

УДК 621.396

Ю.В. Кравченко, О.В. Лаврінчук, Р.М. Залужний

Національна академія оборони України, Київ

## КОНЦЕПЦІЯ СИНТЕЗУ ЛОКАЛЬНОЇ БАГАТОПОЗИЦІЙНОЇ РАДІОНАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

*Проведено аналіз застосування сучасних технологій для створення локального радіонавігаційного поля з метою навігаційного забезпечення збройних сил та особливостей його формування в умовах активного впливу противника.*

**Ключові слова:** навігаційне забезпечення, супутникова радіонавігаційна система, псевдосупутник, наземне функціональне доповнення.

### Вступ

**Постановка проблеми та аналіз літератури.** Радіонавігаційна та координатно-часова техніка забезпечує вирішення багатьох народногосподарських, оборонних і наукових завдань. Тому її створенню, застосуванню і розвитку приділяється велика увага у всіх розвинених країнах світу. Наявні в Україні засоби навігації і єдиного часу не дозволяють забезпечити на необхідному рівні вирішення завдань національної безпеки і оборони, а також не зможуть забезпечити потреби фундаментальної і прикладної науки. Ця обставина обумовлена тим, що вони морально і фізично застаріли, виробили свій ресурс та вимагають ремонту і заміни і, як наслідок, не задовольняють зростаючим вимогам споживачів [1 – 3]. Фахівцями активно обговорюються шляхи реалізації навігаційного забезпечення цивільних і військових споживачів України. Відповідно до їх пропозицій, перспективне навігаційне забезпечення, що задовольняє запитам всіх споживачів України, доцільно базувати на використанні глобальних навігаційних полів, створюваних середньорбітальними супутниковими радіонавігаційними системами (СРНС) GPS і ГЛОНАСС [1].

За досвідом останніх локальних війн і збройних конфліктів, при вирішенні завдань навігаційного забезпечення військ варто використовувати саме космічні навігаційні системи, що доповнені наземним сегментом опорних станцій, які реалізують диференційний режим визначень з метою їхнього якісного доповнення [4]. Разом з тим, при такому підході якість навігаційного забезпечення більшості споживачів ставиться в певну залежність від політики військових відомств США і Росії, які розвернули і контролюють СРНС NAVSTAR і ГЛОНАСС і визначають політику їх використання. Існує також проблема надійності навігаційного забезпечення, яка полягає в тому, що у разі відмови навігаційного космічного апарату (НКА) інформація про це поступає споживачам з великим запізненням (до декількох годин).

**Мета статті** – застосовуючи сучасні технології обґрунтувати можливі напрямки створення локального радіонавігаційного поля з метою навігаційного забезпечення збройних сил з урахуванням особливостей його формування в умовах активного впливу противника.

### Основний матеріал

В Україні у відповідності з Концепцією створення системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України (СКЧНЗУ) здійснюється розробка та введення в експлуатацію диференційних підсистем та засобів контролю цілісності навігаційного поля як наземного функціонального доповнення до глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) [1]. Однак, з точки зору використання даної системи для навігаційного забезпечення Збройних Сил України в особливий період, важливою характеристикою СКЧНЗУ, яку необхідно враховувати, є стаціонарність даної системи, що робить її досить вразливою засобами ураження противника та накладає просторове обмеження на робочу зону обслуговування системи.

На практиці вирішення задачі навігації існуючими приймачами супутникових сигналів в умовах відсутності міжнародного навігаційного поля можливе шляхом використання псевдосупутникової системи як аналога супутникової, але охоплюючої навігаційним полем меншу територію [5]. Псевдосупутник – це передавач сигналів, подібних сигналам навігаційних космічних апаратів, які можуть бути використані для навігаційних вимірів як разом з інформацією СРНС, так і автономно. Перевага технології полягає в тому, що для її реалізації в існуючих приймачах супутникових сигналів необхідна тільки незначна зміна в програмному забезпеченні, а вся апаратна частина залишається незмінною, при цьому зберігається зворотна сумісність зі звичайним (штатним) режимом роботи.

