

# Зв'язок, радіотехніка, радіолокація, акустика та навігація

УДК 621.396

П.В. Білак, Г.В. Худов

*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків*

## ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ВИЯВЛЕННЯ МАЛОВИСОТНИХ ТА МАЛОРОЗМІРНИХ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

*В роботі коротко проаналізована структура системи стільникового зв'язку, особливості її функціонування та діапазони роботи. Показано, що базові станції стандарту GSM можна використовувати як передавальні позиції в багатопозиційній радіолокаційній системі виявлення повітряних об'єктів на малих та гранично малих висотах.*

**Ключові слова:** радіолокаційна станція, радіотехнічні війська, малі висоти, стільниковий зв'язок.

### Вступ

**Постановка проблеми у загальному вигляді**  
В сучасних умовах роль військових загроз знижується, а основними з загроз стають проблеми тероризму, контрабанди й несанкціонованого використання повітряною простору [1]. На сьогоднішній день основною проблемою в організації високоефективної системи контролю повітряною простору є створення й підтримка суцільного автоматизованого радіолокаційного поля над територією держави й прилягаючих територій на малих й гранично малих висотах [2]. Задача контролю польотів повітряних об'єктів (ПО) на малих висотах є актуальною для всієї території України [2]. Відповідно до класифікації повітряного простору, в Україні існує повітряний простір, верхня границя якого становить 1500 м [2]. Польоти ПО у цьому діапазоні висот проводяться за правилами візуальних польотів, що передбачають відсутність об'єктивного радіолокаційного контролю за польотами повітряних суден засобами системи керування повітряним рухом. Сформована в Україні в останні роки ситуація характеризується зменшенням чисельності й номенклатури радіолокаційних станцій (РЛС), можливості по продовженню їхнього ресурсу (капітальний ремонт) українці обмежені через відсутність запасних частин і фінансування [2]. Розробка й надходження нових РЛС практично відсутні, за винятком РЛС, що виконують завдання в зоні ведення антитерористичної операції (АТО) [2]. В результаті радіолокаційний контроль польотів ПО на малих висотах має осередковий характер. Таким чином, на сьогоднішній день в Україні є необхідність удосконалення радіолокаційної системи виявлення ПО на малих висотах та гранично малих висотах [2].

**Мета статті** – обґрунтування можливостей використання сигналів станцій мобільного зв'язку для виявлення ПО на малих та гранично малих висотах.

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** Відомо [3], що засобом збільшення дальності виявлення маловисотних цілей є збільшення висоти підйому фазового центру антени РЛС, для чого при розробці мобільних РЛС виявлення маловисотних цілей передбачається використання легких вишок, що входять до складу РЛС. Але, зі збільшенням висоти підйому фазового центру антени розширюється і зона, в межах якої на РЛС впливають відбиття від місцевих предметів. Отже, основними вимогами до РЛС кругового огляду, що призначені для виявлення маловисотних цілей, є забезпечення можливості установки на вишках та наявність ефективної апаратури придушення відбиття від місцевих предметів. Не менш важливим є також вимога до мобільності РЛС, що обмежує вагогабаритні характеристики апаратури РЛС та антени [3, 4].

У зв'язку з удосконаленням та розширенням номенклатури засобів повітряного нападу (ЗПН), що діють на малих та гранично малих висотах, з однієї сторони, та розвитком радіолокаційної техніки та елементної бази, з другої, у подальшому при удосконаленні маловисотних РЛС знаходять широке використання нові інформаційні технології [3, 4]: послідовно-паралельний електронний огляд зони по куту місця та двомірне електронне сканування діаграми спрямованості антен; активні, полуактивні та пасивні на передачу фазовані антени решітки (ФАР); цифровий синтез зондуючих сигналів з різними параметрами: несучою частотою, видом модуляції, шириною смуги, тривалістю, частотою посилок імпульсів; цифрове діаграмоутворення ФАР на прийом; автоматичний аналіз завадової обстановки та

адаптивний вибір засобів та режимів захисту від завад; автоматична топографічна прив'язка та орієнтування РЛС по інформації космічних навігаційних систем; комплексування РЛС з засобами вторинної радіолокації; можливість нарощування РЛС до активно-пасивного комплексу; використання нетрадиційних методів радіолокації.

В статті основну увагу приділимо використанню сигналів станцій мобільного зв'язку для виявлення ПО на малих та гранично малих висотах.

### Постановка задачі та викладення матеріалів дослідження

Системи стільникового зв'язку (ССЗ) будуються у вигляді сукупності сот (стільників), що покривають певну територію та використовують високочастотне випромінювання сантиметрового діапазону [5]. Соту схематично зображують у вигляді правильних шестикутників. У центрі кожної соти перебуває базова станція (БС), що обслуговує всі рухливі станції (РС) у межах своєї соти. При переміщенні абонента з однієї соти в іншу відбувається передача його обслуговування від однієї БС до іншої. Всі БС з'єднані із центром комутації (ЦК) по виділених провідних, оптичних або радіорелейних каналах зв'язку. ЦК має вихід на телефонну лінію загального користування (ТФЗК). На рис. 1 наведена спрощена функціональна схема, що відповідає описаній структурі системи.

