

**ЗАДАЧА ЦЕЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ
КВАДРОКОПТЕРОМ ПРИ ДВИЖЕНИИ В
ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ С ОГИБАНИЕМ
ПРЕПЯТСТВИЙ**

Каплунова Екатерина Павловна

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: cat.kaplunova2015@yandex.ru

Научный руководитель — Точилин Павел Александрович

С возникновением идеи применения квадрокоптеров для решения различного рода задач, таких как транспортировка грузов, патрулирование территории, стали активно развиваться разнообразные методы управления беспилотными летательными аппаратами ([2], [3]). Известные методы автоматического управления, как правило, сводятся к использованию конечного числа базовых режимов движения, программных управлений или плохо математически обоснованных эвристик, не приспособленных к реальным условиям применения.

Данная работа посвящена решению задачи управления квадрокоптером, который необходимо перевести из заданной начальной позиции в целевую за конечное, как можно меньшее время, при этом не допуская столкновения с препятствиями. На текущем этапе исследований, для упрощения расчетных формул задача решается с дополнительным предположением о том, что движение происходит на заданной, фиксированной высоте, с нулевым углом крена. Здесь предлагается алгоритм управления, состоящий из двух основных шагов.

Сначала необходимо построить приближённый маршрут движения квадрокоптера, что делается за счёт использования известного алгоритма A^* или одной из его модификаций [4]. Эти алгоритмы имеют высокую скорость работы и позволяют эффективно обрабатывать препятствия достаточно сложной конфигурации. Такой подход не является новым. Однако, в большинстве схожих работ далее рассматривается лишь упрощённая кинематическая модель движения квадрокоптера, а вопрос о возможности движения вдоль построенного маршрута либо вообще не рассматривается, либо сводится лишь к сглаживанию кривой, вдоль которой должно происходить движение. Для обгибания препятствий в этой схеме могут быть использованы виртуальные коридоры безопасности, либо барьерные

функции. Недостатком таких подходов является невозможность заранее гарантировать время прохождения по маршруту для реального квадрокоптера даже в том случае, когда положения препятствий известны. Особенно актуальной эта проблема является в случае, если размеры летательного аппарата соизмеримы с шириной безопасного коридора. В первую очередь, это обусловлено сложностями в анализе многомерной нелинейной системы дифференциальных уравнений, описывающей динамику квадрокоптера [5]. В данной работе принята попытка такого анализа. А именно, намеченный на первом шаге маршрут используется в качестве ориентира для определения итогового управления в форме обратной связи для нелинейных уравнений динамики. Последние аппроксимируются кусочно-линейной системой с переключениями, для которой синтез целевого управления может быть найден при помощи методов эллипсоидального исчисления [1].

Описанная схема позволяет производить вычисления позиционного закона управления достаточно эффективно, в предположении, что положения препятствий фиксированы и известны заранее. Полученные в работе теоретические схемы и методы сопровождаются вычислительным примером.

Литература

1. Kurzhanski A.B., Varaiya P., “Reachability analysis for uncertain systems — the ellipsoidal technique” *Dyn. Contin. Discrete Impuls. Syst., Ser. B*, no. 9(3), pp. 347–367, 2002.
2. Polynomial trajectory planning for aggressive quadrotor flight in dense indoor environments. In: Inaba M., Corke P. (eds) *Robotics Research. Springer Tracts in Advanced Robotics*, V. 114. Springer, 2016.
3. Gao F., Wu W., Lin Y., Shen S. Online safe trajectory generation for quadrotors using fast marching method and Bernstein basis polynomial // *Proc. of the 2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 2018, p. 344–351.
4. Daniel K., Nash A., Koenig S., Felner A. *Theta**: any-angle path planning on grids // *Journal of Artificial Intelligence Research*, V. 39, 2010, p. 533–579.
5. Hoffmann G.M., Huang H., Waslander S.L., Tomlin C. J. Quadrotor helicopter flight dynamics and control: Theory and experiment. In: *Proceedings of the AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit*, Hilton Head, SC, 2007.