

УДК.65.012.122:62-52

Чубко О.В.¹, Баранов В.А.², Купченко О.С.³, Зіновкін В.В.⁴

¹ студ. гр. Е-619сп НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Е-310сп НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Е-311м НУ «Запорізька політехніка»

⁴ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ

Системи керування авіаційними об'єктами є багатовимірним, стохастичним та відзначаються складними взаємозв'язками між керівними, збуджуючими і контролюючими параметрами. Досягнення якнайкращого співвідношення між складовими об'єкта в цілому в різних штатних та екстремальних випадках досягається шляхом задоволення критерію оптимальності. Ефективність керування забезпечується одночасним аналізом поточної інформації про стан окремих ланок і блоків всієї системи і об'єкта. В якості початкових використовуємо інформацію від п'яти узагальнених логічних елементів, що відображають режими роботи виконавчих механізмів: електро-, гідро- і термо-приводів, та стану об'єкта. Корегування стану об'єкта здійснюється за допомогою замкнених ланцюгів дії на виконавчі механізми із зворотними зв'язками. Керування літальним об'єктом забезпечується за рахунок якнайкращого поєднання сукупності поточної інформації від п'яти узагальнених блоків відповідно до наступного критерію оптимальності:

Для інтервалів для реалізації оптимального процесу керування.

$$\xi_{OM}(x, t) \Big|_{x=const} = \int_{t_1}^{t_{mp}} [P(x, t) \cdot N(x, t) \cdot S(x, t) \cdot Z(x, t) \cdot K(x, t)] t_1 \cdot \Delta t^{-1} dt. \quad (1)$$

де t_1 і t_{mp} – час початку і досягнення стійкого стану об'єкта; Δt – час стабілізації і оптимізації окремих параметрів виконавчих механізмів; $P(x, t)$ –

сукупність сигналів керування електромеханічними виконавчими механізмами об'єкта; $N(x,t)$ – сукупність сигналів гідро і пневмо механізмів; $S(x,t)$ – інформаційні сигнали стану виконавчих термічних і тягових механізмів; $Z(x,t)$ – просторової орієнтації; $K(x,t)$ – поточного технічного стану літального об'єкта (діагностування).

Стабілізація стану літального об'єкта в кожному дискретному інтервалі Δt визначається шляхом дотримання оптимізаційного функціоналу з додержанням умов (2) і (3). Оскільки процес керування залежить від сукупності параметрів виконавчих механізмів і інформаційних пристроїв, то теоретично його можливо розглядати таким, що протікає в системі фазових координат в межах відповідних початкових і граничних умов.

$$\xi_{om}(t) = \int_{t_1}^{\Delta t} [P(x,t) \cdot N(x,t) \cdot S(x,t) \cdot Z(x,t) \cdot K(x,t)] \cdot (t + \Delta t)^{-1} dt \Big|_{p=const};$$

$$(2) \xi_M(x,t) = \int_{t_1}^{t_2} [P(x,t) \cdot N(x,t) \cdot S(x,t) \cdot Z(x,t) \cdot K(x,t)] \cdot (t_1 + \Delta t)^{-2} dt \Big|_{p=const}; \quad (3)$$

Екстремальні значення рівнянь (2) і (3) отримуємо, вирішуючи наступну систему рівнянь:

$$T(x) = \xi(x)' \cdot [P(x,t) \cdot N(x,t) \cdot S(x,t) \cdot Z(x,t) \cdot K(x,t)]^{-1}, \quad (4)$$

Процес встановлення оптимального стану системи керування в кожному дискретному інтервалі Δt задовольняє відповідній системі фазових координат:

$$\left. \begin{aligned} 0 \leq P_1(x,t)_{\min} &< P_2(x,t)_{\max}; \\ 0 \leq N_1(x,t)_{\min} &< N_2(x,t)_{\max}; \\ 0 \leq S_1(x,t)_{\min} &< S_2(x,t)_{\max}; \\ 0 \leq Z_1(x,t)_{\min} &< Z_2(x,t)_{\max}; \\ 0 \leq K_1(x,t)_{\min} &< K_2(x,t)_{\max}; \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Коректність вирішення поставленого завдання при збереженні фізичної сутті, досягається в межах початкових і граничних умов шляхом вирішення системи рівнянь відносно кожного із визначених параметрів.

сукупність сигналів керування електромеханічними виконавчими механізмами об'єкта; $N(x,t)$ – сукупність сигналів гідро і пневмо механізмів; $S(x,t)$ – інформаційні сигнали стану виконавчих термічних і тягових механізмів; $Z(x,t)$ – просторової орієнтації; $K(x,t)$ – поточного технічного стану літального об'єкта (діагностування).

