

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ СКОРОЧЕННЯ ЧАСУ, НЕОБХІДНОГО ЕКІПАЖУ НА УСУНЕННЯ РОЗВИТКУ ОСОБЛИВОЇ СИТУАЦІЇ У ПОЛЬОТІ

Аерокосмічний інститут
Національного авіаційного університету

Визначено показники професійно важливих якостей членів екіпажу, яких не можна набути тренуванням чи компенсувати, і ті показники та недоліки, яких можна позбутися в процесі навчання або компенсувати за рахунок використання чи розвитку інших індивідуальних якостей. З урахуванням цих якостей запропоновано три стадії скорочення часу, необхідного пілотові на усунення розвитку особливої ситуації в польоті

Вступ

Аналіз стану безпеки польотів за даними міжнародної організації цивільної авіації (ICAO) показує, що переважна більшість авіаційних подій спричинених помилками екіпажів (порядку 90%), зумовлені несвоєчасними й неправильними його діями. Це пов'язане з тим, що розвиток особливої ситуації (ОС) у польоті має швидкоплинний характер, і екіпаж не завжди має у своєму розпорядженні час, необхідний для її усунення або стабілізації [1]. В той же час величезна відповідальність за своєчасність і правильність прийняття рішень висувають високі вимоги до пілота, як ланки системи "літак - екіпаж - середовище", особливо до його психофізіологічних можливостей.

Під системою "літак - екіпаж - середовище - особлива ситуація" будемо розуміти сукупність перерахованих складових, функціонально взаємопов'язаних між собою та взаємодіючих певним чином в

процесі виконання польоту. У зв'язку з цим актуальним є дослідження можливостей скорочення часу, потрібного екіпажу для усунення розвитку або запобігання переходу ОС у катастрофічну [4].

Розв'язання задачі

Дослідимо можливі способи скорочення потрібного часу T_{π} на прикладі позовжнього руху літака в штурвальному режимі керування в умовах виникнення типової ОС у польоті [2]. Для цього приймемо ряд допущень: політ виконується з постійними початковими швидкістю V_0 , кутами тангажа ϑ_0 і атаки α_0 , у якості збурення обрано помилковий вертикальний маневр. Розроблена структурна схема можливого варіанта штурвального режиму керування системою «літак – екіпаж – середовище» в ОС у польоті [3] представлена на рис. 1.

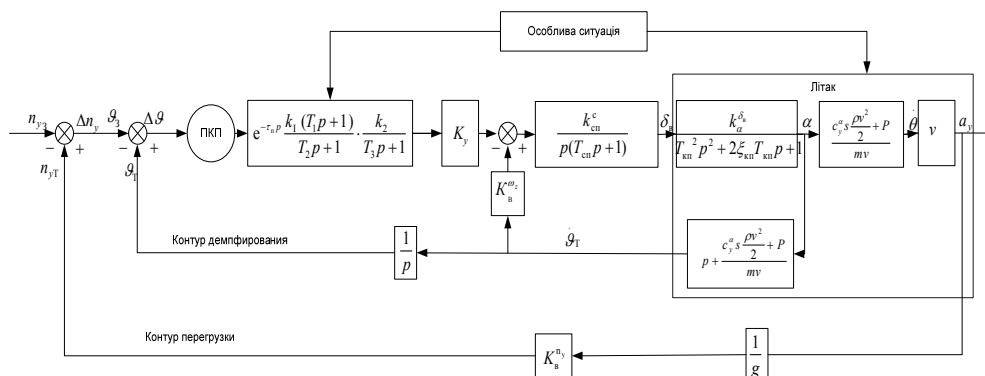


Рис. 1. Структурна схема системи «літак – екіпаж – середовище» в ОС у польоті (поздовжній канал): ПКП – пілотажно-командний пристрій

З урахуванням наведених допущень і на підставі структурної схеми (рис. 1) отримано математичну модель системи «літак – екіпаж – середовище» як комплекс моделей літака, екіпажу, середовища й процесу розвитку ситуації, які взаємодіють між собою (рис. 2). Із внутрішнього контуру (рис. 2) керування кутом тангажа визначено зображення кута атаки, що змінюється під впливом збурювального вертикального маневру:

$$\alpha(p) = \frac{W_4(p)(\varphi(p)W_B(p) + K_y W_1(p)W_2(p)g_3(p))}{p + W_3(p)W_4(p)W_5(p)(K_y W_1(p)W_2(p) + K_\omega)} p \quad (4)$$

