

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАЛЫМ БПЛА В ПРОДОЛЬНОМ КАНАЛЕ С АВТОМАТИЧЕСКИМ ОГРАНИЧЕНИЕМ ДИАПАЗОНА ПОЛЁТНЫХ УГЛОВ ТАНГАЖА

Разработка программного обеспечения для БПЛА, а также для пилотируемых летательных аппаратов в целях обеспечения лучших характеристик устойчивости, управляемости и безопасности полёта, является актуальной задачей. Одним из способов повышения безопасности может быть ограничение диапазона полётных углов тангажа.

Для реализации описанной идеи потребуются: пульт управления с приёмником, устройство, измеряющее пространственную ориентацию самолёта, например, гироскоп, и устройство, принимающее и обрабатывающее сигналы от приёмника и гироскопа, и подающее необходимый сигнал на сервопривод, например, микроконтроллер. В качестве гироскопа в данном случае использовался датчик-гироскоп BNO055 [1], а в качестве микроконтроллера – микроконтроллер Arduino Nano [2]. Схема соединения устройств показана на рис. 1.

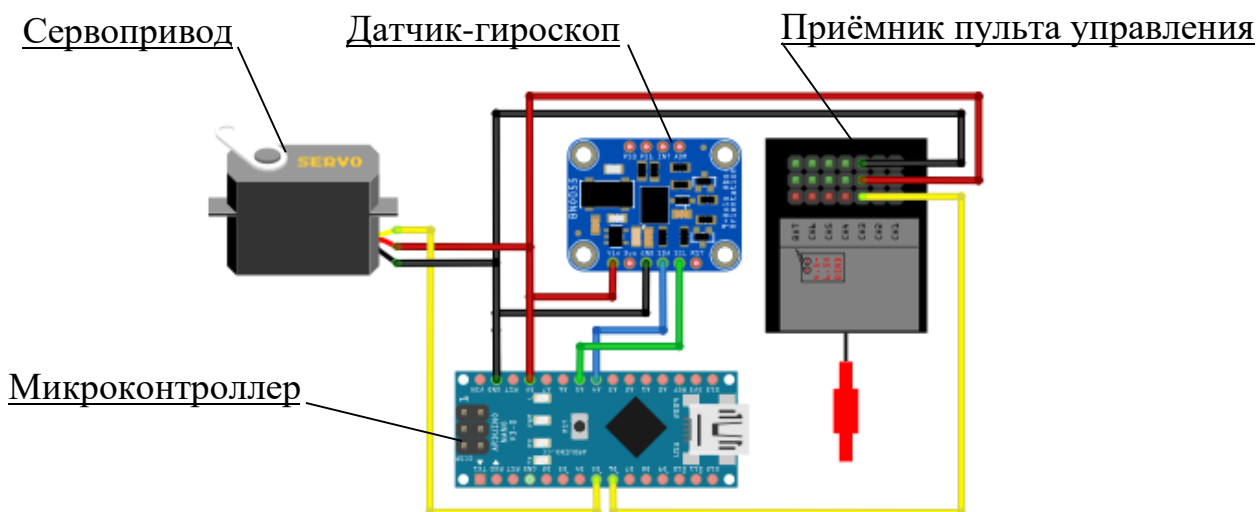


Рис. 1. Схема подключения компонентов

Далее, необходимо запрограммировать микроконтроллер. Программа должна работать следующим образом: при допустимых углах тангажа  $\{v_{don}\}$ , управляющий сигнал в канале тангажа должен исходить от пульта управления, и не зависеть от показаний гироскопа, а при выходе за диапазон допустимых углов тангажа, сигнал должен подаваться, в зависимости только от показаний гироскопа,

пока угол тангажа не вернётся в допустимый диапазон (рис. 2). Программа была составлена на языке C++ в среде Arduino IDE.

Для получения наглядного представления о работе программы и её корректировки использовалась радиомодель самолёта Rapquel, изготовленная на базе Самарского университета. Результат работы программы показаны на рис. 3.

На рис. 3 видно, что на участках  $a-b$ ,  $c-d$ ,  $e-f$ ,  $g-h$  и  $m-n$  сервопривод отклоняется в соответствии с сигналом, считываемым с приёмника пульта управления, а на участках  $b-c$ ,  $d-e$ ,  $f-g$ ,  $l-m$  – пропорционально углу тангажа, измеряемому гироскопом, независимо от сигнала с приёмника. Участок  $h-l$ , соответствующий предельному допустимому углу тангажа, является конфликтной зоной, т.к. из-за погрешностей приборов и колебаний модели постоянно меняется рабочая ветвь программы, что приводит к резким возвратно-поступательным перемещениям сервопривода. Для предотвращения этого можно осуществить переход с ручного управления на автоматическое и обратно при различных значениях угла тангажа.



