

## ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-340-8-10>

### MODELS FOR ENSURING THE OPERATIONAL ELECTRICAL SUPPLY OF UAV FLYING CHAINS

### МОДЕЛІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЛІТАЮЧИХ МЕРЕЖ БПЛА

**Saiko V. G. Сайко В. Г.**

*Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Professor at the Department of Applied  
Information Systems  
Taras Shevchenko National University of  
Kyiv  
Kyiv, Ukraine*

*доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри прикладних  
інформаційних систем  
Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка  
м. Київ, Україна*

**Kryvolapov Ya. V. Криволапов Я. В.**

*Assistant at the Department of Applied  
Information Systems  
Taras Shevchenko National University of  
Kyiv  
Kyiv, Ukraine*

*асистент кафедри прикладних  
інформаційних систем  
Київський національний університет  
імені Тараса Шевченка  
м. Київ, Україна*

**Kryvolapov H. Ya. Криволапов Г. Я.**

*Third year Student at the Faculty of  
Information Technologies and Mathematics  
Borys Grinchenko Kyiv University  
Kyiv, Ukraine*

*студент факультету інформаційних  
технологій та математики  
Київський університет імені Бориса  
Грінченка  
м. Київ, Україна*

З розвитком науки і техніки безпілотні літальні апарати (БПЛА) стають все поширенішими у різних галузях народного господарства. У сфері екологічних досліджень БПЛА виконують моніторинг та дослідження навколишнього середовища, прогноз погоди та збір метеорологічної інформації, контроль популяції тварин, створення карт, зокрема 3D-карт. Наукомісткі завдання, що виконуються безпілотними літальними апаратами, зменшують тривалість та, відповідно, дальність їх автономної роботи. Це призводить до необхідності додаткового перельоту до джерела енергії для підзарядки.

Але складність вирішення цього завдання пов'язана з проблемами посадки, фіксації та механізованої обробки акумуляторів, що розміщуються на літальному апараті на сервісній платформі, а також управління черговістю сервісного обслуговування групи БПЛА. Щоб уникнути такого перельоту, застосовуються методи підвищення дальності польоту шляхом безпосередньої передачі енергії на БПЛА. У зв'язку з чим дослідження моделей забезпечення дистанційного електропостачання літаючих мереж БПЛА є актуальним науковим напрямом, орієнтованим на вирішення проблеми збільшення часу функціонування безпілотних літальних апаратів у тривалих автономних роботах на цільових дослідних територіях, що зрештою сприятиме скороченню строків обробки територіальних об'єктів за рахунок автоматизації та застосування роботизованих комплексів. Автономна посадка безпілотних літальних апаратів для забезпечення підзарядки акумуляторних батарей у сучасних дослідженнях розглядається не лише на фіксований майданчик, а й на мобільну платформу, яка здійснює рух у різних середовищах, а також на мобільну платформу дистанційного електроживлення.

Недоліком відомих рішень є те, що автори не досліджували особливості забезпечення енергозабезпечення у мобільних платформах з використанням променевого випромінювання. Як відомо, найбільш перспективним методом відновлення акумулятора є бездротові способи. Але основна проблема існуючих серійно випускаються рішень систем бездротової передачі енергії полягає в малій потужності, що передається.

Одним із перспективних напрямів у вирішенні даної проблеми авторами пропонується робоча гіпотеза проведення досліджень щодо інтеграції технологій блокчейн у мережну інфраструктуру підзарядки БПЛА для забезпечення дистанційного електропостачання літаючих мереж БПЛА. Основна мета даної роботи є розробка моделей керування взаємодією безпілотного літального апарату з сервісною наземною безпроводовою платформою на основі технологій блокчейн, що сприяють розвитку підходів та архітектур спільної енергетичної та інформаційної взаємодії робототехнічних систем.

Для формалізації завдання взаємодії комплексів БПЛА та диспетчеризації процесу обслуговування мережі безпілотних летальних апаратів на наземних сервісних безпроводових платформах було запропоновано наступну модель, що включає: територіальний простір дослідження, мережа безпілотних літаючих апаратів, наземні сервісні безпроводові платформи, наземний центр управління, кореневий супутник систем низькоорбітального супутникового зв'язку на основі розподіленого супутника для забезпечення технічної підтримки оперативного електропостачання літаючих мереж БПЛА [1].

