

Об игровом подходе к управлению разбегом самолета

А.А. Белоусов¹, Ф.В. Гришук², В.В. Кулешин³

Аннотация – A game algorithm of control of aircraft engine thrust is suggested, which provides the required velocity rate at the take-off run and takes into account the impact of delay in control design

Ключевые слова – динамические игры, летательные аппараты, управление в условиях неопределенности.

Безопасное выполнение разбега самолетом при взлете происходит при строгом контроле соответствии увеличению скорости разбега пройденному расстоянию. В процессе разбега возможно воздействие на самолет различных возмущений: уменьшение тяги двигателей относительно расчетной, нерасчетные характеристики трения, перегруз самолета и т.д. Характеристики этих возмущений заранее не известны, но их воздействие может привести к опасным отклонениям реальной скорости разбега v от расчетной (эталонной) v_0 . В случае, когда выполнение взлета и, в частности разбега, осуществляется при пониженном режиме работы двигателей, выдерживание требуемого закона изменения скорости может быть обеспечено корректирующим управлением тягой двигателей P .

Алгоритм управления режимом работы двигателей с учётом действия возмущений, может быть разработан на основе игрового подхода [1,2], преимущество которого состоит в обеспечении гарантированного результата при действии возмущений с заранее неизвестными характеристиками.

Предлагаемый алгоритм строится на основе решения траекторного уравнения движения самолета по ВПП, записанного с учетом перехода от времени t к новой независимой переменной – пройденному расстоянию l :

$$\frac{d}{dl} \left(\frac{v^2}{2} \right) = -\alpha \cdot \frac{v^2}{2} + \mu \cdot P + a, \quad (1)$$

где α , a и μ - параметры, зависящие от аэродинамических характеристик самолета, его массы, коэффициента трения-качения и т. д.

Если текущая скорость $v(l)$ меньше чем эталонная $v_0(l)$, $l \in [0, L]$, то самолет может выкатиться за пределы ВПП, так и не взлетев. Задача управления состоит в том, чтобы компенсировать это отклонение так, чтобы выполнялось терминальное условие $v(L) \geq v_0(L)$.

Полагаем, что отклонение скорости может быть вызвано неким возмущением тяги двигателей $q(l)$ (относительно эталонной), а управлять мы можем также

тягой, увеличивая или уменьшая её относительно эталонной на величину $p(l)$.

Тогда из (1), для функции, которая отражает рассогласование эталонного и реального движений, получаем:

$$\eta(l) = \frac{e^{\alpha l} (v^2(l) - v_0^2(l))}{2\mu} = \int_0^l e^{\alpha s} (p(s) + q(s)) ds. \quad (2)$$

Терминальное условие будет эквивалентно $\eta(L) \geq 0$.

Таким образом, получаем игровую задачу [1,2]: на управляемую динамическую систему (2) оказывается некое возмущающее воздействие $q(l)$ и требуется управлять системой с помощью $p(l)$ так, чтобы было выполнено терминальное условие. Корректирующее управление $p(l)$ формируется по результатам измерения $\eta(\cdot)$ (а значит $v(\cdot)$) на пройденном пути $[0, l]$ в виде кусочно-постоянной функции.

При построении алгоритма учитывается запаздывание, связанное со сбором и обработкой необходимой для расчета управления полетной информации (ПИ), и инерционность в изменении силы тяги двигателей.

Анализ результатов моделирования движения тяжелого транспортного самолета на разбеге в случае уменьшения суммарной силы тяги относительно расчетной на 5% показывает, что при наличии корректирующего управления влияние запаздывания, связанного со сбором и обработкой необходимой для расчета управления (ПИ), величиной до 20% от времени прохождения всего участка незначительно.

Отклонение скорости от эталонных значений на конечном участке разбега, несмотря на инерционное запаздывание управления, определяемого величиной постоянной времени равной 2,5 сек, практически полностью устраняется. При этом используется не более 38% располагаемых возможностей по дополнительному увеличению силы тяги двигателей.

СПИСОК ССЫЛОК

- [1] А.А. Чикрий. Конфликтно управляемые процессы. – Киев: Наук.думка, 1992. – 384 с.
- [2] А.А. Белоусов, Ф.В. Гришук, В.В. Кулешин, "Использование игрового подхода в автоматизации безопасного взлета самолета," *Кибернетика и вычислительная техника*, 2009, вып. 157, сс. 95-101.

¹ Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины, пр. Глушкова, 40, Киев, 03187, УКРАИНА, E-mail: abelousov@ukr.net

² Авиационный научно-технический комплекс им. О.К. Антонова, ул. Туполева, 1, Киев, , 03062, УКРАИНА

³ Государственный НИИ авиации, ул. Андрющенко, 6-в, Киев, 01135, УКРАИНА, E-mail: v.v.kuleshin@gmail.com