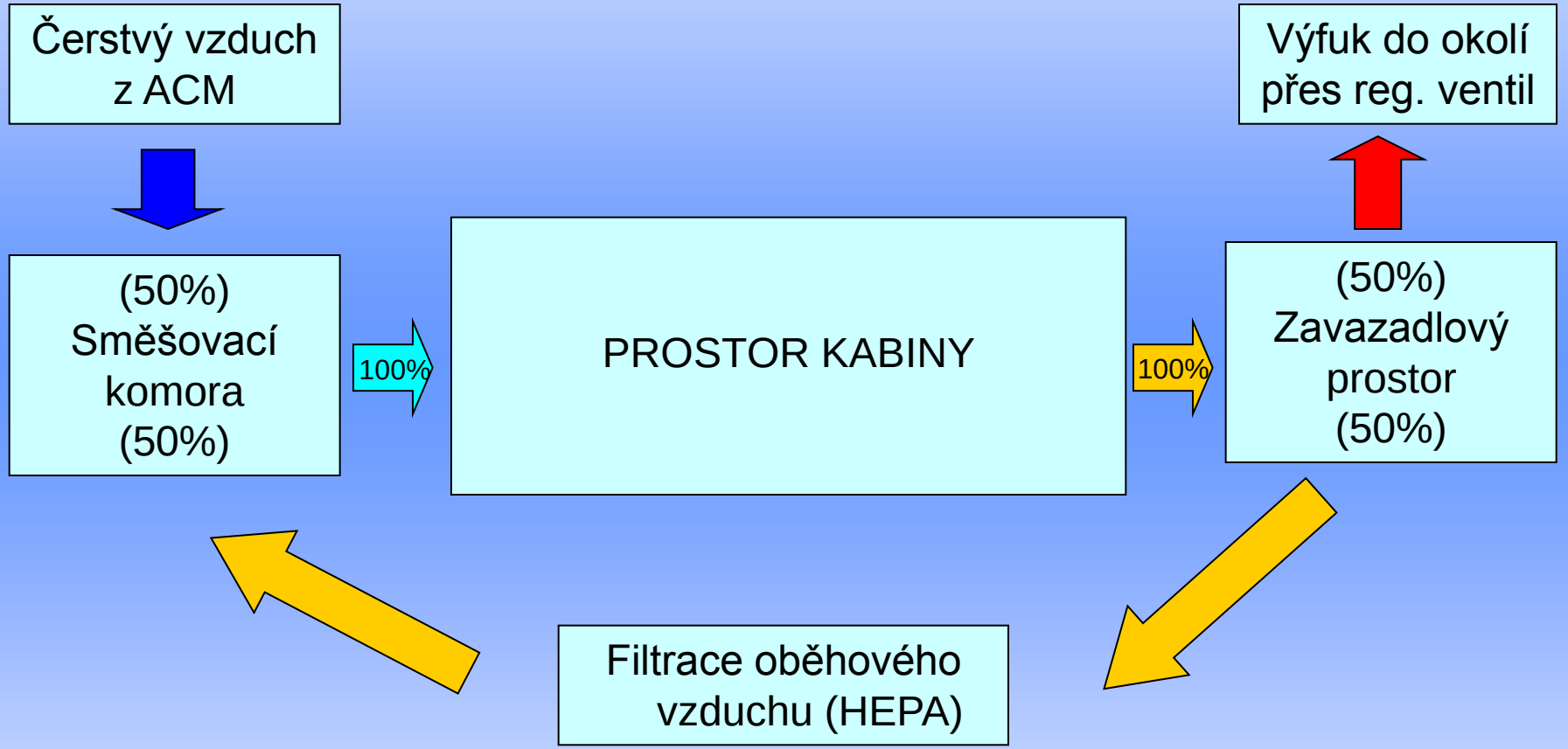
  - Větrací vzduch vytápí / chladí
  - Snižuje koncentrace škodlivin (CO_2 atd.)
  - Čerstvý vzduch pro dýchání
  - Úprava vlhkosti