Аналіз завдань споживачів, що вимагають високої якості навігації, показав, що вони вирішуються за достатньо короткий час (від декількох хвилин до

1...2 годин) і на незначній за площею території, тому немає необхідності прагнути до забезпечення глобальності навігаційного поля. Слід звернути увагу на те, що розміщення радіонавігаційних точок псевдосупутникової системи на земній поверхні і в повітряному просторі дешевше в порівнянні з виведенням на орбіту навігаційних космічних апаратів.

За оцінками експертів, вартість глобальної супутникової радіонавігаційної системи – декілька млрд.\$, вартість навігаційної апаратури псевдосупутника – 10...15 тис.\$ . Вартість псевдосупутникової системи залежить від кількості радіонавігаційних точок, однак, як мінімум на декілька порядків нижча вартості супутникової системи [5].

Точність багатопозиційної радіонавігаційної системи в першу чергу залежить від взаємного розташування радіонавігаційних точок, тому при ство-

ренні псевдосупутникової системи оптимізація структури займає важливе місце. Аналіз теоретичних робіт в області побудови багатопозиційних радіонавігаційних систем свідчить про те, що існуючі підходи при синтезі подібних систем дозволили сформулювати теоретичну основу оптимізації структури псевдосупутникової радіонавігаційної системи лише по критерію максимальної точності і максимальної площі робочої зони. Однак при цьому не розглядається необхідність врахування наслідків нештатних ситуацій, в результаті яких радіонавігаційні точки виходять з ладу [6].

Організаційно ПСРНС складається з мережі наземних псевдосупутників (НПС), мережі повітряних псевдосупутників (ППС), що забезпечують споживачів необхідною навігаційною інформацією (рис.1).

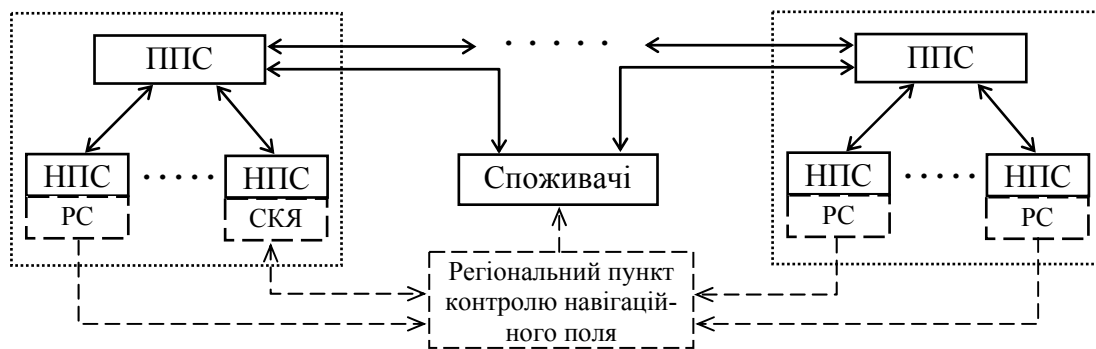


Рис. 1. Структура псевдосупутникової радіонавігаційної системи

Мережа НПС створює навігаційне поле для висотних споживачів (літаків, вертольотів, штучних супутників Землі) і для мережі ППС. Також, з певними апаратно-програмними доробками, НПС можуть використовуватися як елементи широкозонної диференційної підсистеми ГНСС на обмеженій території (виконувати функції референціальних станцій (РС) і станцій контролю якості (СКЯ)). У свою чергу, референціальні станції і станції контролю якості також можна використовувати в ПСРНС як НПС. Мережа ППС створює аналогічне поле для маловисотних і наземних споживачів. Система працює аналогічно СРНС з тією лише різницею, що випромінювачі радіонавігаційних сигналів встановлюються не на навігаційних космічних апаратах (НКА), а на літальних апаратах (ЛА) або стаціонарно (рухомо) на земній поверхні. В даний час псевдоліти застосовуються в локальних диференціальних системах посадки, системах геодезичного забезпечення, системах внутрішньої навігації, технічних системах навігаційного забезпечення бойових дій (наприклад, псевдосупутникова система компанії "Rockwell Collins" навігаційного забезпечення тактичних і оперативно-тактичних ракет, обладнаних приймачами GPS).

