

## ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПУ ВИТРАТИ РЕСУРСУ ЛІТАКА ПРИ ПОЛЬОТІ В ТУРБУЛЕНТНІЙ АТМОСФЕРІ

к.т.н. С.В. Шевченко, к.т.н. А.Г. Тарасцев, С.М. Курінний  
(подав д.т.н., проф. О.І. Риженко)

*Наведені положення дозволяють провести дослідження з приводу визначення темпу витрати ресурсу літака. За допомогою існуючого математичного апарата пропонується визначити вплив навантажень від атмосферної турбулентності на конструкцію літака, а також оцінювати компенсацію цих навантажень при застосуванні активних систем керування.*

При польоті в турбулентній атмосфері на літак діють перевантаження, які викликані поривами вітру, направленими по усіх його осях – повздовжній, нормальній та поперечній. Однак відомо, що найбільш значні перевантаження направлені по нормальній осі. Ці перевантаження виникають в результаті поривів вітру, направлених вздовж цієї ж осі. Зважаючи на це, важливим моментом є вплив атмосферної турбулентності на втомлену міцність конструкції літака та погіршення умов роботи екіпажу. Політ в умовах турбулентної атмосфери призводить до зростання втомленої пошкодженості приблизно в 50...100 разів [1]. В свою чергу втомлена міцність є важливим фактором, що визначає ресурс конструкції літака. В сучасних економічних умовах проблема збереження ресурсу стає дедалі важливішою.

Одним із шляхів збереження ресурсу є застосування вдосконаленої системи керування, що створюється за концепцією “техніки активного керування”. Слід зазначити, що активні системи керування різних типів, які знижують негативні ефекти від впливу атмосферної турбулентності на конструкцію літака і його екіпаж, застосовуються не тільки на літаках військового призначення. Перед конструкторами сучасних цивільних літаків постають не менш складні проблеми підвищення комфортабельності перевезення авіапасажирів і, головне, збільшення ресурсу літака, та чим більше вартість такого повітряного лайнера, тим більш актуальною стає ця проблема.

Таким чином, компенсуючи дію турбулентних навантажень за допомогою органів керування, стає можливим зберігання ресурсу літака. В якості критерію зберігання ресурсу пропонується темп витрати ресурсу літака на етапі польоту в турбулентній атмосфері.

Під темпом витрати ресурсу літака  $\lambda$  розуміється частка ресурсу, що витрачається в одиницю часу. Для визначення величини  $\lambda$  використовується отримане з умови руйнування Палмгрена (гіпотеза лінійного підсумовування

ушкоджень) співвідношення [2], справедливе для випадку з навантаженням, що безперервно змінюється:

$$\lambda = - \int_0^{\infty} \frac{1}{\bar{N}(K)} M(K) dK, \quad (1)$$

де  $K = \sigma / \sigma_b$  - коефіцієнт напруженості ( $\sigma$  - напруження, що виникає в конструкції при дії змінного навантаження;  $\sigma_b$  - напруження, при якому відбувається руйнування конструкції при однократному навантаженні);  $M(K)$  - число максимумів навантажень;  $\bar{N}(K)$  - число навантажень конструкції, при якому відбувається її руйнування (крива втомленої витривалості).

Для урахування дії на літак атмосферної турбулентності, на підставі найбільш розповсюдженої теорії, будемо вважати, що конструкція навантажується за стохастичними законами [1]. При моделюванні атмосферної турбулентності найбільш часто використовуються моделі Драйдена і Кармана. Таким чином, перевантаження, які витримує літак, визначаються повторюваністю силових факторів, що дозволяє оцінити темп витрати ресурсу за допомогою формули Райса [3]:

$$N(\Delta n) = N_0 \sum_i \bar{t}_i \exp\left(-\frac{\Delta n}{B \cdot v_i}\right), \quad (2)$$

де  $N_0$ ,  $N(\Delta n)$  - відповідно ймовірне число однобічних перетинань нульового і заданого рівня перевантаження;  $i$  - умови турбулентності;  $v_i$ ,  $\bar{t}_i$  - відповідно масштабний коефіцієнт та відносний час польоту в  $i$ -й категорії турбулентності;  $B$  - коефіцієнт чутливості літака до атмосферної турбулентності.