Стабілізація стану літального об'єкта в кожному дискретному інтервалі Δt визначається шляхом дотримання оптимізаційного функціоналу з додержанням умов (2) і (3). Оскільки процес керування залежить від сукупності параметрів виконавчих механізмів і інформаційних пристроїв, то теоретично його можливо розглядати таким, що протікає в системі фазових координат в межах відповідних початкових і граничних умов.

$$\xi_{om}(t) = \int_{t_1}^{\Delta t} [P(x,t) \cdot N(x,t) \cdot S(x,t) \cdot Z(x,t) \cdot K(x,t)] \cdot (t + \Delta t)^{-1} dt \Big|_{p=const};$$

$$(2) \xi_m(x,t) = \int_{t_1}^{t_2} [P(x,t) \cdot N(x,t) \cdot S(x,t) \cdot Z(x,t) \cdot K(x,t)] \cdot (t_1 + \Delta t)^{-2} dt \Big|_{p=const}; \quad (3)$$

Екстремальні значення рівнянь (2) і (3) отримуємо, вирішуючи наступну систему рівнянь:

$$T(x) = \xi(x)' \cdot [P(x,t) \cdot N(x,t) \cdot S(x,t) \cdot Z(x,t) \cdot K(x,t)]^{-1}, \quad (4)$$

Процес встановлення оптимального стану системи керування в кожному дискретному інтервалі Δt задовольняє відповідній системі фазових координат:

$$\left. \begin{aligned} 0 \leq P_1(x,t)_{\min} &< P_2(x,t)_{\max}; \\ 0 \leq N_1(x,t)_{\min} &< N_2(x,t)_{\max}; \\ 0 \leq S_1(x,t)_{\min} &< S_2(x,t)_{\max}; \\ 0 \leq Z_1(x,t)_{\min} &< Z_2(x,t)_{\max}; \\ 0 \leq K_1(x,t)_{\min} &< K_2(x,t)_{\max}; \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Коректність вирішення поставленого завдання при збереженні фізичної сутті, досягається в межах початкових і граничних умов шляхом вирішення системи рівнянь відносно кожного із визначених параметрів.

$$\left. \begin{aligned}
\frac{\partial \xi_m(t)}{\partial P(x,t)} &= \frac{N(x,t) \cdot S(x,t) \cdot Z(x,t) \cdot K(x,t)}{T(x + \Delta t)} - G \frac{\xi(t)}{P(x,t) \cdot S(x,t) \cdot N(x,t) \cdot Z(x,t) \cdot K(x,t)} = 0; \\
\frac{\partial \xi_m(t)}{\partial S(x,t)} &= \frac{P(x,t) \cdot N(x,t) \cdot Z(x,t) \cdot K(x,t)}{T(x + \Delta t)} - G \frac{\xi(t)}{P(x,t) \cdot S(x,t) \cdot N(x,t) \cdot Z(x,t) \cdot K(x,t)} = 0; \\
\frac{\partial \xi_m(t)}{\partial N(x,t)} &= \frac{P(x,t) \cdot S(x,t) \cdot Z(x,t) \cdot K(x,t)}{T(x + \Delta t)} - G \frac{\xi(t)}{P(x,t) \cdot S(x,t) \cdot N(x,t) \cdot Z(x,t) \cdot K(x,t)} = 0; \\
\frac{\partial \xi_m(t)}{\partial Z(x,t)} &= \frac{N(x,t) \cdot S(x,t) \cdot P(x,t) \cdot K(x,t)}{T(x + \Delta t)} - G \frac{\xi(t)}{P(x,t) \cdot S(x,t) \cdot N(x,t) \cdot Z(x,t) \cdot K(x,t)} = 0; \\
\frac{\partial \xi_m(t)}{\partial K(x,t)} &= \frac{P(x,t) \cdot S(x,t) \cdot Z(x,t) \cdot N(x,t)}{T(x + \Delta t)} - G \frac{\xi(t)}{P(x,t) \cdot S(x,t) \cdot N(x,t) \cdot Z(x,t) \cdot K(x,t)} = 0; \\
\frac{\partial \xi_m(t)}{\partial T(x,t)} &= \frac{P \cdot S \cdot N \cdot \Pi \cdot K(x,t)}{T(x + \Delta t)^2} - \lambda \cdot T^{m-1} = 0; \\
\frac{G(t)}{P \cdot N^y \cdot S^z \cdot \Pi \cdot K} - T^m &= 0.
\end{aligned} \right\} \quad (6)$$

де $G(t)$ – множник Лагранжа.

Для забезпечення оптимального керування в системі рівнянь (6) множник Лагранжа забезпечується при позитивних похідних, що сприяє досягненню функціонала максимуму.

Рішення такої математичної моделі потребує досить великої кількості обчислень. Тому в подальших дослідженнях доцільно обмежитись інженерним рішенням, що задовольняє вимогам практики.