

УДК 623.4.055(043.3)

**ОБ ОДНОЙ ПЛОСКОЙ ЗАДАЧЕ ДИНАМИКИ УПРАВЛЯЕМЫХ ТОЧЕК**

Гареев Р.Р., Борзов Г.Е.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Моисеев В.С.

Казанский государственный технический университет им. А.Н.Туполева

Рассматриваются две материальные управляемые точки УТ1 и УТ2. Первая точка осуществляет баллистический полет из некоторой точки с координатой  $x_0$ . Вторая точка стартует в некоторой точке с координатой  $x^*$  и может осуществлять движение типа «подъем-спуск», а также горизонтальный полет параллельно оси  $x$  на заданной высоте. Эта точка осуществляет поиск и фиксацию координат цели, в которую должна попасть точка УТ1.

Требуется выбрать законы управления точками УТ1 и УТ2 так, чтобы первая точка в определенный момент времени попала в точку плоскости с координатами  $(x_c, y_c)$ , после которой УТ1 осуществляет автономный полет в точку расположения цели с координатой  $x_{Ц}$ .

Динамика движения УТ1 и УТ2 зависит от выбора законов управления этими точками. Для УТ1 выбирается начальная скорость и угол бросания, а также момент времени бросания точки. Управление движением УТ2 осуществляется путем выбора законов ее подъема и снижения, а также горизонтального движения с определенным законом изменения скорости.

Для выбора этих управляющих воздействий предлагается решить ряд вспомогательных задач оптимизации, целевыми функциями в которых являются минимум отклонений попадания УТ1 в точку с координатами  $(x_c, y_c)$ . Для решения вспомогательной задачи оптимизации предлагается использовать известный метод дихотомии. Согласование движений УТ1 и УТ2 определяется тем, что точка  $(x_c, y_c)$  является точкой упреждения.

Динамическая модель движения УТ1 описывается системой дифференциальных уравнений, включающих в себя в качестве неизвестных функций компоненты ее вектора скорости  $V_x, V_y$ , дальность полета  $y$  и текущее время полета  $t$  как функцию от координаты  $x$ . Правые части этих уравнений включают в себя вес точки, силу сопротивления воздуха, а также отмеченные выше функции  $V_x(x), V_y(x)$  и  $y(x)$ . При этом учитывается переменная плотность воздуха в зависимости от высоты полета УТ2. Начальными условиями для данной системы являются:  $V_x(x_0) = V_{x0}, V_y(x_0) = V_{y0}, y(x_0) = 0, t(x_0) = t_0$ .

Для описания движения УТ2 используются дифференциальные уравнения движения материальной точки, находящейся под действием следующих сил: подъемная сила, сила сопротивления воздуха и сила веса этой точки.

В докладе предлагается конкретный вид динамических моделей движения УТ1 и УТ2, и законы управления УТ2 вертолетного типа. Обсуждаются вычислительные эксперименты, проведенные для различных значений  $x_0, x_{Ц}, (x_c, y_c)$ , а также выводы и рекомендации по эффективному использованию для решения различных практических задач параметров и характеристик рассматриваемых в докладе управляемых точек.