

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 504.75(045)

О.І. Запорожець, д.т.н., проф.
В.І. Казанець, к.т.н., доц.**БЕЗПЕЧНІ ЖИТТЄВІ ПОКАЗНИКИ ПОВІТРЯ НА БОРТУ ЛІТАКА
ДЛЯ ПАСАЖИРІВ І ЕКІПАЖУ**

Наведено аналіз шкідливих фізико-хімічних факторів, які можуть негативно впливати на життєві показники організму пасажирів і екіпажу літака в різних умовах польоту. Визначено санітарно-гігієнічні умови на борту літака, які не суперечать нормам їх льотної придатності і гарантують безпеку життєдіяльності екіпажу та пасажирів на борту будь-якої держави світу згідно з вимогами ІСАО.

The analysis of harmful physical and chemical factors, which can negatively affect vital body indices of passengers and crew of airplane in the different conditions of flight is outlined in the article. On the basis of analysis the sanitary hygienically requirements conditions aboard an airplane are defined which do not contradict norms of flightworthiness of civil airplanes and guarantee safety of vital functions of crew and passengers.

безпека життєдіяльності екіпажу, системи кондиціонування та регулювання тиску**Постановка проблеми**

Сучасні пасажирські літаки виконують польоти у верхніх шарах тропосфери на висоті до 10 км. Одним з важливих та складних технічних завдань є забезпечення нормальних умов життєдіяльності екіпажу і пасажирів під час польотів на таких висотах [1].

У цій роботі проаналізовано результати функціональних систем забезпечення життєдіяльності на борту літака з погляду спеціалістів авіаційної медицини.

Аналіз досліджень

У тропосфері тиск, температура і густина змінюються залежно від географічних координат літака, висоти над рівнем моря, часу дня і пори року. На висоті 7 км повітря можна вважати майже сухим.

Сухе повітря складається з 78,09 % азоту, 20,95 % кисню, 0,93 % аргону, 0,03 % вуглекислого газу, $1,8 \cdot 10^{-3}$ % неону, $5,24 \cdot 10^{-4}$ % гелію, $1 \cdot 10^{-4}$ % криптону, $8 \cdot 10^{-6}$ % ксенону, $5 \cdot 10^{-5}$ % водоводу, $1 \cdot 10^{-6}$ % озону.

Під час дихання в альвеолах легенів кров насичується киснем повітря згідно із законами дифузії. Зворотний процес (видихання) виводить вуглекислий газ. Основний фактор, який визначає дифузію кисню з альвеолярного повітря в кров – парціальний тиск.

Нормальну життєдіяльність людини можна підтримувати парціальним тиском кисню, що вдихається з повітрям на рівні $p_{O_2} = 22,2 - 16,6$ кПа (167–125 мм рт. ст.).

Мінімальний парціальний тиск кисню в альвеолах легенів, за яким кров насичується на 80–85 %, становить 6–6,7 кПа (45–50 мм рт. ст.) [2]. Такий парціальний тиск відповідає висоті 4,5 км для дихання атмосферним повітрям. Тому польоти до висоти 4,5 км виконують літаки з негерметичними кабінами. Польоти вище за 4,5 км називають висотними. Пілотські кабіни та пасажирські салони таких літаків – герметичні.

Зниження тиску повітря, крім кисневого голодування, спричиняє процеси дисбаризму в організмі людини, які виявляються в різних формах.

За висотного метеоризму, зумовленого з розширенням газів і виникненням надмірного тиску в шлунково-кишковому тракті, з'являються також відчуття болю у вухах, лобових і гайморових порожнинах.

Аероемболізм або декомпресійне захворювання проявляється у вигляді суглобових і м'язових болів з підняттям на висоту 8–13 км [3]. Болі спричиняються виділенням азоту, розчиненого в клітинних структурах тканини людини, коли тиск повітря знижується.

У нормальних земних умовах кров і тканини організму людини містять 1–1,5 л розчиненого азоту. Під час повільного зниження тиску повітря парціальний тиск азоту, розчиненого в організмі, перебуває в рівновазі з парціальним тиском атмосферного азоту, який виділяється шляхом дифузії без больових ознак. Різке підвищення тиску повітря приводить до виникнення великого градієнта тиску і азот виділяється у вигляді бульбашок з крові та тканин.

Рух бульбашок крізь тканини викликає механічну дію, яка подразнює кінчики нервів і кровоносних судин. До висоти 7 км болі не виявляються. Швидке зниження тиску повітря переноситься людиною гірше, ніж підвищення.

