

ПОСТРОЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ТРАЕКТОРИЙ ПОЛЕТА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

О. Г. Андрианова

МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия

Исследуется задача автоматического построения сложной пространственной траектории, по которой возможно движение летательного аппарата при заданных ограничениях на состояния и управления. Движение описывается системой

$$(1) \quad \begin{aligned} \dot{V} &= (n_x - \sin \theta) g, & \dot{H} &= V \sin \theta, \\ \dot{\theta} &= \frac{(n_y \cos \gamma - \cos \theta) g}{V}, & \dot{L} &= V \cos \theta \cos \psi, \\ \dot{\psi} &= -\frac{n_y g \sin \gamma}{V \cos \theta}, & \dot{Z} &= -V \cos \theta \sin \psi, \end{aligned}$$

где V — путевая скорость, м/сек; ψ — угол курса, рад;
 θ — угол наклона траектории, рад; H — высота, м;
 L — продольная дальность, м; Z — боковая дальность, м;
 n_x — продольная перегрузка; n_y — поперечная перегрузка;
 γ — угол крена, рад; g — ускорение свободного падения, м/сек².

Управлениями являются n_x , n_y и γ . Ограничения на состояния и управления имеют вид

$$(2) \quad \begin{aligned} V &\in [V_{min}, V_{max}], |\theta| < \frac{\pi}{2}, \theta \in [\theta_{min}, \theta_{max}], \\ \psi &\in [\psi_{min}, \psi_{max}], H \in [H_{min}, H_{max}], \\ L &\in [L_{min}, L_{max}], Z \in [Z_{min}, Z_{max}], \\ |\gamma| &< \gamma_{max}, n_x \in [n_{x,min}, n_{x,max}], n_y \in [n_{y,min}, n_{y,max}]. \end{aligned}$$

Положим $y_1 = H$, $y_2 = L$, $y_3 = Z$.

Введем виртуальные управления $v_1 = n_x$, $v_2 = n_y \cos \gamma$, $v_3 = n_y \sin \gamma$, тогда система (??) запишется в каноническом виде

$$(3) \quad \begin{aligned} \ddot{y}_1 &= -g + v_1 g \sin \theta + v_2 g \cos \theta, \\ \ddot{y}_2 &= v_1 g \cos \theta \cos \psi - v_2 g \sin \theta \sin \psi + v_3 g \sin \psi, \\ \ddot{y}_3 &= -v_1 g \cos \theta \sin \psi + v_2 g \sin \theta \sin \psi + v_3 g \cos \psi. \end{aligned}$$

В системе (??) можно получить программное управление $v(t)$ по заданной программной траектории $y(t)$, которую в дальнейшем будем задавать полиномами пятого порядка.

Одной из частных задач является смена эшелона и скорости движения. Для данной плоской задачи получен алгоритм построения программной траектории в случае, когда время перелета не задано. Полученную методику можно обобщить и для случая поворотов.

Если граничные условия и время перелета заданы, то программная траектория строится единственным образом. Когда время не задано, вводится критерий выбора времени перелета, например, по минимальным колебаниям скорости.

Траекторию предлагается строить из двух фрагментов. На первом фрагменте планируется изменение высоты полета и скорости, на втором обеспечивается равномерное прямолинейное движение. При переходе между фрагментами решается задача согласования граничных условий.

Получена база типовых маневров. По результатам вычислительных экспериментов построены полиномиальные зависимости времени перелета от высоты полета и от конечной скорости.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№11-01-00733) и РФФИ (№12-07-00329).

Список литературы

1. *Остославский И.В., Стражева И.В.* Динамика полета. Траектории летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1969.
2. *Горбатенко С.А., Макашов Э.М., Полушкин Ю.Ф., Шефтель Л.В.* Механика полета. М.: Машиностроение, 1969.

CONSTRUCTION OF SPATIAL TRAJECTORIES OF THE UNMANNED FLIGHT VEHICLE

O. G. Andrianova

Bauman Moscow State Technical University, Russia

In this paper the two-sweep echelon change method for unmanned flight vehicles is proposed. Time of flight is not set, therefore the algorithm of its estimation is found. The base of typical maneuvers is made.