

ТРАНСПОРТНИЙ МУЛЬТИКОПТЕР

За останнє десятиліття суттєво збільшилося використання безпілотних літальних апаратів (БпЛА), зокрема мультикоптерів, у різних сферах людської діяльності. Це зумовило активний розвиток напрямку дослідження та нові розробки у даній галузі. Відносно новим, є виконання операцій транспортування мультикоптерами невеликих вантажів (як у цивільній, так і у військовій сферах). Суттю транспортних мультикоптерів є насамперед транспортування вантажів, але на ряду із тим вони можуть виконувати практично весь спектр операцій, як й інші класи мультикоптерів.

Враховуючи, швидкість із якою рухається прогрес у галузі безпілотних літальних апаратів з великою вантажопідйомністю, у найближчому майбутньому вони можуть потіснити традиційні вантажопідйомні машини. Існуючі на сьогоднішній день БпЛА пристосовані для використання у різних регіонах, мають широкий температурний діапазон переміщення за умов бездоріжжя та можливість використання за умов поганої видимості, наприклад, у дощову погоду та туман. Такі розробки можна буде використовувати у вирішенні логістичних завдань на об'єктах. При цьому вирішується питання перекидання вантажів невеликої ваги із виробничих баз на об'єкт, на невеликі відстані за умов бездоріжжя, крім того, зникає необхідність у високопрохідних транспортних засобах та додатковій робочій сили, що є економічно вигідним.

Мультикоптери та транспортні мультикоптери зокрема, за рахунок своїх переваг також є актуальними для військових цілей за умов обмеженого часу і простору, коли необхідно доставити необхідну допомогу (боє-

припаси, їжу тощо) на передові позиції або до підрозділу, що знаходиться в оточенні. Крім того такі мультикоптери можуть використовуватись для скидання боєприпасів на позиції супротивника. Наразі стоїть проблема у обмежених показниках маси корисного навантаження, яку можуть нести мультикоптери, без значного підвищення маси конструкції.

Одним із важливих питань під час проектування транспортних мультикоптерів є вибір конструктивної схеми, оскільки, варіативність кількості та розташування роторів дозволяє використовувати практично будь-які можливі комбінації, як від звичайного квадрокоптера із чотирма роторами, що попарно обертаються у протилежних напрямках, до різноманітних схем із комбінованими роторами різної кількості та радіусу гвинта.

Не менш важливим питанням є вибір силової установки (СУ), адже різні види СУ мають свої певні особливості, переваги та недоліки. Під час вибору необхідно враховувати сферу використання даного транспортного мультикоптеру. Наприклад, наявність двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) залишає значний тепловий слід та створює додатковий шум від БпЛА, що є негативним у разі використання БпЛА військовими або для транспортування вантажів у міських умовах.

У ході виконання роботи проведено аналітичний огляд сучасної літератури по розробці транспортних мультикоптерів та виконано огляд сучасних аналогів, а саме *Malloy Aeronautics T80 / TRV80*, *Bell APT 70* та *GRIFF 135*. За результатом аналізу визначено їх призначення, переваги та основні технічні характеристики. На основі аналогів визначено такі основні параметри для проектування мультикоптера: маса корисного навантаження – $m_{\text{кн}}=30$ кг, тривалість польоту із максимальним корисним навантаженням – $t_{\text{пол}}=30$ хв, крейсерська швидкість $V_{\text{кр}}=20$ м/с.

Визначено методика розрахунку динамічної моделі та аеродинамічних характеристик транспортного мультикоптеру та обрано оптимальний аеродинамічний профіль гвинта.

Також було проведено аналіз різних видів конструктивних схем мультикоптерів: з коаксіальними роторами та схеми з комбінованими роторами. Визначено їх переваги та недоліки.

Коаксіальне розташування роторів мають краще відношення тяги до створюваного шуму та на відмінну від одиничних роторів. Кожен набір коаксіальних роторів не створює відхилення за рахунок взаємопротилежного руху роторів, що дає можливість гнучкого вибору конфігурації роторів із N -ою кількістю роторів і не обмежується їх парною кількістю, як це було б у випадку із одним [1].

Використання схеми із комбінованими роторами у свою чергу має переваги високої підйомної сили за рахунок великих гвинтів та набору менших для забезпечення високої маневреності. Потри це, виникає проблема інерційності е керуванні основними гвинтами та їх підвищене енергоспоживання [2].

Також було визначено декілька типів силових установок, що використовуються на мультикоптерах, та обрано оптимальну із них.

Електрична силова установка в основному складається із батареї, двигунів і гвинтів/роторів. Енергоустановкою є батарея *LiPo*, *Lilo*. Електродвигуни, що використовуються у мультикоптерних БПЛА, зазвичай є безколекторними, завдяки чому їх коефіцієнт корисної дії достатньо високий. Турбоелектрична силова установка – складається із турбогенератора, двигунів і гвинта/роторів, які живляться від ДВЗ.

Паралельна гібридно-електрична силова система складається із ДВЗ, батареї, двигунів і гвинтів/роторів. У паралельній структурі горизонтальна і вертикальна силові установки незалежні одна від одної. Послідовна гібридно-електрична силова система складається із турбогенератора, батареї, двигунів і гвинтів/роторів. ДВЗ і акумулятор можуть працювати одночасно або окремо [3].

Окрім цього було визначено параметри стійкості мультикоптера та оптимальне розташування гвинтів. Кінцевим результатом роботи було запропоновано експериментальну модель транспортного мультикоптера.

Вцілому, конструкція мультиротора має ряд переваг: висока безпека польоту, за рахунок кількох роторів, підвищення ресурсу силової установки; підвищення якості керування та маневреності внаслідок роздільного управління обертами несучих гвинтів; підвищена вантажопідйомність при зниженні сумарної ваги роторів та їх агрегатів. До цього необхідно додати що постійний розвиток електро-технічних комплектуючих СУ, дозволяє прогнозувати покращення характеристик мультикоптерів без значних змін у конструкції.

Список використаних джерел

1. Ong W. Design Methodology for Heavy-Lift Unmanned Aerial Vehicles with Coaxial Rotors. / W. Ong, S. Srigrarom, H. Hesse. // ISBN. – 2019. – с. 1–14.
2. Verbeke J. The Design and Construction of a High Endurance Hexacopter suited for Narrow Corridors / J. Verbeke, D. Hulens, H. Ramon. // ICUAS. – 2016. – с. 1– 9.
3. Zong J. Evaluation and Comparison of Hybrid Wing VTOL UAV with Four Different Electric Propulsion Systems / J. Zong, B. Zhu, Z. Hou. // MDPI aerospace. – 2021. – с. 1–14.