На підставі цього рівняння та з урахуванням того, що $\omega_z(p) = \alpha(p)W_5(p)$ (рис. 2) отримано вираз для кутової швидкості тангажа:

$$\omega_z(\delta) = \frac{W_5(\delta)(W_4(\delta)(\varphi(\delta)W_A(\delta) + K_\omega W_1(\delta)W_2(\delta)g_c(\delta))}{\delta + W_3(\delta)W_4(\delta)W_5(\delta)(K_\omega W_1(\delta)W_2(\delta) + K_\omega)} \delta \quad (5)$$

Із зовнішнього контуру (рис. 2) визначено зображення для нормального перевантаження, що змінюється під впливом збурювального вертикального маневру:

$$\begin{aligned} \ddot{i}_\delta(\delta) &= \alpha(p)W_6(\delta)W_7(\delta) \frac{K_A^{\ddot{i}_\delta} \dot{a}(\delta)}{g} = \quad (6) \\ &= \alpha(p)W_6(\delta)W_7(\delta)K_A^{\ddot{i}_\delta} \Delta n_y(\delta) \end{aligned}$$

Отримані математичні моделі (4), (5), (6) дозволяють досліджувати динаміку поведінки системи «літак – екіпаж – середовище» у типовий ОС у польоті.

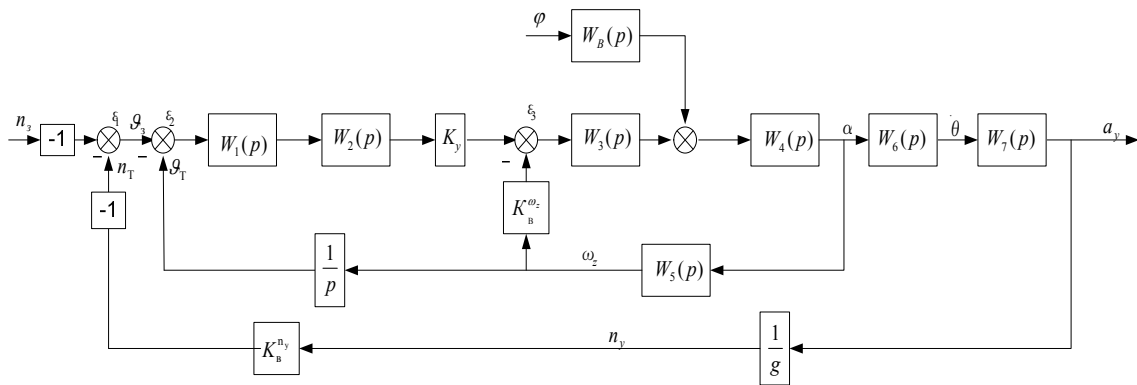


Рис. 2. Структура математичної моделі системи «літак – екіпаж – середовище» в ОС у польоті

Для оцінювання можливості скорочення часу, потрібного екіпажу для виконання послідовних етапів дій, спрямованих на стабілізацію ОС у польоті розроблено модель послідовності вироблення рішення екіпажем і його реалізації (рис. 3).

На підставі моделі (рис. 3) було досліджено реакцію системи «літак – екіпаж – середовище» в умовах виникнення та розвитку типової ситуації на дії пілота з різними динамічними та психофізіологічними характеристиками.

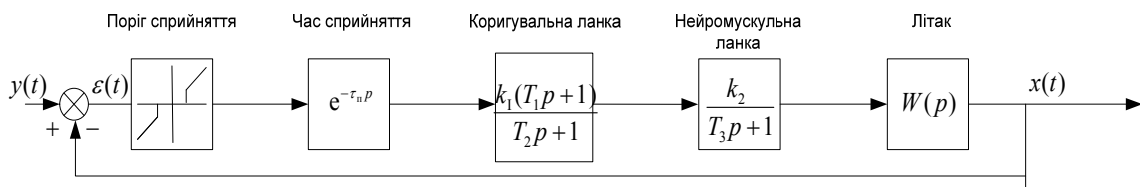


Рис. 3. Модель послідовності вироблення рішення екіпажем і його реалізації

Як показує аналіз (рис. 3) сприйняття пілотом інформації характеризується ланкою запізнювання. Етапи обробки інформації, а також прийняття рішення представлені коригувальною ланкою, у

якому постійна часу T_2 аперіодичної ланки характеризує головним чином тривалість оцінки отриманої інформації й вироблення відповідної реакції, а постійна

часу ланки, що форсує T_1 , відображає здатність пілота на основі апріорної інформації реагувати на швидкість зміни контрольованого параметра, компенсувати запізнення в сприйнятті інформації й приймати рішення.

