

ДОДАТОК Р

Порівняльні дослідження датчиків тиску в ГК РПЛ

Для вимірювання тиску повітря в ГК проведено порівняльні випробування практично використовуваних на літаках двох типів датчиків тиску. На РПЛ вимір тиску повітря в ГК проводять за допомогою датчиків тиску повітря фірми LIEBHERR (Франція), який розташований у регуляторі тиску в кабіні САРТ, і БРС-1С (Російська Федерація).

На висоті польоту літака $H = 2500$ м було проведено примусове відкриття аварійного люка в пасажирському салоні з максимальною прохідною площею $0,01107$ м². За умови досягнення надлишкового тиску в ГК до $0,2 \times 10^2$ Па було відкрито шахту аварійного покидання з максимальною прохідною площею $0,7$ м². У процесі зниження тиску повітря в ГК відбувалося вимірювання тиску повітря за допомогою датчиків тиску фірми LIEBHERR та БРС-1С (рис. Р.1). Тиск повітря в ГК знизився протягом 62 с з початкового тиску $P = 1,003 \times 10^5$ Па до кінцевого тиску $P = 0,7991 \times 10^5$ Па. Через 8 с в ГК отримано мінімальний тиск повітря $P = (0,7544 \dots 0,7534) \times 10^5$ Па.

За умови аварійної розгерметизації ГК проведено порівняльний аналіз показників тиску повітря за допомогою двох датчиків. Максимальну розбіжність між показами датчиків отримано унаслідок зміни тиску повітря до 8 с. За одного і того самого тиску виміряні показники тиску повітря на датчику БРС-1С зміщені в бік збільшення часу в порівнянні з датчиком фірми LIEBHERR.

Максимальні зміщення оцінок $\Delta\tau = 0,7$ с отримано за максимальної швидкості зміни тиску в ГК $dP_i/d\tau = -63,2$ кПа/с і $P \approx 0,9 \times 10^5$ Па, $\Delta\tau = 0,6$ с за $P \approx 0,825 \times 10^5$ Па, $\Delta\tau = 0,4$ с, $P \approx 0,78 \times 10^5$ Па. Зі зменшенням швидкості зміни тиску повітря в ГК розбіжність між показами датчиків зменшується і через 8 с, коли $dP_i/d\tau = 13,5$ Па/с, покази двох датчиків мають близькі значення. Похибка датчиків за цієї швидкості зміни тиску переважно залежить від тарування датчиків. Покази датчиків слід привести до однакових стаціонарних тисків у ГК.

Для аналізу впливу швидкості зміни тиску характерними точками на графіку рис. Р.1 є тиски газу через $\sim 27,5$ с і ~ 55 с після початку розгерметизації (рис. Р.2, рис. Р.3). За умови зменшення тиску повітря в ГК зі швидкістю зміщення оцінок у бік збільшення часу на датчику БРС-1С відносно датчика фірми LIEBHERR становить: $\Delta\tau = 0,4$ с за $P \approx 0,768 \times 10^5$ Па, $\Delta\tau = 0,5$ с за $P \approx 0,766 \times 10^5$ Па, $\Delta\tau = 0,6$ с за $P \approx (0,764 \dots 0,762) \times 10^5$ Па, $\Delta\tau = 0,5$ с за $P \approx 0,761 \times 10^5$ Па (рис. Р.2).

