

УДК 623.746-519.001

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПО НАПРАВЛЯЮЩИМ ПУСКОВОЙ УСТАНОВКИ ПРИ МОРСКОМ СТАРТЕ

Павлова Е.Е., Сабирова З.Ф.

Научный руководитель – профессор Моисеев В.С.

Казанский государственный технический университет имени А.Н.Туполева.

В настоящее время в ведущих странах мира проводятся исследования по применению беспилотных летательных аппаратов (БЛА) морского базирования для поиска потерпевших при кораблекрушениях, мониторинга морских биоресурсов и для решения других задач.

В отличие от применения БЛА наземного базирования в данном случае необходим учет качки при старте БЛА с корабля-носителя. Отметим, что качка корабля описывается нестационарными, случайными процессами. Вследствие этого начальные условия для расчета воздушного участка полета БЛА в момент времени схода с направляющих пусковой установки (ПУ) будут являться случайными величинами.

Математическая модель движения БЛА по направляющим ПУ, построенная с использованием принципов теоретической механики, записывается как:

$$m \frac{dV}{dt} = P_{ср\delta} \cdot \cos \varphi_{ср\delta} + P_{м\delta} \cdot \cos \varphi_{м\delta} - Q_0 - F_{мп} - G \cdot \sin \theta_{см};$$

$$\frac{dS}{dt} = V;$$

$$\frac{dH_{см}^{(св)}}{dt} = V \cdot \sin \theta_{см};$$

где  $S(t)$  - путь, пройденный БЛА по направляющим ПУ;  $H(t)$  - высота БЛА относительно уровня спокойной воды;  $V(t)$  – скорость БЛА;  $P_{ср\delta}$  – тяга стартового ракетного двигателя;  $P_{м\delta}$  – тяга маршевого двигателя;  $G$  – вес БЛА;  $Q_0$  – сила лобового сопротивления БЛА;  $Y_0$  – подъемная сила БЛА при  $\alpha = 0$ ;  $F_{мп}$  – сила трения бугелей (опор) БЛА о направляющие ПУ;  $\theta_{см}(t)$  - угол наклона ПУ относительно палубы корабля-носителя;  $\varphi_{ср\delta}$ ,  $\varphi_{м\delta}$  - углы установки стартового ракетного и маршевого двигателей относительно оси БЛА.

В зависимости от вида качки корабля-носителя дифференциальные уравнения для определения изменения углов во времени представляются как

$$(I_x + \Delta I_x) \cdot \ddot{\theta} + N_\theta \cdot \dot{\theta} + \gamma \cdot V \cdot h \cdot \theta = 0 - \text{боковая качка};$$

$$(I_y + \Delta I_y) \cdot \ddot{\psi} + N_\psi \cdot \dot{\psi} + \gamma \cdot V \cdot H \cdot \psi = 0 - \text{килевая качка};$$

$$(M + \Delta M) \cdot \ddot{\zeta} + N_\zeta \cdot \dot{\zeta} + \gamma \cdot S \cdot \zeta = 0 - \text{вертикальная}.$$

По предложенной модели проводился анализ эффективности старта БЛА по курсу корабля-носителя и в направлении его бортов.

В докладе приводятся результаты вычислительных экспериментов решения этой задачи с помощью разработанной модели.