  - Množství vzduchu na jednu osobu 10 $dm^3.s^{-1}$
  - Vysoký počet výměn vzduchu, průměrně 25 h^{-1}
  - Doplňkové větrací vyústky s individuálním nastavením

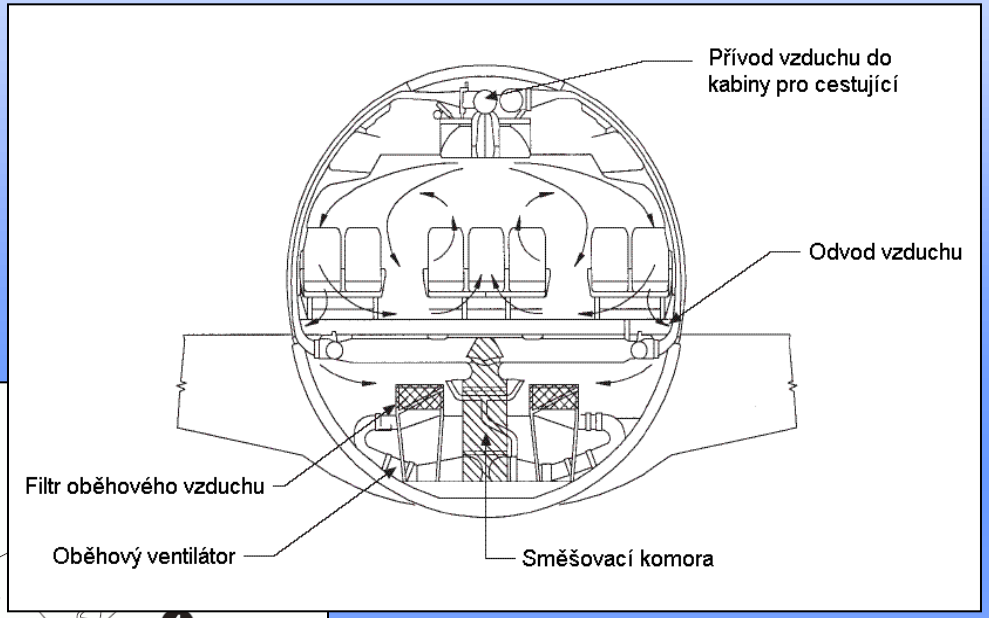
Ventilační systém

