

УДК 531:383

В. Кривень, докт. фіз.-мат. наук, проф.; Н. Балащак, канд. фіз.-мат. наук, доц.;
В. Валяшек, канд. фіз.-мат. наук, доц.; Л. Цимбалюк, канд. фіз.-мат. наук, доц.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ ЗА НАЯВНОСТІ ОБМЕЖЕННЯ НА ТЯГУ

UDC 531:383

V. Kryven', Dr., Prof.; N. Blashchak, Ph.D., Assoc. Prof.;
V. Valiashek, Ph.D., Assoc. Prof.; L. Tsymbaljuk, Ph.D., Assoc. Prof.

OPTIMAL CONTROL OF THE AIRCRAFT IN THE PRESENCE OF THRUST LIMITATIONS

Розглянемо задачу про максимальну дальність польоту об'єкта з реактивним двигуном, за наявності обмеження на тягу двигуна.

Вважатимемо постійним прискорення сили тяжіння і нехтуватимемо аеродинамічними ефектами і обмежимося рухом в одній площині.

Динаміка об'єкта описується системою п'яти диференціальних рівнянь першого порядку:

$$\begin{cases} x'_1(t) = x_3 \\ x'_2(t) = x_4 \\ x'_3(t) = \frac{c}{x_5} u_1 u_3, \\ x'_4(t) = \frac{c}{x_5} u_2 u_3 - g, \\ x'_5(t) = -u_3. \end{cases}$$

у якій $x_1 = x_1(t)$, $x_2 = x_2(t)$ – координати об'єкта; $x_3 = x'_1(t)$, $x_4 = x'_2(t)$ – компоненти швидкості; $x_5 = x_5(t)$ – маса об'єкта; u_1, u_2 – напрямні косинуси вектора тяги; $u_3 = -x'_5(t)$ – швидкість втрати маси об'єкта; c – ефективна швидкість витікання палива; g – прискорення земного тяжіння.

З урахуванням обмеженості сили тяги $0 \leq cu_3 \leq cu_3^{max}$ множина керувань U визначається співвідношеннями:

$$\begin{cases} u_1^2 + u_2^2 = 1, \\ 0 \leq u_3 \leq u_3^{max}. \end{cases}$$

За необхідності переведення об'єкта із заданих початкових координат, початкової маси і компонент швидкості у певне положення так, аби горизонтальне переміщення об'єкта було максимальним, задача зводиться до екстремуму функціонала

$$\int_{t_0}^{t_1} x_3(t) dt.$$

Його максимум забезпечується за умови

$$u_1(t) = \frac{-\mu_0}{\sqrt{\mu_0^2 + \mu_2^2(t_1)}} = const, u_2(t) = \frac{\mu_2(t)}{\sqrt{\mu_0^2 + \mu_2^2(t_1)}} = const$$

і досягається, коли вектор тяги кусково постійний за величиною і напрямком до моменту часу t_1 та нульовий коли $t > t_1$.