Постановка завдання

У процесі життєдіяльності організм людини виробляє енергію, яка виділяється у вигляді тепла. Інтенсивний перебіг процесів теплообміну залежить від температури, вологості і швидкості руху повітря, одягу, пози людини [4].

Біохімічні процеси перебігають за температури організму людини близько 37 °С. Якщо навколишнє середовище має таку температуру, за якої кількість тепла, що виробляє організм, зрівноважується з кількістю тепла, яке відбирається навколишнім середовищем, то середовище і температура є комфортними.

Вирішення завдання

Ці вимоги реалізуються системами кондиціонування та регулювання тиску повітря на борту літака. Ці системи забезпечують гігієнічні умови льотної праці екіпажу в кабіні і комфортності пасажирських салонів. Вони мають відповідати умовам витрат повітря, тиску і швидкості його змінювання, температурі, вологості, газовому складу, швидкості руху в кабіні як на землі, так і на всіх етапах та режимах польоту.

Повітря на виході із системи кондиціонування і в кабіні літака має відповідати санітарно-гігієнічним вимогам. Масова концентрація оксиду вуглецю не може перевищувати 20 мг/м³, оксиду азоту – 5 мг/м³, парів палива (у розрахунку на вуглець) – 300 мг/м³, парів і аерозолів синтетичних мастил – 2 мг/м³, парів і аерозолів мінеральних мастил – 5 мг/м³, альдегідів – 0,6 мг/м³. Домінуючим для визначення потрібного об'єму свіжого повітря є допустима концентрація вуглекислого газу CO₂, що утворюється у процесі дихання. У разі тривалого перебування людини в замкненому просторі пасажирського салону чи пілотської кабіни допустима об'ємна частка вуглекислого газу CO₂ не повинна перевищувати 0,1–0,125 %. Подача повітря в гермокабіну на одного пасажирів має бути не меншою ніж 24 кг/год.

Витрату повітря враховують відповідно до умови забезпечення температурного режиму в гермокабіні, він має бути вищим від мінімально допустимого значення частки вуглекислого газу CO₂.

Інформація про кількість повітря на одного пасажирів і концентрацію CO₂ в гермокабінах пасажирських літаків наведено в таблиці.

Оптимальні умови забезпечення повітря пасажирів літаків

Літак	Подача повітря на одного пасажирів, кг/год	Об'ємна частка CO ₂ , %
Ан-24	24	0,138
Ан-140	25–30	0,125
Як-40	28–33	0,108
Як-42	37,5	0,1
Іл-62	35–37	0,1
Іл-86	40	0,09
Ту-154	25-34	0,10

У повітрі на борту літака може бути озон. Це шкідливий фактор, який може впливати на стан екіпажу літака під час пілотування в умовах польоту в широтах північного та південного полюсів.

Середня масова концентрація озону O₃ в повітряному просторі кабіни літака на висотах понад 7000 м з тривалістю польоту до 3 год не повинна перевищувати 0,2 мг/м³. Якщо політ триває більше ніж 3 год, середня масова концентрація озону O₃ має не перевищувати 0,1 мг/м³ за весь час польоту.

У тропосферу озон O₃ проникає зі стратосфери внаслідок динамічних циркуляційних процесів.

Дослідження повітря в гермокабінах проведених В.В. Осечкіним під час польотів на літаках Іл-18Т (висоти 7–8 км) і Іл-62 (висоти 10–11 км) по північних трасах, показали, що атмосферний озон може проникати в кабіну з компресованим повітрям в концентраціях, які в 3–5 разів перевищують граничнодопустимі значення концентрації. Зафіксовано проникнення атмосферного озону в гермокабіни деяких пасажирських літаків фірми «Boeing» на трансатлантичних рейсах на висоті 12 км, значення концентрації якого перевищили граничнодопустимі значення концентрацій.

Озон – нестійка хімічна сполука, що легко руйнується під дією температури. Температурні умови в компресорах двигунів (250–300 °С) літаків Іл-18Т та Іл-62 недостатні для повного руйнування озону, що зумовлює його наявність у повітрі кабіни та салонів літака.

Озон руйнується за вищих температур, що було підтверджено польотами літаків Ту-144 і «Конкорд». Температура в компресорах двигунів цих літаків досягає 500 °С, а концентрація озону не перевищує допустимого значення 0,1 мг/м³.