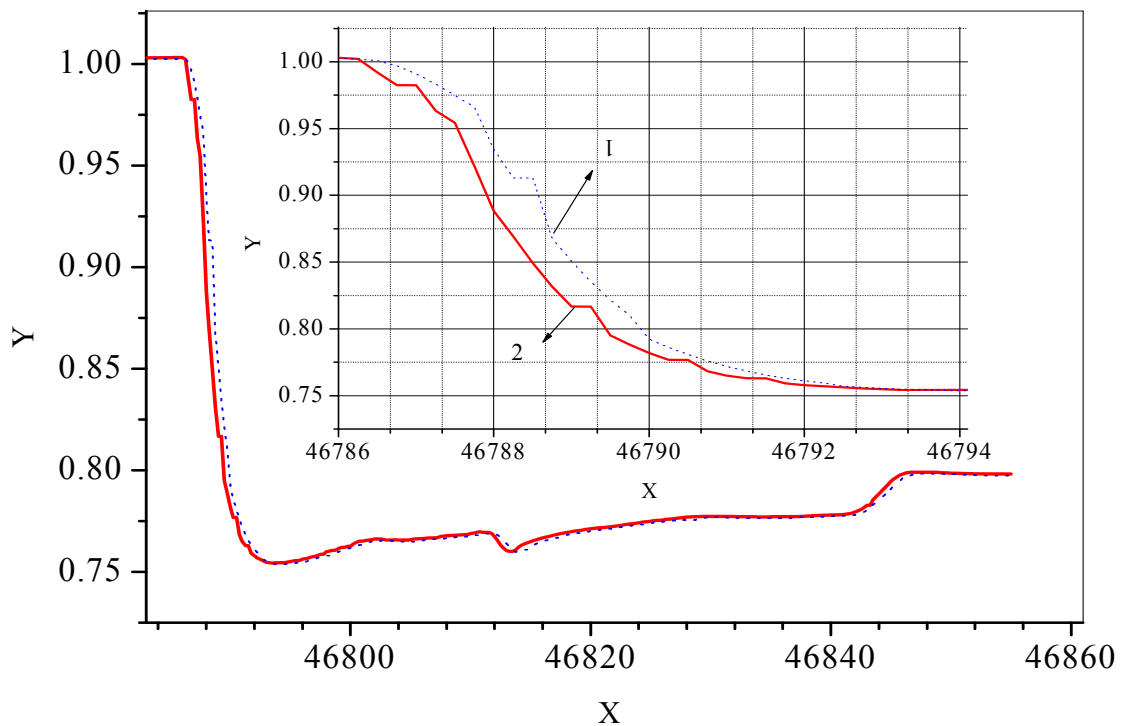


Рисунок Р.1. Залежність тиску повітря в ГК ($Y \times 10^5$, Па) від поточного часу (X , с) за умови відкриття люка в пасажирському салоні і відкриття шахти аварійного покидання на РПЛ (висота польоту $H = 2500$ м) для різних варіантів вимірювання тиску: 1 – датчик тиску БРС-1С; 2 – датчик тиску фірми LIEBHERR

З підвищенням тиску в ГК зі швидкістю $dP/d\tau = (440 \dots 197) \text{ Па/с}$ зміщення оцінок становить: $\Delta\tau = 0,7$ с за $P \approx 0,761 \times 10^5$ Па, $\Delta\tau = 0,95$ с за $P \approx 0,762 \times 10^5$ Па, $\Delta\tau = 0,9$ с за $P \approx 0,763 \times 10^5$ Па, $\Delta\tau = 0,95$ с за $P \approx 0,764 \times 10^5$ Па, $\Delta\tau = 0,9$ с за $P \approx 0,765 \times 10^5$ Па, $\Delta\tau = 0,97$ с за $P \approx 0,766 \times 10^5$ Па. Оскільки покази датчика БРС-1С мають зміщені оцінки в бік збільшення часу за підвищення і зниження тиску в ГК,

то датчик фірми LIEBHERR має більшу швидкодію і адекватно відображає процес зменшення тиску в ГК. Тільки через $\sim 27,5$ с від початку розгерметизації обидва датчики мають рівні значення тиску повітря в ГК.

