

УДК 621.396.73

Фриз С.П.,
заслужений працівник освіти України, д.т.н, проф., професор,
Авсієвич Р.О., доктор філософії, доцент
Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РАДІОМОНІТОРИНГУ НИЗЬКООРБІТАЛЬНИХ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ

Станом на травень 2025 року на навколоземній орбіті експлуатувалося більше 12000 космічних апаратів, з яких більше 90 % були виведені на низьку навколоземну орбіту. В перспективі до 2030 року прогнозується збільшення кількості космічних апаратів саме на низькій навколоземній орбіті [1]. За вказаних умов виникає потреба у застосуванні методів радіомоніторингу для покращення космічної ситуаційної обізнаності та уникнення колізій космічних апаратів під час їх руху по земній орбіті.

Однак, радіомоніторинг низькоорбітальних космічних апаратів ведеться за наявності впливу ряду факторів, що знижують його ефективність: часові та енергетичні обмеження, обумовлені параметрами орбіти космічних апаратів, похибки синхронізації радіоприймального тракту з вхідним сигналом, обумовлені апріорною невизначеністю щодо параметрів радіосигналів та впливом ефекту Доплера, необхідність використання спеціалізованих антенних систем та систем синхронізації тощо. Зазначене вимагає впровадження на наземних приймальних станціях радіомоніторингу універсальних методів виявлення та виміру параметрів радіосигналів низькоорбітальних космічних апаратів, в тому числі тих, які придатні для застосування в умовах часткової апріорної параметричної невизначеності щодо радіосигналів, які випромінюються космічними апаратами [2].

В роботі розглянуто можливість вдосконалення пошукового методу виявлення радіосигналів, що базується на застосуванні критерію Неймана-Пірсона та періодограмного методу Уелча для виявлення радіосигналів низькоорбітальних космічних апаратів та оцінки їх спектральної щільності. В подальшому для уточнення параметрів виявленого радіосигналу пропонується застосовувати метод кореляційної обробки радіосигналів, заснований на розрахунку коефіцієнту кореляції Пірсона, який дозволяє уточнити частотні параметри радіосигналу через дискретний підбір тривалості символу.

Реалізація вдосконаленого пошукового методу можлива шляхом застосування програмних засобів, в основі яких лежать методи цифрової обробки радіосигналів. Зазначене дозволяє проводити виявлення та вимірювання параметрів радіосигналів в автоматичному режимі, що покращує ефективність ведення радіомоніторингу.

Застосування вказаного методу можливе спільно з радіоприймальними пристроями, побудованими за технологією програмно визначеного радіо.

Перевагою застосування запропонованого методу є можливість його використання в умовах впливу ефекту Доплера для більш точного визначення таких параметрів радіосигналів, як: центральна несуча радіочастота, ширина спектру радіосигналу та тривалість символу.

Практична цінність запропонованого методу полягає в тому, що він дозволяє зняти обмеження щодо ширини спектру сигналів під час вирішення завдань радіомоніторингу низькоорбітальних космічних систем із застосуванням програмно-визначених радіоприймальних пристроїв [3].

Зазначене реалізується завдяки застосуванню розробленого математичного апарату для розрахунку кроку зміни частоти гетеродину у блоці формування проміжних частот приймальних пристроїв, що в свою чергу впливає на визначення розміру частотних сегментів, що беруть участь в оцінці потужності спектральної щільності спектру сигналу, а також завдяки реалізації перекриття частотних смуг у суміжних частотних сегментах з подальшим їх згладженням.

Список використаних джерел:

1. База даних CelesTrak. Режим доступу: <https://celestrak.org/satcat/search.php> (дата звернення 20.11.2025).
2. ITU Publication Handbook Spectrum Monitoring. Режим доступу: <https://www.itu.int/pub/R-HDB-23-2011> (дата звернення 20.11.2025).
3. Utilizing SDR for increased bandwidth in satellite communications. Режим доступу: <https://apps.dtic.mil/sti/trecms/pdf/AD1136078.pdf> (дата звернення 24.11.2025).