

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ПРОТОТИПА ТРИКОПТЕРА

Разработка беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является актуальной научно-технической проблемой. На практике БПЛА часто создаются на основе мультикоптеров – аппаратов летающих исключительно за счет подъемной силы винтов. Интерес к мультикоптерам связан, в частности, с возможностью применения их для фото- и видеосъемки с воздуха. Мультикоптеры производятся серийно [1], однако многие их технические характеристики могут быть усовершенствованы. Целью данной работы является создание прототипа и математической модели трикоптера (аппарата с тремя винтами) для аэрофотосъемки и исследования алгоритмов управления.

В работе рассмотрено создание трикоптера, т.к. он обладает наибольшей среди коптеров маневренностью по рысканью. Разработанный аппарат состоит из винто-моторной группы, датчиков, системы передачи информации и микроконтроллера для вычислений. Прототип трикоптера, собранный авторами, показан на рис.1. Винто-моторную группу составляют: бесколлекторные электродвигатели, регуляторы оборотов, литий-полимерный аккумулятор. Обработка данных с датчиков (акселерометров, гироскопов) и расчет управления происходит на микроконтроллере ATmega. Управление реализовано посредством пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора. Вектор управления  $\mathbf{U}$  в момент времени  $t$  определяется соотношением:

$$\mathbf{U}(t) = P(\boldsymbol{\omega} - \boldsymbol{\omega}_*) + D \frac{d(\boldsymbol{\omega} - \boldsymbol{\omega}_*)}{dt} + I \int_0^t (\boldsymbol{\omega} - \boldsymbol{\omega}_*) dt, \quad (1)$$

где  $\boldsymbol{\omega}$ ,  $\boldsymbol{\omega}_*$  – текущее и требуемое значения вектора угловой скорости. Множители  $P$ ,  $I$ ,  $D$  подбирались экспериментально.

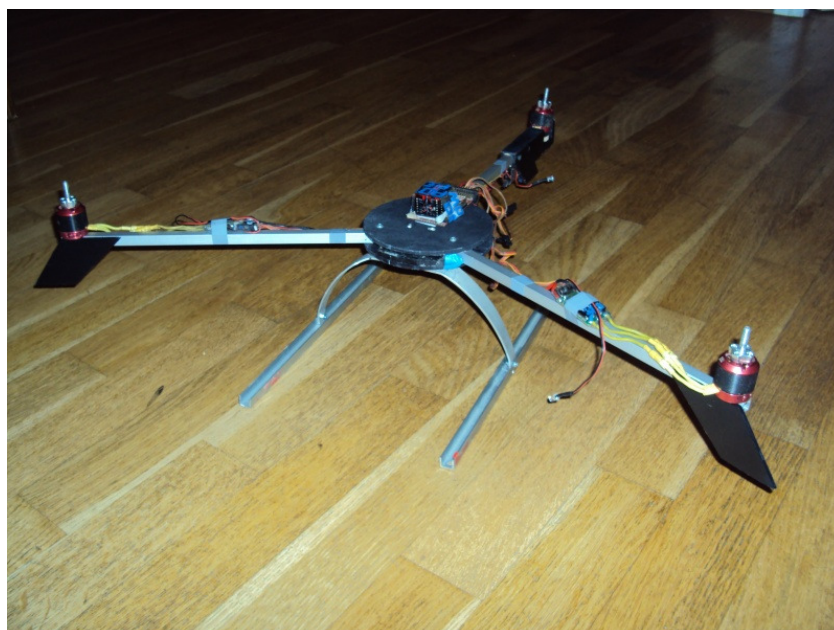


Рис 1: Прототип трикоптера со снятыми винтами

Для настройки регулятора и проверки работы системы навигации была разработана математическая модель трикоптера, основанная на использовании аппарата динамики твердого тела. Ориентация трикоптера в пространстве задавалась посредством самолетных углов (крена, тангажа, рыскания [2]). Уравнения динамики трикоптера были взяты из работы [3], кинематические соотношения – из работы [4]. Данные уравнения были реализованы в среде MATLAB-Simulink, что помимо численных расчетов, позволило осуществлять анимацию движения трикоптера и взаимодействие с внешним контроллером (управление виртуальной моделью трикоптера). Было показано, что модель качественно описывает динамику трикоптера и позволяет проводить тестирование различных систем управления.

В ходе тестовых полетов были получены первые результаты фото- и видеосъемки с воздуха. Тестирование трикоптера показано на рис 2.



Рис 2: Испытание трикоптера (на фото И.А. Веренинов)

Таким образом, в рамках данной работы был создан прототип трикоптера, успешно прошедший предварительные испытания. В ходе испытаний были получены первые результаты фото- и видеосъемки с воздуха. Кроме того, была разработана и реализована в среде MATLAB-Simulink математическая модель трикоптера. Данная модель позволяет тестировать различные алгоритмы управления.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. [www.draganfly.com](http://www.draganfly.com)
2. Stevens B.L., F.L. Lewis Aircraft control and simulation, Wiley-IEEE, 2003, 665 p.
3. Bouabdallah S. Design and control of an indoor micro quadrotor // Proceedings of ICRA 2004, Vol. 5, 2004, pp. 4393-4398.
4. Dykes J. Derivation of PQR angular velocity components in tangent coordinates, 2007 [unpublished]