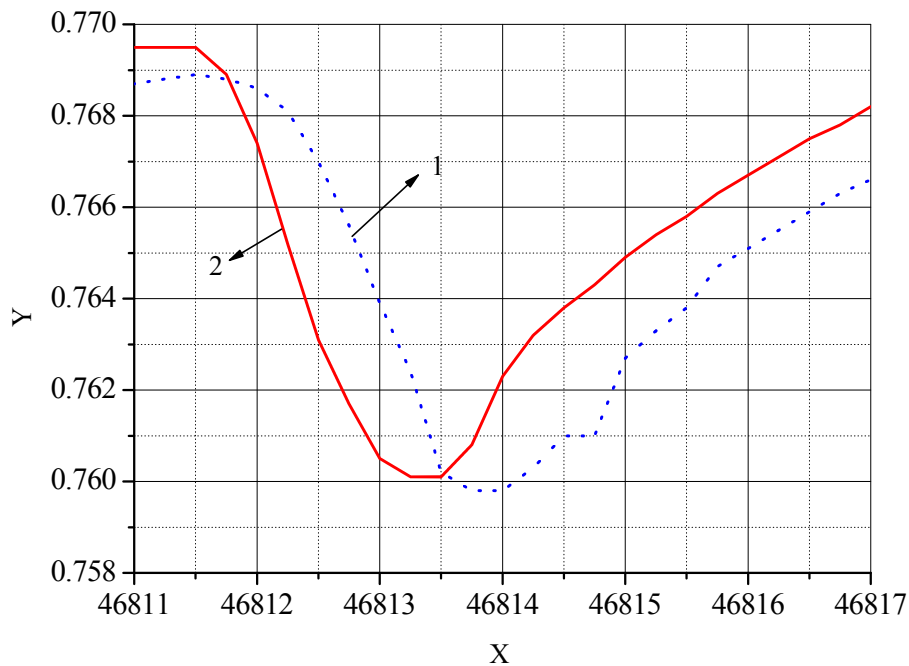


Рисунок Р.2. Залежність тиску повітря в ГК ($Y \times 10^5$, Па) від поточного часу (X , с) з рис. Р.1: 1 – датчик тиску БРС-1С; 2 – датчик тиску фірми LIEBHERR

Через ~ 55 с отримано повторне зміщення оцінок у бік збільшення часу на датчику БРС-1С відносно датчика фірми LIEBHERR (рис. Р.3). За умови збільшення тиску повітря в ГК зі швидкістю $dP_i/d\tau = 508$ Па/с зміщення оцінок становить: $\Delta\tau=0,7$ с при $P \approx 0,78 \times 10^5$ Па, $\Delta\tau=0,5$ с при $P \approx (0,782 \dots 0,787) \times 10^5$ Па, $\Delta\tau=0,7$ с при $P \approx 0,79 \times 10^5$ Па, $\Delta\tau=0,6$ с при $P \approx 0,793 \times 10^5$ Па, $\Delta\tau=0,7$ с при $P \approx 0,795 \times 10^5$ Па.

У разі аварійної розгерметизації ГК обидва датчики мають відносно близькі залежності зміни тиску повітря в часі. Максимальне розходження тисків повітря отримано за швидкості зміни тиску повітря в ГК понад 36 Па/с. Датчик фірми LIEBHERR має обмеження на застосування щодо максимальної швидкості зміни тиску (510 Па/с). Більшість розробників обмежують сферу застосування датчиків, які вимірюють тиск повітря в ділянці лінійної залежності вимірюваної величини від

подаваного сигналу. Точність вимірювання тиску датчиком фірми LIEBHERR становить ± 408 Па. Проведені дослідження вимірювання тиску в ГК у разі аварійної