За кордоном в якості носія повітряного псевдосупутника пропонується використовувати безпілот-

ні літальні апарати (БПЛА) і аеростати. БПЛА найбільш прийнятні для ПСРНС військового призначення, оскільки в умовах активної протидії противника є маневреною і малопомітною ціллю. Активна робота США і Росії в області розвитку ПСРНС обумовлена неможливістю використання СРНС як технічного засобу навігаційного забезпечення бойових дій в умовах затінення супутникових сигналів будівлями і рельєфом, а також при веденні радіоелектронної боротьби противником. Рациональне розташування псевдосупутників, використання передавачів необхідної потужності дозволяє виключити вказані недоліки СРНС.

За топологічними ознаками структури псевдосупутникових радіонавігаційних систем класифікуються на мінімальні, тетраедри і стільникові. Мінімальна структура ПСРНС складається з мережі НПС і одного ППС і забезпечує споживачів в районі одиначної або групової цілі необхідною навігаційною інформацією. Тетраедрна структура ПСРНС складається з 4 повітряних ППС і мережі наземних ППС. Відстань між опорними точками ППС вибирається в залежності від висоти ЛА і мінімального кута підвищення ППС над горизонтом для споживача, що знаходиться в центрі структури. Недоліками мінімальної і тетраедричної структур системи є їх уразли-

вість з боку противника через відсутність резервних повітряних псевдосупутників, а також те, що система може функціонувати на незначній території.

Стільникова структура ПСРНС (рис. 2) складається з мережі повітряних ПС, мережі наземних ПС і мережі наземних пунктів контролю. Опорні точки, в районі яких здійснюють політ повітряні ПС на висоті 4...8 км, розташовані в шестикутній стільниковій конфігурації з центральною точкою на відстані 200...300 км одна від одної. Відстань між опорними точками для ППС вибирається, виходячи з умови прямої видимості всіх ППС одного стільника і половини ППС сусідніх стільників. Наземні ПС розташовані на відстані 115...170 км один від одного в шестикутній стільниковій конфігурації так, що в центрі кожного з шести трикутних секторів деякого спроектованого на поверхню Землі стільника, утвореного опорними точками ППС, встановлений НПС.

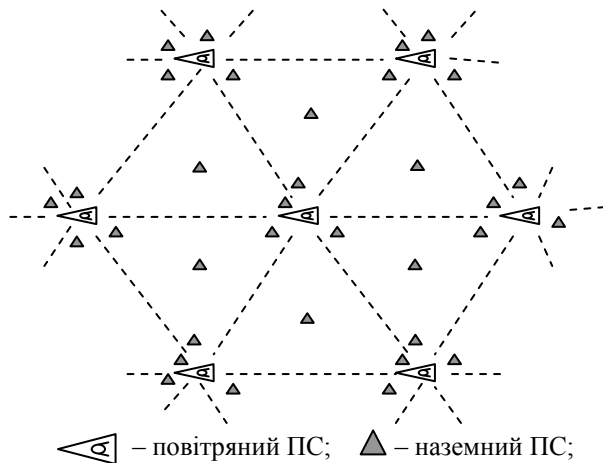


Рис. 2. Схема ПСРНС стільникового типу

Перевагою вказаної структури є можливість створення значних площ навігаційних полів з багатократним покриттям, що, безумовно, підвищує надійність і точність навігації. Недоліками запропонованої конфігурації є те, що не враховується рельєф місцевості, як один з основних чинників для систем такого типу, а також значна потенційна уразливість елементів системи від дій противника через велику загальну кількість випромінюючих і радіолокаційних об'єктів [7].