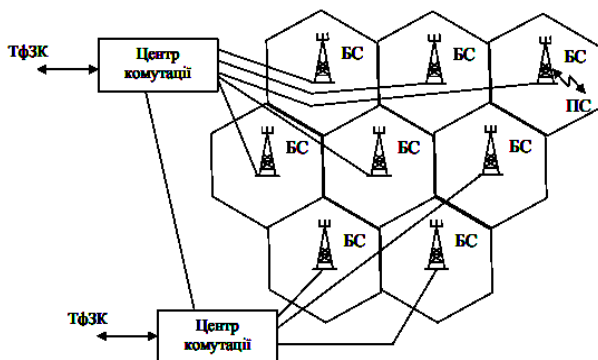


Рис. 1. Функціональна схема ССЗ стандарту GSM

ССЗ GSM (Global System For Mobile communications) - глобальна система мобільного зв'язку, діапазони 900, 1800 й 1900 МГц, може включати більше одного ЦК, що обумовлено еволюцією розвитку мережі або обмеженістю ємності комутаційної системи [5]. Важливо відзначити, що стандарт GSM – це єдиний загальноєвропейський стандарт. Це дає можливість використовувати апаратуру системи GSM інших держав, які граничать із Україною. Особливо актуальним це стає в прикордонній зоні. GSM-900 виділяється 25 МГц для передачі даних з базових станцій 935-960 МГц й 25 МГц для передачі з мобільних пристроїв 890-915 МГц, для системи GSM-1800 виділяється 75 МГц для передачі даних з базових станцій 1805-1880 і 75 МГц для передачі з мобільних пристроїв 1710-1785 МГц. Для ефективного використання виділеної смуги частот використо-

вується комбінація схем FDMA (Frequency Division Multipoint Access – множинний доступ із частотним поділом) і TDMA (Time Division Multiplexing Access – множинний доступ з тимчасовим поділом) [5].

Однією з особливостей функціонування системи GSM є необхідність обліку ефекту багатопроменового поширення сигналу. Сантиметрові радіохвилі поширюються, в основному, у межах прямої видимості, дифракція на цих частотах виражена слабо, а молекулярного поглинання й поглинання в гідро метеорах (сніг, дощ) практично немає. Однак близькість поверхні, що підстилає, і наявність перешкод (будинків, рельєфу), особливо в умовах міста, призводить до появи відбитих сигналів, які інтерферують між собою, і сигналом, що пройшов по прямому шляху. Відбиття від поверхні, що підстилає, приводить до того, що потужність прийнятого сигналу убуває пропорційно не другому ступеню відстані між передавачем і приймачем, як при поширенні у вільному просторі, а пропорційно четвертому ступеню цієї відстані, тобто напруженість поля убуває пропорційно квадрату відстані. Іншим наслідком багатопроменового поширення є завмирання й переключування корисного сигналу [5]. Сигнали, що поширюються по різних шляхах, досягнуть антени приймача в різний час. Через цей ефект початковий сигнал розширюється внаслідок запізнювання надходження окремих його елементів, при цьому розширення сигналу внаслідок запізнювання не залежить від руху передавача або приймача [5]. У містах типове значення розширення сигналу внаслідок запізнювання становить близько 3 мкс [5]. При додаванні декількох сигналів, які виникають при багатопроменовому поширенні, що пройшли по різних шляхах і мають у точці прийому в загальному випадку різні фази, сумарний сигнал може бути як вище за середній рівень, так і помітно нижче, причому завмирання сигналу, що утворюється при взаємній компенсації сигналів внаслідок несприятливого сполучення їхніх фаз й амплітуд, можуть бути досить глибокими. Для боротьби із завмираннями в системі GSM використовується два основних методи: рознесений прийом і робота з розширенням спектра. Як було відзначено вище, у стандарті GSM використовується множинний доступ із частотним розподілом каналів. На практиці це приводить до того, що в той самий момент часу (одночасно) буде діяти кілька частотних каналів. Ця ситуація зображена на рис. 2. Як правило, кожній базовій станції виділяється 1-6 частот, залежно від планованого навантаження [5].

Базові станції стандарту GSM створюють практично суцільне електромагнітне поле (тенденція розвитку мережі в майбутньому забезпечить суцільне поле), що «притиснуто» до поверхні землі. Тому базові станції стандарту GSM можна використовувати як передавальні позиції в багатопозиційній системі виявлення радіолокаційного типу. Використання сигналів базових станцій для виявлення об'єктів актуально за такими причинами:

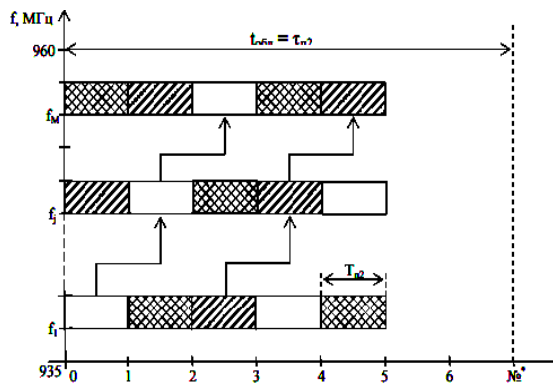


Рис. 2. Перегони по частоті в стандарті GSM

– передавальні антени БС установлюються на високих опорах (50 м і більше) і при випромінюванні створюють електромагнітне поле, «притиснуте» до поверхні Землі;