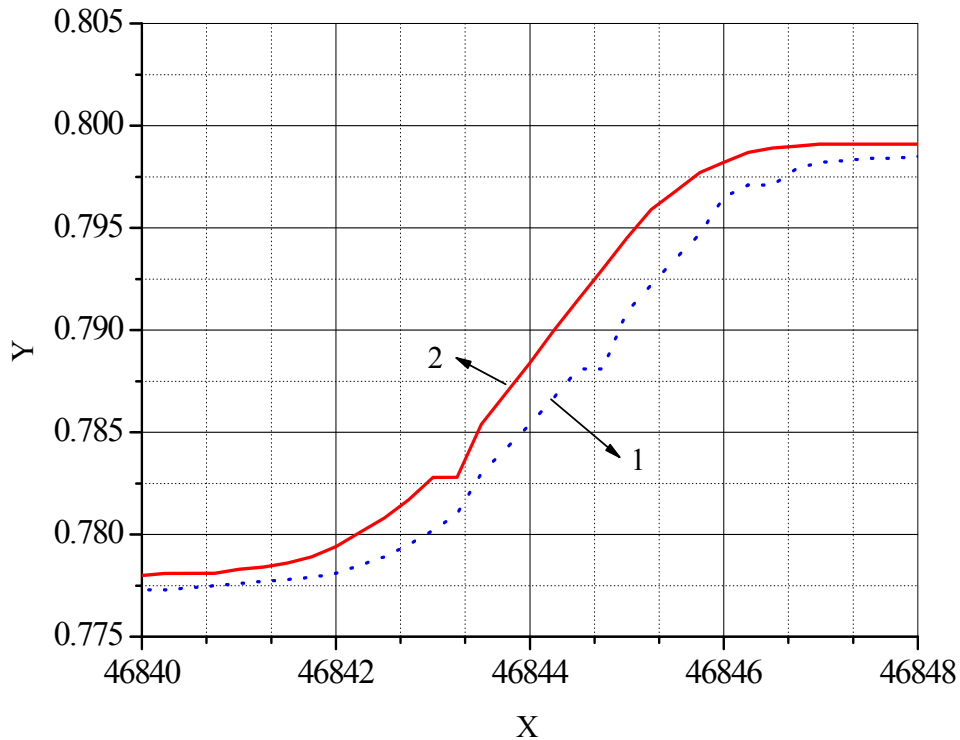


Рисунок Р.3. Залежність тиску повітря в ГК ($Y \times 10^5$, Па) від поточного часу (X , с) з рис. Р.1: 1 – датчик тиску БРС-1С; 2 – датчик тиску фірми LIEBHERR

розгерметизації показують, що датчики фірми LIEBHERR і БРС-1С в ділянці досліджених інтервалів часу за швидкості зміни тиску понад 510 Па/с відносно близько відображають характер зміни тиску. Оскільки датчики розроблені різними фірмами, то похибки таких датчиків багато в чому залежать від методу і засобів вимірювання, які закладені у процесі їх створення. Під час аналізу початку процесу розгерметизації і його завершенні (встановлення стаціонарної рівноваги між тиском у ГК і атмосферою) без урахування особливостей перехідних процесів обидва датчики мають відносно близькі результати вимірювань. У такому разі зміщення оцінок на датчику БРС-1С не має істотного впливу на результати вимірювань. У разі протікання досліджуваного процесу протягом 62 с зміщення оцінок за часом на БРС-1С призводить до збільшення максимальної похибки до 1,5 %. Якщо ж

проводити аналіз досліджуваного процесу менше ніж 1 с, то зміщення оцінок за часом на перехідних режимах для датчика БРС-1C призводить до збільшення максимальної похибки вимірювання тиску повітря відносно датчика фірми LIEBHERR до 97 %. Для аналізу таких фізичних процесів використання датчика фірми LIEBHERR відносно датчика БРС-1C надається перевага.

На літаку датчик тиску фірми LIEBHERR використовують у САПТ для вимірювання тиску повітря в ГК. Такий датчик тиску може бути застосований для вимірювання тиску повітря в кабіні за умови аварійної розгерметизації. На борту літаків частота опитування двох датчиків становить 4 Гц. Підвищуючи частоту опитування датчика і розширюючи сферу його застосування, можна підвищити рівень знання про досліджуваний процес і розширити сфери застосування датчика. Використання такого підходу часто обмежене можливостями електронних засобів борту ЛА.

За результатами проведених досліджень сформульовані такі основні висновки:

1. Датчики тиску повітря фірми LIEBHERR і БРС-1C відносно близько (максимальне зміщення показів тиску повітря становить 0,97 с) відстежують зміни тиску повітря в ГК РПЛ протягом 62 с.

2. За швидкості зміни тиску повітря в ГК менш ніж 36 Па/с тиски повітря, виміряні за допомогою датчиків фірми LIEBHERR і БРС-1C, мають практично однакові значення.

3. За швидкості зміни тиску повітря в ГК менше максимально допустимої швидкості зміни тиску датчика фірми LIEBHERR (510 Па/с) тиски повітря, виміряні за допомогою датчика БРС-1C, зміщені в бік збільшення часу відносно показів датчика фірми LIEBHERR на $\Delta\tau = (0,7 \dots 0,97) \text{ с}$. Зсув виміряних тисків повітря в бік збільшення часу отримано у разі підвищення і зниження тиску повітря в ГК.

4. У разі зменшення тиску повітря в ГК зі швидкістю в діапазоні $-(0,51 \dots 63,2) \text{ кПа/с}$ тиски повітря, виміряні за допомогою датчика БРС-1C, зміщені в бік збільшення часу на $\Delta\tau = (0,4 \dots 0,7) \text{ с}$ відносно показів датчика фірми LIEBHERR.