За рекомендаціями ІСАО при попаданні в шар озону літаків з дозвуковою швидкістю польоту треба змінити висоту польоту і повідомити наземні служби про місцеперебування літака.

Якщо в повітрі кабіни є декілька речовин однонапрямленої біологічної дії, то сума відношень фактичних концентрацій кожної з них до граничнодопустимої концентрації цих речовин не повинна перевищувати одиницю.

На всіх етапах польоту літака в кабіні й салонах має підтримуватися температура повітря 17–25 °С. Зміна температури повітря в кабіні екіпажу не повинна змінювати параметри повітря в пасажирському салоні.

Насиченість повітряного середовища водяною парою має велике значення для теплообміну людини з навколишнім середовищем. Зниження вологості не повинно чинити шкідливої дії на екіпаж.

Відносна вологість у гермокабіні залежить від висоти і довготривалості польоту. У гермокабіні літака Іл-62 за 7 год польоту на висоті 10 км і наявності на борту 180 пасажирів відносна вологість становить 12–15 %, у гермокабіні літака Як-40 на висоті 5 км через 1,5–2 год вона досягає 27–30 %.

Сухість слизової оболонки носа, горла і очей спостерігається за відносної вологості близько 40 %, але така вологість не викликає неприємних симптомів, які виявляються у разі її зниження до 20–22 %. Комфортною є відносна вологість 40–60 %, граничнодопустимою – не нижче 15 %.

Мінімальний загальний барометричний тиск в гермокабіні має забезпечувати парціальний тиск кисню в повітрі, що вдихається, 15,7 кПа (118 мм рт. ст.). Це парціальний тиск кисню, який відповідає загальному барометричному тиску в гермокабіні – 75,6 кПа (567 мм рт. ст.).

Такий тиск створює в повітряному середовищі гермокабіни деякий дефіцит кисню, що виправляється компенсаторними здатностями здорової людини і людини з незначними відхиленнями в стані здоров'я. Тому барометричний тиск у гермокабіні має бути не нижчим від тиску висоти 2,4 км (кабінна висота) у всьому діапазоні висот польоту.

У разі відмови системи кондиціонування чи несправності системи регулювання тиску кабінна висота в гермокабіні має бути не вищою за 3 км.

Важливе значення для комфортних умов польоту має інтенсивність змінювання барометричного тиску в гермокабіні, який на всіх режимах набору висоти і зниження має бути не вищим за 24 Па/с (0,18 мм рт. ст./с). Ця обмеженість визначається здатністю організму людини вирівнювати тиск порожниною середнього вуха до тиску навколишнього середовища.

Якщо перепад тиску змінюється від зниженого до підвищеного, то неприсмні відчуття починають проявлятися за швидкості зміни тиску 160–210 Па/с (1,2–1,6 мм рт. ст./с).

Амплітуда коливань тиску 2,4–2,7 кПа (18–20 мм рт. ст.) за швидкості зміни тиску 0,9–1,07 кПа/с (7–8 мм рт. ст./с) викликає неприємні відчуття болю у вухах і головні болі. Тому допустима швидкість підвищення тиску – не більше 0,67 кПа/с (5 мм рт. ст./с), швидкість зниження тиску – 1,33 кПа/с (10 мм рт. ст./с).

Швидкість руху повітря в гермокабіні має не перевищувати 0,4 м/с.

Висновки

Наведені дані масових концентрацій оксиду вуглецю; оксиду азоту; парів палива та мастила, а також таких фізичних параметрів, як температура, відносна вологість повітря, тиск, швидкість зміни барометричного тиску та швидкість руху повітря на борту літака в гермокабіні відповідають санітарно-гігієнічним умовам норм льотної придатності і гарантують безпеку життєдіяльності екіпажу та пасажирів на борту літаків усіх держав світу згідно з вимогами ІСАО.

Література

1. *Системы* оборудования летательных аппаратов / под ред. А.М. Матвиенко, В.И. Бекасова – М.: Машиностроение, 1986. – С. 41–47.
2. *Авиационная медицина* / под общ. ред. А.Н. Бабийчука. – М.: ДОСААФ, 1979. – С. 153–157.
3. *Функциональные системы воздушных судов* / В.В. Гаража, А.Н. Желиба, В.И. Казанец и др. – К.: КИИГА, 1989. – С. 121–130.
4. *Буріченко Л.А.* Охорона праці в авіації / Л.А. Буріченко, В.Д. Гулевець. – К.: НАУ, 2003. – 168 с.

Стаття надійшла до редакції 10.04.09.