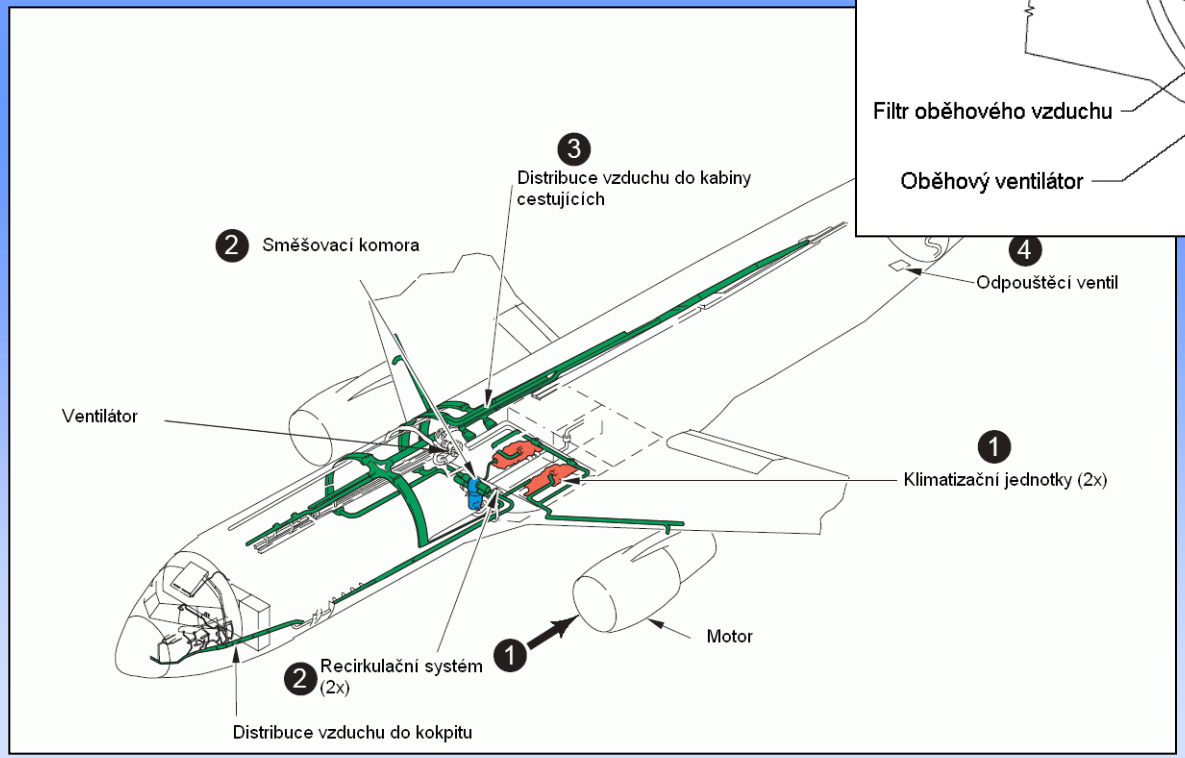
- **Poměry větracích vzduchů**



Ventilační systém

- **Distribuce vzduchu v kabině**

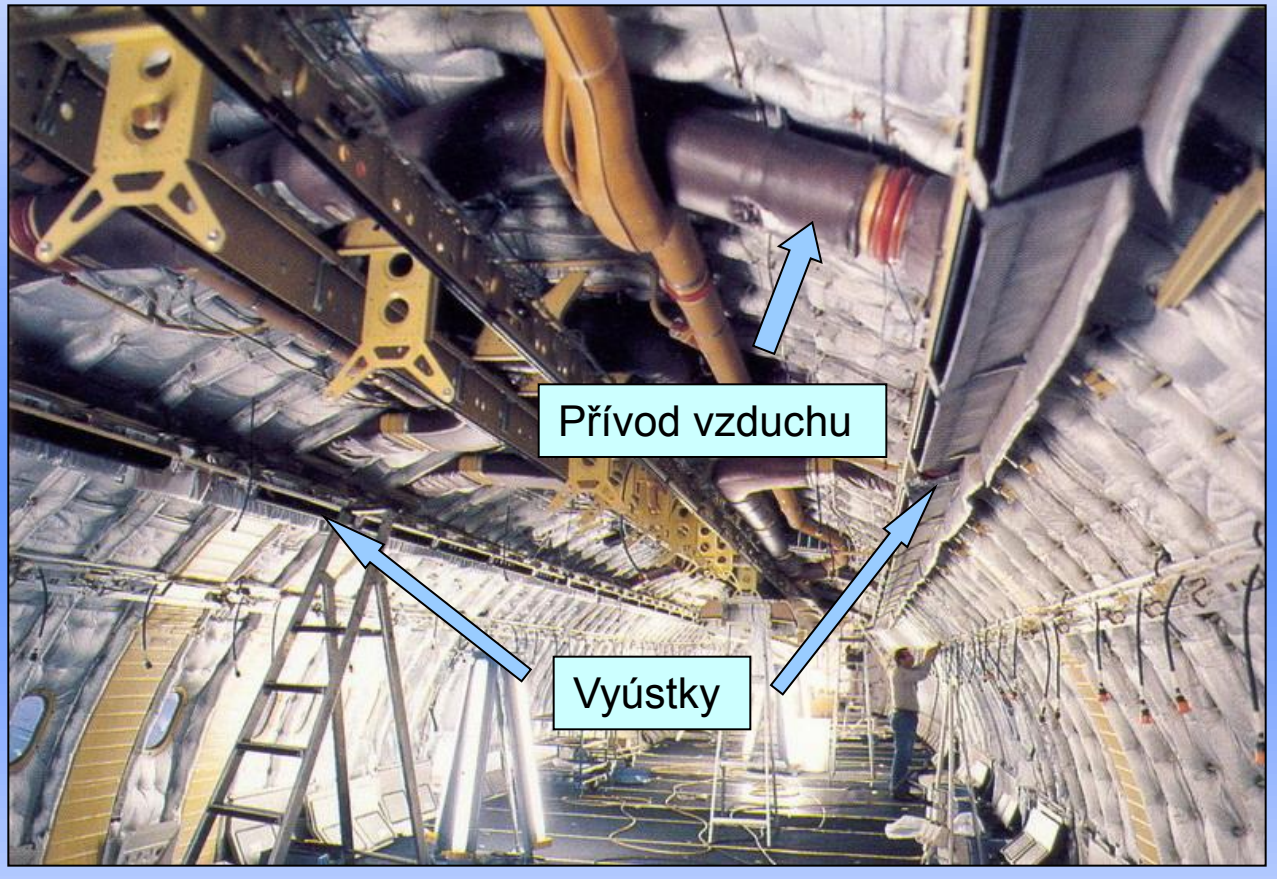




Ventilační systém

- **Vyústky**