– БС працюють у сантиметровому (дециметровому) діапазоні довжин хвиль, у якому забезпечується гарне поширення радіохвиль і відносно дешеві антенні системи;

– кожна БС одночасно випромінює сигнал на декількох частотах, створюючи передумови для надійною радіолокаційного спостереження за рахунок багаточастотного режиму роботи;

– працюючи із частотною модуляцією, передавачі забезпечують потужності 50 Вт кожний, що забезпечує достатній енергетичний потенціал при забезпеченні екологічної безпеки;

– відсутність спеціального випромінювання забезпечує дешевизну системи;

– розвинена мережа стандарту GSM, у тому числі в суміжних державах, у сполученні з багатопозиційним прийомом, може забезпечити необхідну точність визначення координат і дозволяє використати випромінювання закордонних БС для створення «переплетення» як на суходпутних, так і на морських границях держави;

– всеспрямованість випромінювання в горизонтальній площині й можливість використання тільки одного приймального пункту значно спрощує процедуру огляду простору, тому що відпадають питання синхронізації напрямків зондування й прийому, а також забезпечується можливість одночасного (паралельного) прийому відбитих від об'єктів цілей сигналів.

### ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ ВЫЯВЛЕНИЮ МАЛОВЫСОТНОГО И МАЛОРАЗМЕРНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ СОТОВОЙ СВЯЗИ

П.В. Билак, Г.В. Худов.

*В работе кратко проанализирована структура системы сотовой связи, особенности их функционирования и диапазоны. Показано, что базовые станции стандарта GSM можно использовать как передаточные позиции в многопозиционной системе обнаружения радиолокационного типа на малых и предельно малых высотах.*

**Ключевые слова:** радиолокационная станция, радиотехнические войска, малые высоты, сотовая связь.

### PROPOSITION FOR DETECTION OF SMALL AND LOW-ALTITUDE AIR OBJECTS BY USING MOBILE COMMUNICATION SYSTEM

P.V. Bilak, G.V. Khudov

*In work briefly analyzed the structure of cellular features and their operation ranges. It is shown that the base stations of GSM can be used as a multistage gear position detection system radar type on small and extremely low altitudes*

**.Keywords:** radar, radio engineering troops, small heights, GSM.

## Висновки

Р урахуванням проведених досліджень, спрощена система виявлення мало висотних повітряних об'єктів з використанням БС системи ССЗ наведена на рис. 3. Система забезпечує: виявлення ПО без традиційного зондування простору, тобто створення, по-істоті, локалатора – «невидимки»; виявлення ПО на гранично малих висотах на дальностях прямої видимості.

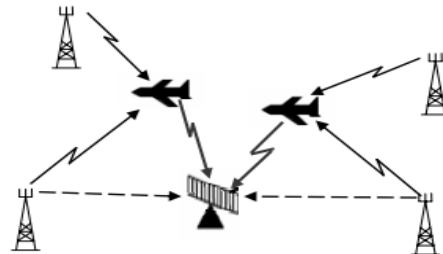


Рис. 3. Схема активної радіолокації з використанням БС

**Метою подальших досліджень** є проведення розрахунків каналу приймання сигналу ССЗ, що відбивається від ПО та обґрунтування тактико-технічних характеристик каналу такого прийому.

## Список літератури

1. Телелим В.М. Планування сил для виконання бойових завдань у «гібридній війні» / В.М. Телелим, Д.П. Музиченко, Ю.В. Пунда // *Наука і оборона*. – 2014. – № 3. – С. 30-35
2. Вишневецький С.Д. Погляди на розвиток радіотехнічних військ Повітряних Сил Збройних Сил України / С.Д. Вишневецький, Л.В. Бейліс // *11 НК ХУПС : тези доп.*, 8-9 квітня 2015 р. – Х: ХУПС, 2015. – С. 15.
3. Образцов Е.А. Маловысотные РЛС: шаг за шагом / Е.А. Образцов, О.В. Пушков // *Воздушно-космическая оборона*, 2012. – № 4. – С. 17-22.
4. Ковалевський С.М. Пропозиції щодо створення криптому мало висотного радіолокаційного поля в умовах ведення сучасних мережецентричних та гібридних війн / С.М. Ковалевський, Г.В. Певцов, Г.В. Худов // *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. – 2015. – № 1 (18). – С. 77-81.
5. Кондратенко А.П. Принципы и варианты построения радиолокационной системы с использованием излучения мобильной связи / А.П. Кондратенко, П.А. Коваленко, И.С. Добрынин // *Системы обработки информации*: – Х.: ХУПС, 2006. – Вып. 4 (53). – С. 71-78.

Надійшла до редколегії 2.12.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. К.С. Васюта, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.