Запропонована модель служить основою для аналізу способів керування та взаємодії наземних сервісних платформ та безпілотних літальних апаратів при вирішенні відповідних завдань.

Запропоновано функціональну модель платформи в автономних дослідних місіях та спільну роботу БПЛА при дослідженні об'єктів на відповідних дослідних територіях. БПЛА через систему зв'язку та навігації передає на наземну станцію такі параметри як: час польоту, ємність акумулятора, місцезнаходження БПЛА. Одночасно БПЛА приймає інформацію про місцезнаходження наземної станції та готовність обслуговування. У випадку, якщо батарея БПЛА має рівень заряду, який є критичним, БПЛА видає запит на посадку для підзарядки батарей. Після підтвердження можливості обслуговування БПЛА приземляється на вибраній наземній станції підзарядки, система керування БПЛА управляє процесом посадки БПЛА на наземній станції підзарядки. На наземній станції підзарядки є стикувальне місце підзарядки для БПЛА, яке включає: систему контролю приземлення БПЛА, систему позиціонування та механізм блокування БПЛА, механізм підзарядки акумуляторів БПЛА та системи контролю готовності БПЛА для зльоту.

В якості системи дистанційного електроживлення пропонується технічне рішення, яке включає подачу променя з наземного терміналу на приймальний повітряний термінал, опромінювання приймального терміналу, який встановлений на безпілотному літальному апараті, з перетворенням енергії променя у електричну енергію, що витрачається на живлення щонайменше одного бортового обладнання. Дане рішення відрізняється від відомих рішень тим, що додатково включає налагодження зв'язку між наземним терміналом і приймальним повітряним терміналом у першій зоні Френеля, а як промінь використовує радіочастотне випромінювання у діапазоні вкрай високих частот щонайменше 100 ГГц [2].

Розглянуто рішення завдання обслуговування електропостачання літаючих мереж БПЛА з погляду теорії систем масового обслуговування (СМО). Кожна наземна сервісна платформа підзарядки в цьому випадку є багатоканальною системою з числом каналів рівним кількості обладнаних посадочних місць. У системі з відмовою, коли всі посадкові місця зайняті та БПЛА відмовлено в обслуговуванні, вибирається інша платформа з вільним місцем. Оскільки сервісна наземна платформа використовується не тільки для обслуговування електропостачання БПЛА, але і для їх транспортування, то кількість функціонуючих БПЛА не перевищує сумарну кількість посадкових місць на наборі платформ, що використовується. З погляду класифікації СМО тут розглядається кінцеве число заявок, що є всередині замкнутої системи. Тому будь-який

БПЛА гарантовано буде обслужений, але при виборі сервісної платформи підзарядки потрібно буде оцінити відстань, зайнятість та достатність ресурсів кожної функціонуючої платформи підзарядки. Запропоновано алгоритм забезпечення ефективного функціонування безпроводової зарядки батарей літаючих мереж БПЛА в режимі реального часу на основі смарт-контрактів у мережі блокчейн. Ключовою особливістю алгоритму адаптивного управління БПЛА з обслуговуванням електропостачання на наземній сервісній безпроводовій платформі є те, що він враховує стан внутрішніх ресурсів БПЛА та платформ для диспетчеризації польотів та розподілу сервісних завдань при вирішенні цільового завдання.

Висновки. Розроблені структурно-функціональні моделі взаємодії літаючої мережі на базі БПЛА і комплексів підзарядки, що враховують технічне оснащення наземних сервісних платформ підзарядки та характеристик територій, що обслуговується, на основі смарт-контрактів у мережі блокчейн.

### Література:

1. Сайко В.Г., Одарченко Р.С., Абакумова А.О., Наритник Т.М., Наконечний В.С., Домрачев В.М., Толюпа С.В., Заблоцький В.Ю., Баховський П.Ф. Мережі мобільного зв'язку нового покоління 4G/5G/6G: монографія. Київ: ТОВ «Про формат», 2021. 200 с.
2. Спосіб бездротової підзарядки джерела бортового живлення безпілотного літального апарату: пат. 150433 Україна: В64С 39/00, В64С 39/02. № 202105420; заявл. 24.09.21; опубл. 16.02.22, Бюл. № 7. 8 с.