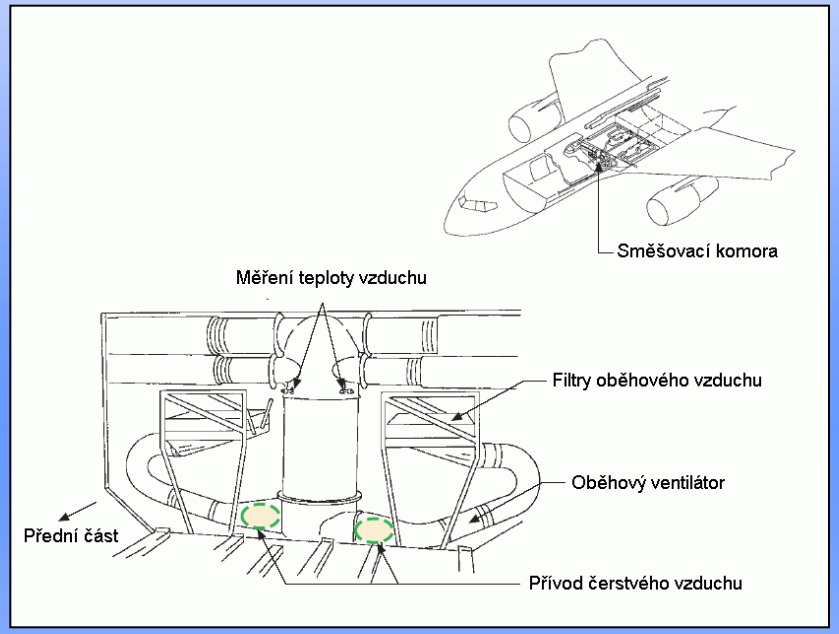
  - Vytvářejí proudové pole v kabině
  - Výstupní rychlost kolem 2,5 $m.s^{-1}$



- Prevence proudění vzduchu kolem částí těla citlivých na průvan (hlava, krk, paže, chodidla).

