

УДК 629.7

Акулінін Д.Р. студент спеціальності 133 Галузеве машинобудування**Науковий керівник:** Симоненко В.В., аспірант, асистент кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні*(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)***ЗАСТОСУВАННЯ ЗВОРОТНОГО ІНЖИНІРИНГУ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ НА ОСНОВІ САПР SOLIDWORKS В УЧБОВОМУ ПРОЦЕСІ**

Зростаюча популярність квадрокоптерів підкреслює важливість підготовки майбутніх інженерів до проектування подібних конструкцій та виконання відповідних інженерних розрахунків. У цьому контексті використання наявної фізичної моделі квадрокоптера (рис. 1 а) як об'єкта для реінжинірингу та створення комп'ютерної моделі (рис. 1 б) є результативним підходом у навчальному процесі. Такий метод дозволяє студентам глибше вивчити конструктивні особливості апарата, оволодіти навичками комп'ютерного моделювання, а також засвоїти принципи структурного аналізу й розрахунків на стійкість і напружено-деформований стан. Відтак, застосування фізичної моделі квадрокоптера як навчального інструменту сприятиме формуванню у студентів необхідних знань і умінь, що є важливими для розробки та технічного аналізу безпілотних літальних систем.

Основні компоненти квадрокоптера: польотний контролер, акумулятор, двигуни із пропелерами, контролери двигунів (за потреби), система керування та рама [1].

Польотний контролер є центральним елементом конструкції, від якого залежить точність керування. Основою в цьому варіанті став мікроконтролер ATmega328P (Arduino Nano) у поєднанні з гіроскопом-акселерометром MPU6050, що підключається через інтерфейс I2C. Використовується прошивка з відкритим кодом MultiWii, що забезпечує гнучке налаштування. Схему зібрано на макетній платі, а модуль MPU6050 закріплено з амортизаційною прокладкою.

Рама квадрокоптера збирається за допомогою болтових з'єднань. Вибір матеріалу залежить від розмірів і призначення апарата: для невеликих моделей раму можна надрукувати на 3D-принтері, тоді як для високошвидкісних потрібен карбон. Існують різні конфігурації рам (рис. 2), де стрілка вказує напрямок контролера; форма рами залежить від задачі: наприклад, «X»-подібна оптимальна для швидкісного польоту і стабільної зйомки, а «+»-подібна забезпечує швидку реакцію, «H»-подібна має маленькі габарити та підходить для дослідів. Для початківців підходить «X»-подібна, яка більш інтуїтивна в керуванні.

Для вибраної рами рекомендовано двигуни моделей A2212 або A2208 із основними параметрами: частота обертів на вольт, максимальна напруга, максимальний струм та коефіцієнт корисної дії. Під час тестування виявилось, що ці



а

б

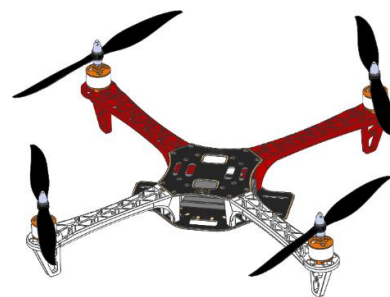


Рисунок 1 – Фізична (а) та комп'ютерна (б) модель літального апарату

двигуни забезпечують недостатній час польоту, тож було вирішено використовувати двигуни від Phantom 2, що значно продовжило час польоту. Двигуни комплектуються пропелерами двох типів обертання: за годинниковою стрілкою (Clockwise) та проти (Counter-clockwise). Основні характеристики пропелерів – кількість лопатей, довжина та крок. Багатолопатеві пропелери при однаковій підйомній силі мають менший діаметр, проте потребують ретельного балансування для коректної роботи датчиків.

Двигуни підключаються до електронних контролерів швидкості (ESC), закріплених на рамі за допомогою хомутів. Контролери підключені до загальної шини живлення, а двигуни – до ESC через роз'єми (3,5 мм Bullet-connector). На раму також встановлено роз'єм для підключення акумулятора.

Дистанційного керування використовується апаратура FlySky, а приймач налаштований на прийом PPM сигналів. Після підключення до блоку живлення проводять калібрування ESC-контролерів. При некоректному обертанні двигунів можливо змінити підключення проводів ESC. На макетній платі встановлено роз'єми для підключення ESC до польотного контролера MultiWii та окремий стабілізатор 5V для приймача.

На завершальному етапі всі компоненти монтуються на рамі, контролер прошивається прошивкою, а базові параметри налаштовуються через додаток на платформі Processing. Після підключення акумулятора перевіряється працездатність системи. Останнім кроком є встановлення пропелерів і налаштування PID для точного контролю польоту.

Таким чином, ця робота дасть змогу зробити навчальний посібник для дисциплін «Віртуальний дизайн у машинобудуванні», «Методи моделювання при проектуванні машин» та «Машинобудівне комп'ютерне креслення», у межах якого студенти вивчатимуть принципи конструювання літальних апаратів для їхнього подальшого проектування та розрахунку міцності й стійкості під навантаженням.

Висновок. Вибір конструктивних елементів та процес збірки на основі фізичної моделі квадрокоптера дають студентам можливість глибоко оволодіти навичками комп'ютерного моделювання, а також засвоїти основи структурного аналізу та розрахунків на стійкість і напружено-деформований стан. Метод реінжинірингу фізичної моделі формує системне мислення для роботи з інженерними проектами. Підхід, що поєднує фізичне та комп'ютерне моделювання, допомагає студентам ефективно вивчати принципи конструювання безпілотних апаратів та цифрового проектування з використанням CAD/CAE технологій. Таким чином, ця робота сприяє розвитку технічних навичок і комплексних компетенцій, потрібних сучасному інженеру в галузях робототехніки й аерокосмічної інженерії, а також забезпечує фундамент для практичного навчання та адаптації випускників до вимог галузі.

Список використаних джерел:

1. N. K. Singh, P. Muthukrishnan, S. Sanpini (2019) Industrial System Engineering for Drones. A Guide with Best Practices for Designing. Apress: 261 pp.

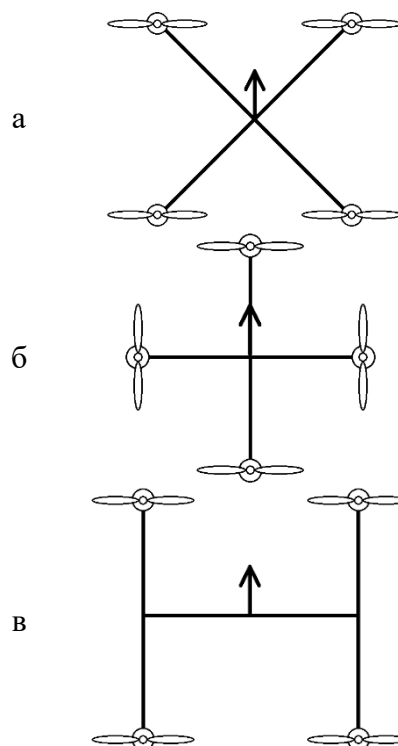


Рисунок 2 – Найбільш поширені типи рам квадрокоптерів:
а – «Х»-подібний; б – «+»-подібний; в – «Н»-подібний