Процес впливу на органи керування відображається динамікою інерційності нейромускульної ланки, що залежить від частотного складу вхідного сигналу й динамічних властивостей літака, що представляє собою комбінацію підсилювальної й аперіодичної ланки. Постійна часу T_3 характеризує постійну часу нейромускульної системи пілота.

Коефіцієнт $k_n = k_1 k_2$ – коефіцієнт підсилення пілота, що змінюється в широких межах залежно від коефіцієнта підсилювання рулів управління літака, а також від ступеня тренуваності пілота.

Першими були досліджені динамічні характеристики пілота, що відображають його здатність сприймати інформацію, а в якості показника використано латентний період сенсомоторної реакції пілота τ_n (рис. 4).

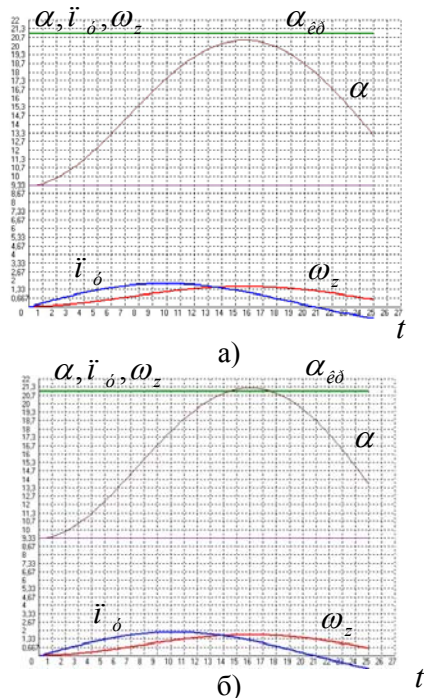


Рис. 4. Часові характеристики змін кута атаки, кутової швидкості тангажа і перевантаження при різних τ_i :
а) $\tau_i = 0,25\text{с}$; б) $\tau_i = 0,9\text{с}$.

Аналіз результатів моделювання показує, що збільшення запізнення в сприйнятті інформації екіпажем з 0,25 до 0,9 с спричинює збільшення кута атаки на 1° , що для даної типової ситуації неприпустимо.

Наступні два етапи обробки інформації й ухвалення рішення нерозривно зв'язані між собою, тому їх досліджували в комплексі взаємодії між собою. Як динамічну характеристику етапу обробки інформації використовували постійну часу попередження T_1 , що характеризує здатність екстраполювати розвиток ситуації, що склалася у польоті, а як динамічну характеристику етапу прийняття рішення – постійну часу T_2 , що характеризує інерційність пілота при обробці інформації й прийнятті ним рішення.

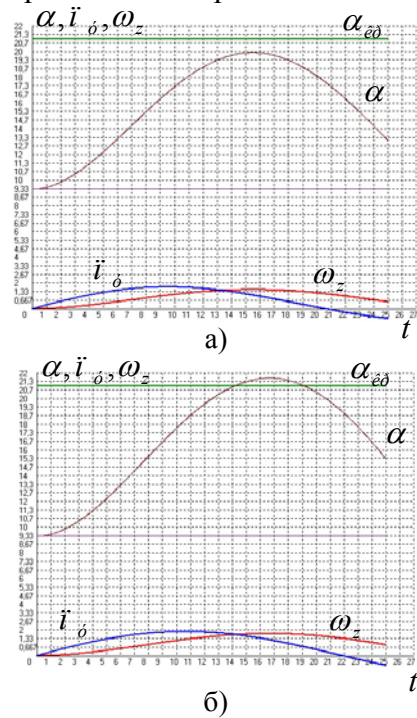


Рис. 5. Часові характеристики змін кута атаки, кутової швидкості тангажа і перевантаження при різних \dot{O}_1 і \dot{O}_2 :
а) $\dot{O}_1 = 0,25\text{ с}$, $\dot{O}_2 = 0,25\text{ с}$; б) $\dot{O}_1 = 2,5\text{ с}$, $\dot{O}_2 = 5\text{ с}$

Аналіз отриманих результатів моделювання (рис. 5), дозволяє зробити висновок, що для стабілізації розвитку типової ОС пілот повинен володіти здібністю компенсувати запізнення в прийнятті

рішення за рахунок здатності екстраполювати розвиток ситуації, тобто $T_1 = T_2$.