Ventilační systém

- **Recirkulace**

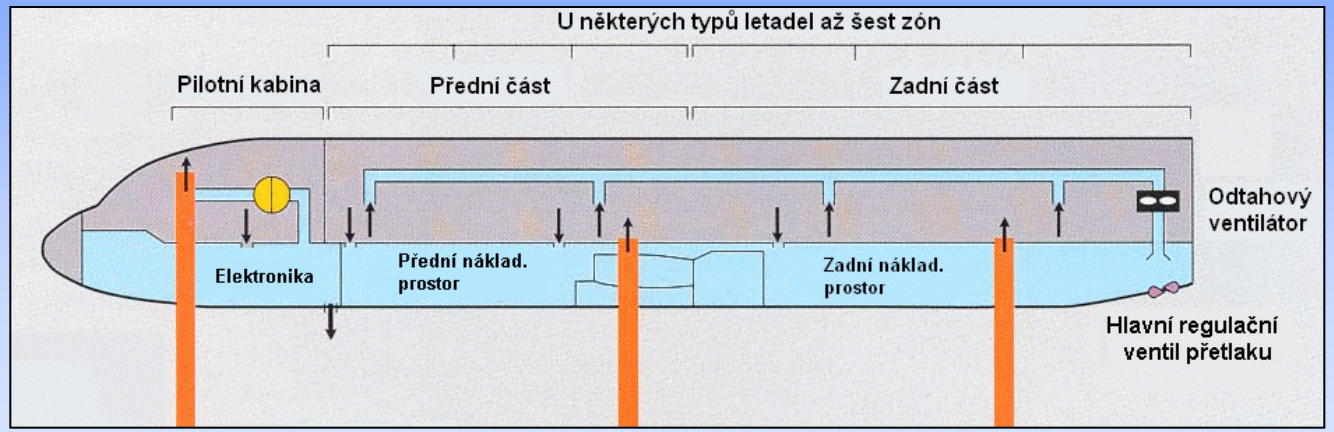


Výhody

- Zvýšení rel. vlhkosti vzduchu
- Úspora paliva

Nevýhody

- Zvýšení koncentrace CO_2
- Průměrná koncentrace 1200 ppm
- Nutná údržba systému



Obsah

- **Obsah přednášky**

- Mikroklima v kabině letadla – environmental control system
- Jak funguje ECS
- Podsystémy ECS
- Ventilační systém – distribuce vzduchu
- **Důsledky nesprávné funkce ECS**
- Závěry

Důsledky nesprávné funkce ECS

- **Havárie letadla B 737 společnosti Helios v létě 2005**

  - Let (ZU 522) z Larnaky do Prahy s mezipřistáním v Aténách
  - Chybné nastavení ventilu technikem po kontrole (přepnuto na MANUAL)
  - Chybná reakce kapitána a posádky
  - Příčina zřícení – nedostatek paliva

