

О. Ю. Суханов, М. С. Семенов, О. А. Хіжнюк

## ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ СКРИТНОСТІ РАДІОКАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ БПЛА

***Анотація.** В доповіді розглянуті основні шляхи підвищення скритності радіоканалу зв'язку безпілотних літальних апаратів за допомогою приймально-передавального пристрою SDR-технології HackRF One для їх подальшого впровадження.*

**Ключові слова:** аналого-цифрове обладнання, безпілотні літальні апарати, канали управління та навігації, цифрові пристрої, HackRF One, analog equipment, unmanned aerial vehicle, control and navigation channels, digital equipment, HackRf One.

***Abstract.** The report considers the main ways of increasing the stealth of the radio communication channel of unmanned aerial vehicles using the HackRF One SDR technology transceiver for their further implementation.*

**Keywords:** analog-digital equipment, unmanned aerial vehicles, control and navigation channels, digital devices, HackRF One, analog equipment, unmanned aerial vehicle, control and navigation channels, digital equipment, HackRf One.

Сучасні війська активно використовують радіокеровані безпілотні літальні апарати (БПЛА), які застосовуються у різних сферах. Одними з найрозповсюджених сфер використання є розвідка та нанесення удару по живій силі противника з певною кількістю вибухової речовини. БПЛА використовують системи навігації та управління, які базуються на розповсюдженні радіохвиль. Тобто, керування БПЛА здійснюється дистанційно за допомогою пультів управління (ПУ) або по заздалегідь визначеному маршруту польоту.

Сучасні БПЛА складаються з модульних блоків, які можливо легко замінити у разі їх несправності, та модернізувати, що відбувається доволі часто. Змінилась дальність польоту, за рахунок встановлення менш масивного двигуна, що значно підвищило ергономічність виробу. Розвідувальні дрони стали набирати більшу висоту та виготовляються з радіопрозорого матеріалу, що є ефективним засобом їх захисту проти сил протиповітряної оборони (ППО).

Проаналізувавши ситуацію в українсько-російській війні, можемо сказати, що використання БПЛА є більш доцільним, ніж використання живої сили. Прикладом можна навести застосування різних типів дронів, від загально доступних комерційних квадрокоптерів, адаптованих під виконання спеціальних місій, до промислових ударних та розвідувальних дронів, які використовують обидві країни.

БПЛА типу «Shahed-131/136» використовують метод керування D2S (Direct-to-satellite) де використовують 4 приймальні антени діапазону від 1ГГц до 1.8ГГц. Цей діапазон використовують системи GPS (Global Positioning System) та російська ГЛОНАСС (Глобальна навігаційна супутникова система) (рис. 1).

## Зовнішні вигляди супутникових систем

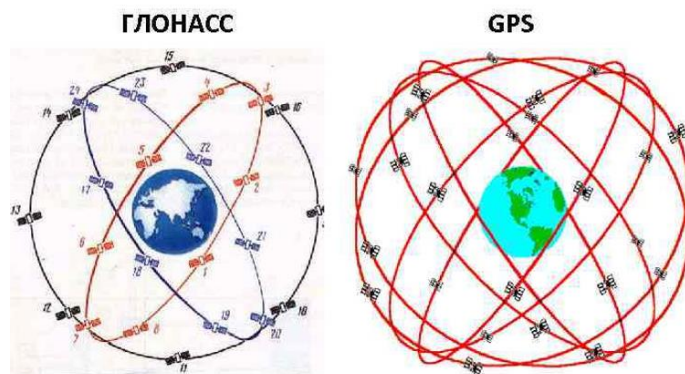


Рис. 1. Зображення польоту супутників навколо Землі

У СНС ГЛОНАСС використовується 3 орбітальні площини, на кожній з яких знаходяться по 8 супутників. У GPS використано систему з 6 орбітальних площин по 4 супутники на кожному.

Для збільшення дальності дії та ефективності використання радіочастотного спектру є можливість використовувати супутниковий зв'язок. У цьому випадку потік даних обмежується мінімально необхідною інформацією про стан, інтервал передачі якої може складати, наприклад, від 30 до 300 секунд.

Таким чином, для підвищення ефективності роботи радіоканалів управління та навігації можливо використовувати приймально-передавальні пристрої SDR-технології (Soft Defined Radio, або програмно-визначаємий пристрій), наприклад, пристрій HackRF One (рис. 2)



Рис. 2 Приймально-передавальний пристрій SDR-технологій

SDR – це система, в якій програмне забезпечення використовується як для модуляції так і для демодуляції радіосигналів. Тобто SDR-технологія дозволяє створювати приймач або передавач за допомогою комп'ютерного забезпечення з необхідними параметрами. Для зміни структури потрібно лише змінити програмну модель.

Застосування сучасних програмно-апаратних комплексів на базі SDR-технологій та недорогих та ефективних пристроїв типу HackRF One дає змогу підвищити ефективність роботи системи керування БпЛА) в аресалі застосування станцій радіоелектронної протидії сигналів систем як наземних пунктів управління, так і супутникових навігаційних систем.

*Суханов Олександр Юрійович* – доцент кафедри радіоелектронного обладнання літальних апаратів, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: [Salur@ukr.net](mailto:Salur@ukr.net).

*Хіжнюк Олександр Анатолійович* – викладач кафедри радіоелектронного обладнання літальних апаратів, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: [Alexkotale@gmail.com](mailto:Alexkotale@gmail.com). ORCID: 0009-0007-5855-2798

*Семенов Микита Сергійович* – слухач Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, м. Харків, e-mail: [Lucky13377lucky@gmail.com](mailto:Lucky13377lucky@gmail.com). ORCID: 0009-0009-3950-850X.

*Sukhanov Olexandr Y.* – Assistant professor of the Department of Radioelectronic Equipment of Aircraft Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University, Kharkiv, e-mail: [Salur@ukr.net](mailto:Salur@ukr.net).

*Hizhnyuk Olexander A.* – Lecturer of the Department of Radioelectronic Equipment of Aircraft Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University, Kharkiv, e-mail: [Alexkotale@gmail.com](mailto:Alexkotale@gmail.com). ORCID: 0009-0007-5855-2798

*Semenov Mykyta S.* – Student of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University, Kharkiv, e-mail: [Lucky13377lucky@gmail.com](mailto:Lucky13377lucky@gmail.com). ORCID: 0009-0009-3950-850X.