Оскільки ці властивості є придбаними властивостями особистості, то забезпечення наведеної рівності можливе цілеспрямованим тренуванням відповідних здібностей пілота.

Для дослідження рушійної реакції пілота як динамічної характеристики використовували постійну часу T_3 , а також коефіцієнт посилення пілота k , які характеризують його сенсомоторну координацію (рис. 6)

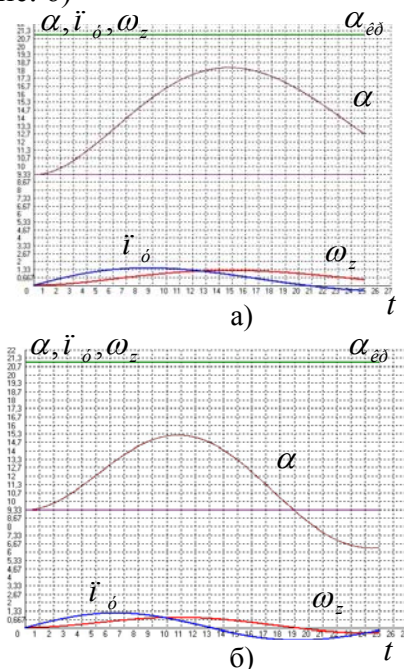


Рис.6. Часові характеристики змін кута атаки, кутової швидкості тангажа і перервантаження при різних $\dot{\Delta}_3$ і k_2 : а) $\dot{\Delta}_3 = 0,6$ с, $k_2 = 10$; б) $\dot{\Delta}_3 = 1$ с, е) $k_2 = 50$.

З аналізу результатів моделювання (рис. 6) випливає, що сенсомоторна координація є вкрай важливою динамічною характеристикою пілота в умовах запобігання виникнення та розвитку типової ОС у польоті. Загальний рівень сенсомоторної координації суб'єкта обумовлений як його перцептивними, так і психомоторними якостями. Оскільки і ті, й ті якості в психології належать до категорії вроджених, то необхідного і стійкого рівня психомоторної координації пілота можна досягти цільовим відбором абітурієнтів під час вступу в льотні навчальні заклади, а

мінімізацію часу його рухової реакції – відпрацюванням відповідних дій у типових ОС у польоті.

Висновки

На підставі отриманих результатів моделювання були визначені показники професійно важливих якостей членів екіпажу, яких не можна набути тренуванням чи компенсувати, і ті показники та недоліки, яких можна позбутися в процесі навчання або компенсувати за рахунок використання чи розвитку інших індивідуальних якостей. З урахуванням цих якостей запропоновано три стадії скорочення часу, необхідного пілотові на усунення розвитку особливої ситуації в польоті: на стадії первинної льотної підготовки – при відборі абітурієнтів у льотні навчальні заклади оцінювати час сприйняття ними інформації, запізнювання при її обробці й прийнятті рішень як самостійний тестовий параметр відбору; на стадії професійної підготовки–відпрацювання пілотами на тренажерах навичок дій у типових ОС спрямованих на скорочення часу на прийняття рішення; на стадії підвищення кваліфікації льотного складу–відпрацювання навичок дій в умовах розвитку аварійної ситуації в польоті й переходу її в катастрофічну.

Список літератури

1. Полтавець В.А. Обобщение материалов расследования авиационных происшествий самолетов гражданской авиации, анализ и классификация ошибок их экипажей. – Отчет № 119-00-III. НИИАО, 2000.
2. Казак В.Н., Салимон В.И., Туник А.А. Системы автоматического и полуавтоматического управления полетом. – К.: НАУ, 2001. – 207 с.
3. Тачиніна О.М. Казак В.М. Математична модель системи «літак –пілот–середовище» в умовах розвитку особливої ситуації у польоті // Проблеми інформатизації та управління: Зб. наук. пр. – К.: НАУ, 2006. – Вип. 3(18). – С. 165–169.