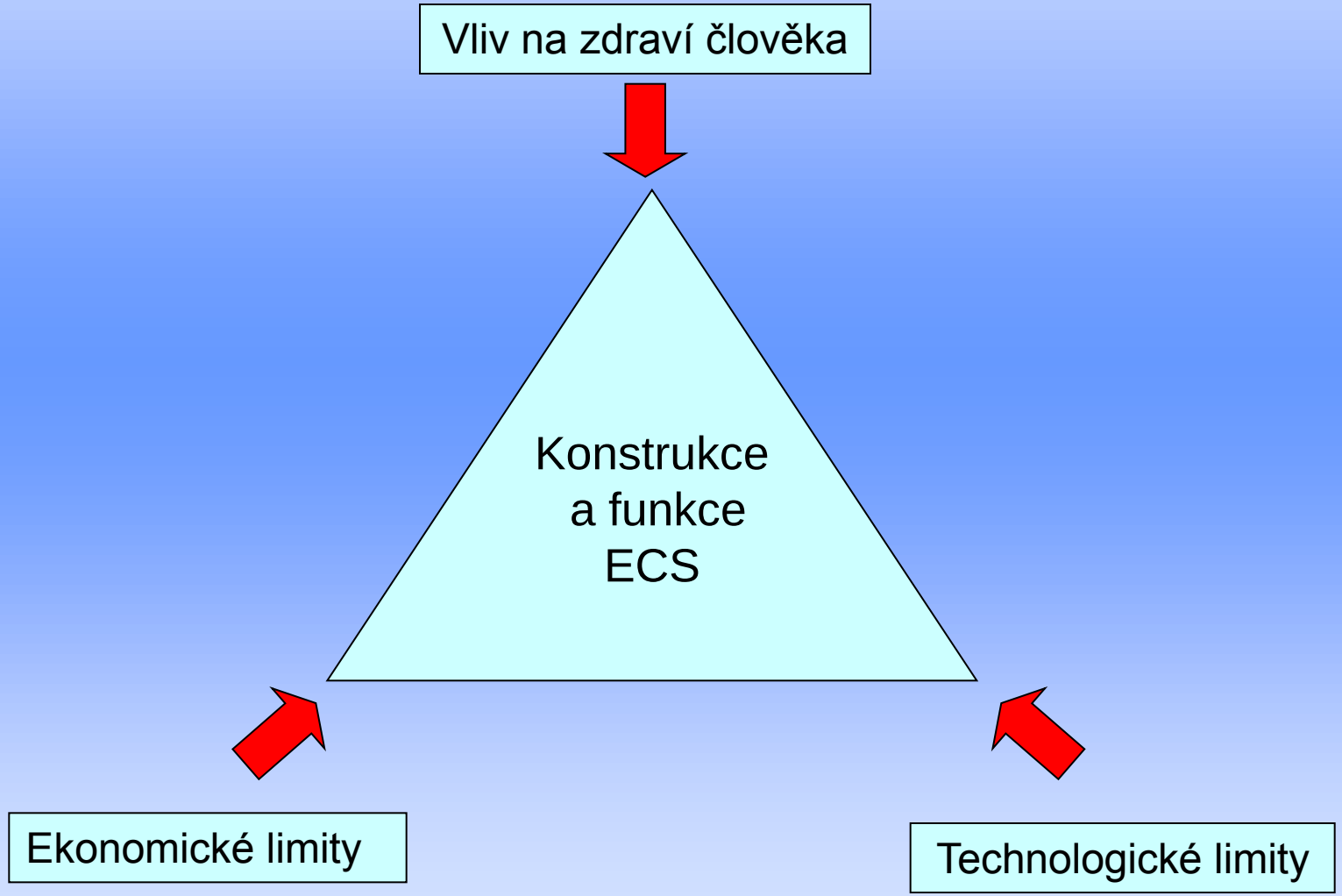
- **Důsledky**
  - Zahynulo všech 121 osob na palubě
  - Hrozilo sestřelení letadly F-16

Hlavní regulační ventil (B737)

Severovýchodně od Atén se zřítilo dopravní letadlo kyperské letecké společnosti Helios Airways se 121 osobami na palubě. Podle agentur mířil stroj do České republiky s mezipřistáním v Aténách.

