

## **БЕЗПЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ ДЛЯ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА ЕКОЛОГІЇ**

Посилення негативного впливу людини на всі компоненти природного середовища вимагає застосування нових більш ефективних засобів і методів контролю [1]. При цьому разові спостереження не дають уявлення ні про інтенсивність процесів, що відбуваються, ні про їх динаміку, а іноді і про сам факт негативного впливу. Саме тому останнім часом все більш актуальною стає реалізація систем моніторингу при оцінці стану природних і техногенних об'єктів [2]. Під моніторингом, в даному випадку, розуміють комплексну систему спостережень за станом навколишнього середовища (атмосфери, гідросфери, ґрунтово-рослинного покриву та ін.) та техногенних об'єктів з метою їх контролю та охорони. При цьому висока оперативність і ефективність контролю може бути забезпечена за рахунок застосування дистанційних методів досліджень, які виконуються на базі безпілотних літальних апаратів (квадрокоптерів) [3]. Своєчасно отримана в результаті систематичного моніторингу інформація, дозволяє приймати обґрунтовані управлінські рішення в області експлуатації природних і техногенних об'єктів.

На даному етапі розвитку безпілотних літальних апаратів (БПЛА) вже можна виділити окремий клас квадрокоптерів, що можуть бути використані для створення комплексних систем моніторингу енергетичних об'єктів. Це квадрокоптери серійного виробництва вартістю до 1000\$ та вантажопідйомністю від 250 грам. Типовими задачами для таких квадрокоптерів є фото- та відеозйомка, а їх відмінною особливістю є наявність спеціального підвісу для камери, який може бути використаний для кріплення різних пристроїв і сенсорів. До таких квадрокоптерів можна віднести наступні: MJX X101, Syma X8HG, MJX BUGS 3, Cheerson CX-20, Hubsan X4 Pro H109S, Xiro Explorer G, 3DR Solo, GoPro Karma. Нижче приведено фото деяких моделей (рис. 1) та таблиця порівняння технічних характеристик представлених квадрокоптерів (табл. 1).

Квадрокоптери дозволяють ефективно підвищити рівень безпеки периметра електростанції і окремих об'єктів інфраструктури. Регулярний моніторинг із застосуванням безпілотників дозволяє контролювати проведення робіт на території електростанцій, дистанційно здійснювати розвідку місцевості і прилеглих територій, виявляти перебування сторонніх осіб і транспортних засобів. Квадрокоптери, оснащені блоком детектування гамма-випромінювання, дозволяють проводити розвідку радіаційного забруднення місцевості. Дані розвідки можуть передаватися з борта квадрокоптера на наземну станцію управління в режимі реального часу.



Рис. 1. Зовнішній вигляд квадрокоптерів для створення систем моніторингу в енергетиці та екології: а) GoPro Karma; б) MJX BUGS 3

Таблиця 1. Порівняння технічних характеристик квадрокоптерів

Квадрокоптер	Час польоту, до хв	Дальність управління, до м	Підтримка висоти	Камера в комплекті	FPV	Ціна, від \$
MJX X101	10	100	-	-	-	74
Syma X8HG	7-12	70	+	8Мп	-	120
MJX BUGS 3	8-19	500	-	-	-	119
Cheerson CX-20	15	1000	+	-	-	250
Hubsan X4 Pro H109S	25	1000	+	FHD	5,8 ГГц	390
Xiro Explorer G	25	800	+	-	5,8 ГГц (Wi-Fi)	237
3DR Solo	20	1000	+	-	3DR Link secure Wi-Fi network	399
GoPro Karma	20	3000	+	-	5,8 ГГц	1060

Моніторинг високовольних ЛЕП з використанням квадрокоптерів дозволяє швидко і ефективно оцінювати технічний стан об'єктів у важкодоступних і віддалених місцях, стан опор та ізоляторів, рівня провисання проводів і висоти рослинності навколо ЛЕП, і дозволяє проводити раннє виявлення загроз та акти діяльності сторонніх осіб в охоронних зонах.

Тепловізійна зйомка за допомогою БПЛА дозволяє виявляти зони витоку теплової енергії і погану ізоляцію.

Дані, отримані за допомогою квадрокоптерів дозволяють фахівцям оцінювати ризики і прогнозувати вплив природних факторів, обстежити нові маршрути прокладки ЛЕП і прилеглі до них території.

Також актуальним завданням є моніторинг забруднення повітря з

використанням квадрокоптера, що дозволяє оцінити якість повітря на різній висоті, спрогнозувати переміщення полів концентрації забруднюючих речовин та інше.

В роботі [4] наведено значення універсального якісного критерію ефективності (УЯКЕ) для кожного розглянутого квадрокоптера. Згідно з отриманими результатами, квадрокоптери можна розділити на 2 групи: з відносно низьким УЯКЕ (в межах від 6 до 7) і відносно високим УЯКЕ (в межах від 8 до 9). Максимальне значення УЯКЕ не має жоден з розглянутих квадрокоптерів. До групи з відносно низьким УЯКЕ потрапили такі моделі як: MJX X101, Syma X8HG, MJX BUGS 3, Cheerson CX-20. Дані квадрокоптери характеризуються відносно дешевою вартістю - від 75 до 250 \$. До групи з відносно високим УЯКЕ потрапили такі моделі як: Hubson X4 Pro H109S, Xiro Explorer G, 3DR Solo, GoPro Karma. Дані квадрокоптера характеризуються відносно високою вартістю - від 250 до 1000 \$.

Безумовно, для різних завдань моніторингу один з розглянутих параметрів може бути критично важливий [5]. В такому випадку, квадрокоптер з таким параметром повинен бути використаний. Однак, на підставі проведеного аналізу можна зробити висновок, що квадрокоптер MJX BUGS 3 має найвищу оцінку УЯКЕ серед розглянутих квадрокоптерів серед недорогого сегмента ринку. Його застосування для задач моніторингу в сфері енергетики та екології є обґрунтованим.

- [1] Апаратно-програмне забезпечення моніторингу об'єктів генерування, транспортування та споживання теплової енергії / [В.П. Бабак, С.В. Бабак, В.С. Березун та ін.; за ред. чл.-кор. НАН України В.П. Бабака]. – К., Ін-т технічної теплофізики НАН України, 2016. – 352 с.
- [2] Теоретичні та прикладні основи економічного, екологічного та технологічного функціонування об'єктів енергетики / [В.О. Артемчук, Т.Р. Білан, І.В. Блінов та ін.; за ред. А.О. Запорожця, Т.Р. Білан]. – Київ, 2017. – 312 с.
- [3] Солоха М.А. Використання безпілотників при вирішенні екологічних задач / М.А. Солоха // Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна. Серія «Екологія». – 2013. – №1070. – Вип. 9. – С. 84-90.
- [4] Zaporozhets A.O. Review of quadcopters for energy and ecological monitoring / A.O. Zaporozhets // Systems, Decision and Control in Energy I. Studies in Systems, Decision and Control. – 2020. – vol. 298.
- [5] Popov O. Risk Assessment for the Population of Kyiv, Ukraine as a Result of Atmospheric Air Pollution / O. Popov, A. Iatsyshyn, V. Kovach, V. Artemchuk, I. Kameneva, D. Taraduda, V. Sobynda, M. Sokolov, M. Dement, T. Yatsyshyn // Journal of Health and Pollution. – 2020. – vol. 10. – №25. – 200303.