Рис. 2. Схема выполнения программы

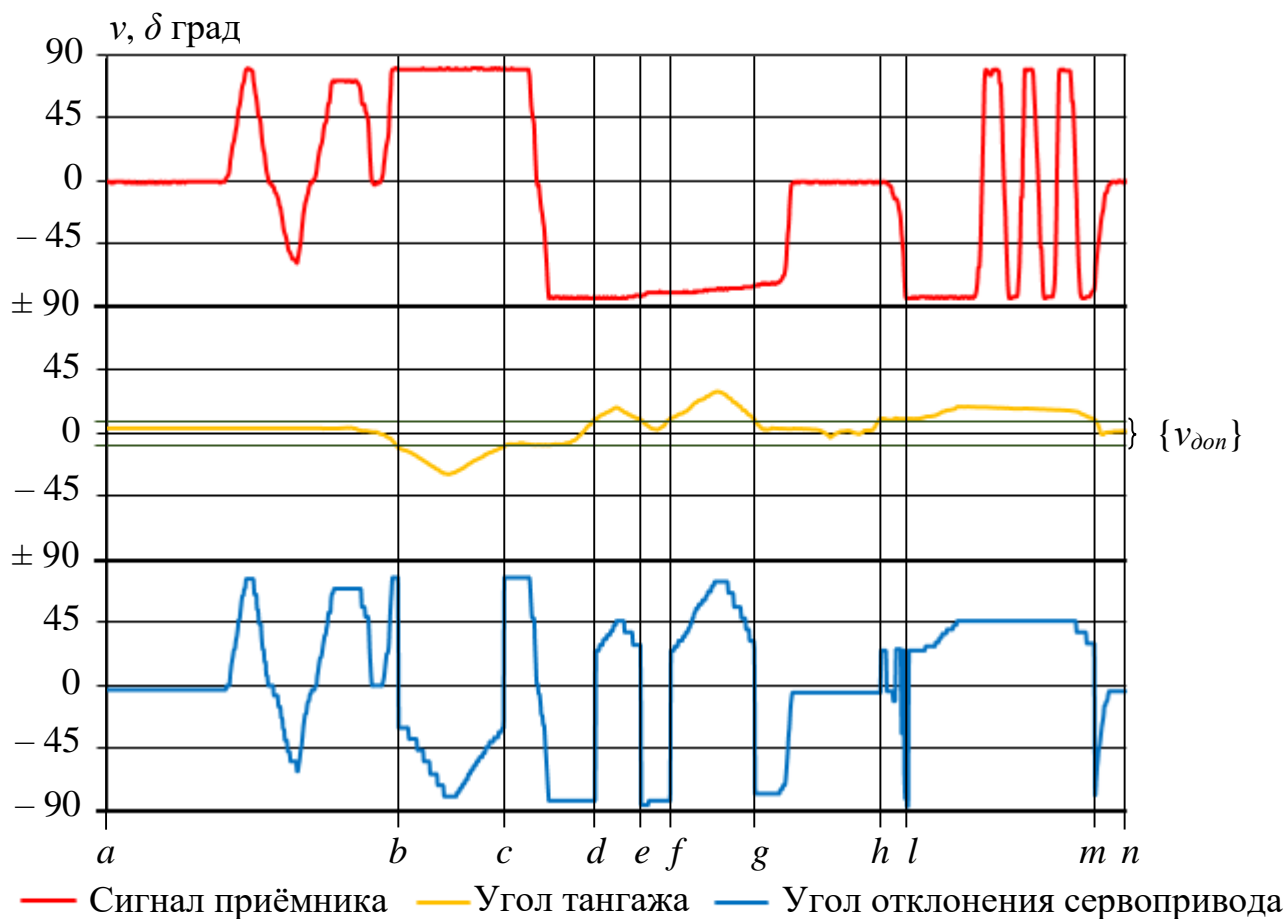


Рис. 3. Графическое представление работы программы

Разработанная программа управления малым БПЛА в продольном канале препятствует выходу на небезопасные углы атаки, но, стоит отметить, что требует дальнейшей проработки с исследованием характеристик устойчивости и управляемости конкретной модели и привлечением методов теории автоматического управления.

### Библиографический список

1. BNO055: data sheet BST-BNO055-DS000-12 [Электронный ресурс] – 2014. – URL: [https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST\\_BNO055\\_DS000\\_12.pdf](https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST_BNO055_DS000_12.pdf).
2. Arduino Nano: product reference manual [Электронный ресурс] – 2022. – URL: <https://docs.arduino.cc/static/d5bad8dab890ea8da1a30396b0332b91/A000005-datasheet.pdf>.