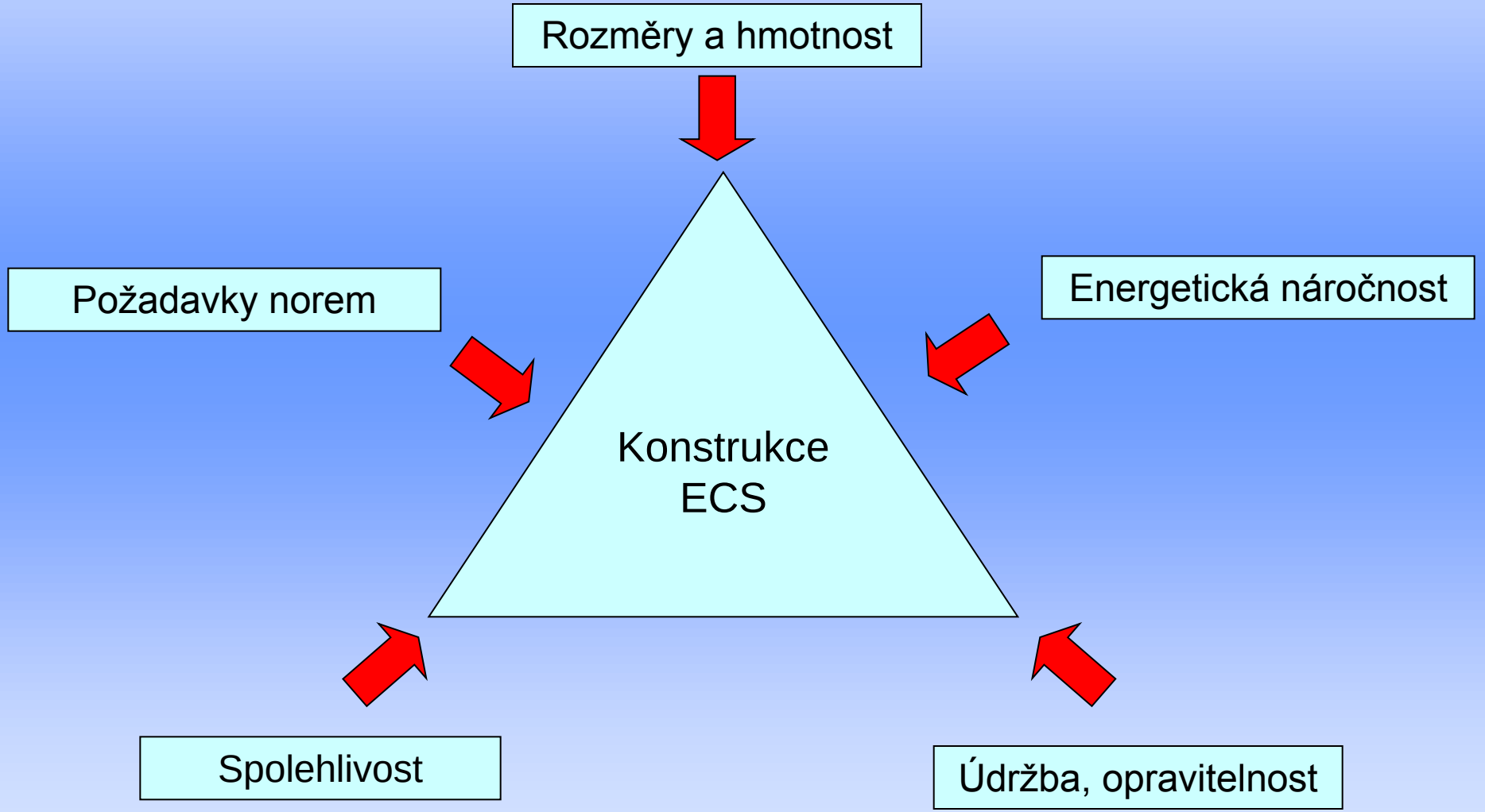
Závěr

- **Hlavní faktory ovlivňující konstrukci a funkce ECS**



Závěr

- **Technické faktory ovlivňující konstrukci ECS**



Závěr

- **Závěr**

- Nízká relativní vlhkost
- Vysoké koncentrace CO_2
- Změny tlaku
- Tepelná nepohoda
- Šíření částic v kabině

Nepohoda prostředí
Zdravotní rizika
Snížení energ. náročnosti

Výzkum → Inovované systémy a postupy

Konec prezentace

Děkuji za pozornost

Zdroje obrázků a animací: www.boeing.com, www.airbus.com, www.evektor.cz, ČTK, www.airliners.net, www.b737.org.uk

Překlad a grafy: Ing. Jan Fišer, fiser@fme.vutbr.cz