Істотні труднощі при застосуванні лінійної гіпотези підсумовування ушкоджень до випадкових навантажень виникають унаслідок невизначеності в цьому випадку поняття циклу навантаження. Вважаючи, що число вертикальних поривів вітру з яким-небудь визначеним значенням швидкості  $\omega$  позитивного знаку в середньому дорівнює числу вертикальних поривів з негативним значенням  $\omega$ , можна прийняти, що на кожен максимум перевантаження з амплітудою  $\Delta n$  приходиться в середньому один мінімум з тією ж по модулю амплітудою. Це дозволить визначити число симетричних циклів навантаження з середнім значенням навантаження циклу, відповідного одиничному перевантаженню горизонтального польоту.

Підвищення втомленої довговічності планера при проектуванні потребує урахування навантажень від атмосферної турбулентності. Проведені дослідження показали наступне розподілення випадків втомлених руйнувань основних агрегатів літака [4]: крила з механізацією – 53 %; фюзеляж – 16 %; хвостове оперення – 12 %; рульові поверхні – 10 %; шасі – 9 %.

Зважаючи на це, необхідне впровадження заходів по зниженню діючих напружень в нижній та верхній панелях крила, в повздовжньому наборі та

обшивці фюзеляжу. Але ж ці заходи призводять до зростання маси конструкції планера, тим самим погіршуючи льотно-технічні характеристики літака. Для приблизної оцінки, що визначає залежність зростання маси планера літака  $\Delta m_{пл}$  від приросту ресурсу  $\Delta t_p$ , скористуємося формулою [4]:

$$\Delta m_{пл} = 5,5 \cdot 10^{-7} \cdot m_0 \cdot \Delta t_p. \quad (3)$$

Звідси бачимо, що для літака зі злітною масою  $m_0=160\text{т}$  приріст ресурсу на  $\Delta t=10000$  ч нальоту призводить до збільшення маси планера на  $\Delta m_{пл}=880$  кг. При впровадженні заходів щодо компенсування цих навантажень, за допомогою системи керування літака, темп витрати ресурсу буде знижуватись. Якщо функції такої системи покласти на активну систему керування, це дозволить підвищити  $\Delta t_p$ , при заданих конструктором  $m_0$  та  $\Delta m_{пл}$ , за рахунок зниження темпу витрати ресурсу.

Дослідження збереження ресурсу за допомогою розробки математичної моделі темпу витрати ресурсу з урахуванням дії активної системи керування, дозволить оцінити економію ресурсу літака під час польотів в турбулентній атмосфері. За попередніми оціночними розрахунками збереження ресурсу може коливатися в межах 10...20 % від загального нальоту під час експлуатації.

Ускладнення конструкції новітніх літаків, застосування високоміцних матеріалів та значне збільшення економічно обґрунтованого ресурсу роблять задачу забезпечення довготривалої безпеки та надійності особливо актуальною. У зв'язку з цим уявляється доцільним дослідження збереження ресурсу ЛА шляхом застосування активних систем керування, а також відпрацювання математичної моделі темпу витрати ресурсу при польоті в турбулентній атмосфері.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Доброленский Ю.П. Динамика полета в неспокойной атмосфере. – М.: Машиностроение, 1969. – 256 с.
2. Тейлор Д. Нагрузки, действующие на самолет. – М.: Машиностроение, 1971. – 372 с.
3. Клячко М.Д., Арнаутов Е.В. Летные прочностные испытания самолетов. Статистические нагрузки: Справочник. – М.: Машиностроение, 1985. – 112 с.
4. Анцелиович Л.Л. Надежность, безопасность и живучесть самолета. – М.: Машиностроение, 1995. – 412 с.

Надійшла 21.01.2001

**ШЕВЧЕНКО Сергій Васильович**, канд. техн. наук, доцент, нач. кафедри XI ВПС. В 1984 році закінчив ВВІА ім. М.Є. Жуковського. Галузь наукових інтересів – створення та експлуатація літальних апаратів.

**ТАРАСЦЕВ Андрій Георгійович**, канд. техн. наук, доцент кафедри XI ВПС. В 1992 році закінчив Харківське ВВАІУ. Галузь наукових інтересів – створення та експлуатація літальних апаратів.

**КУРІННИЙ Сергій Михайлович**, викладач кафедри XI ВПС. Закінчив Харківське ВВАІУ у 1996 році. Галузь наукових інтересів – створення та експлуатація літальних апаратів.