Можна помітити, що мінімальна і тетраедрна структури є елементами стільникової, оскільки стільникова структура складається з сукупності тетраедричних, кількість яких визначається площею навігаційного поля, що необхідна споживачам.

Таким чином, аналіз чинників, що впливають на функціонування ПСРНС і визначають конфігурацію її структури, дає можливість зробити висновок про те, що структура ПСРНС повинна формуватися з урахуванням наявної конкретної обстановки, з урахуванням очікуваних зовнішніх впливів. При цьому необхідно враховувати загальну геометрію

взаємного розташування елементів структури, оскільки точність навігації безпосередньо залежить від відносного положення передавачів (РНТ) і приймача споживача. В такому випадку виникає певна суперечливість, оскільки забезпечення високої точності навігації можливе за умови розосередження мережі РНТ, зокрема з розміщенням їх в безпосередній близькості до противника, а забезпечення високої живучості РНТ вимагає розташування їх якомога глибше в тилу, під надійним прикриттям своїх військ. З другого боку, збільшення кількості ПС веде до зростання вартості системи в цілому.

Найпоширенішим технічним рішенням разом з підвищенням живучості і надійності окремих елементів системи є введення деякої надмірності в структуру системи, тобто використання більшої кількості РНТ. У такому випадку актуальним є визначення місцезонашування нових ПС, оскільки в загальному випадку введення резервних точок покращує параметри точності і надійності всієї системи, але збільшує вартість і робить її помітнішою для засобів виявлення. При синтезі структури задача ускладнюється через необхідність врахування геометричного фактору і прогнозу його зміни протягом життєвого циклу залежно від живучості кожного окремого ПС під час використання системи.

Існуюча концепція синтезу структури псевдосупутникової радіонавігаційної системи [6-9] заснована на забезпеченні властивості функціональної стійкості системи шляхом використання структурної надмірності. Основна ідея полягає в створенні необхідної надмірності і в забезпеченні можливості її застосування для локалізації і усунення наслідків нештатних ситуацій в процесі експлуатації. Для цього необхідно вирішити наступні основні групи задач: оптимізувати надмірність в системі; усунути наслідки нештатних ситуацій за рахунок введеної надмірності і цим забезпечити відновлення системи після деградації структури через внутрішні і зовнішні впливи. Функціональна стійкість як властивість структури псевдосупутникової радіонавігаційної системи закладається на етапі проектування і забезпечується при експлуатації своєчасним відновленням системи. На етапі проектування вирішується завдання синтезу функціонально стійкої структури ПСРНС, що складається з навантажених і ненавантажених елементів та завдання формування навантаженої структури. На етапі функціонування при зменшенні кількості працездатних псевдосупутників відбувається усунення наслідків нештатної ситуації шляхом вибору і включення в структуру ненавантажених елементів. Окрім введення в систему надмірності, на етапі проектування повинен бути розроблений і закладений алгоритм формування відновлюючого управління, усуваючого результати нештатних ситуацій.

Таким чином, принцип забезпечення функціональної стійкості псевдосупутникової радіонавігаційної системи зводиться до цілеспрямованого управління надмірністю для усунення наслідків нештатних ситуацій в процесі експлуатації системи.

### Висновки та перспективи подальших досліджень

Наряду з численними перевагами недоліком широкого впровадження супутникових навігаційних технологій є можливість спотворення чи відключення навігаційного поля СРНС GPS та ГЛОНАСС країною-власником системи, що значно знизить якість навігаційного забезпечення. Тому створення та використання локальних багатопозиційних (псевдосупутникових) радіонавігаційних систем є досить перспективним напрямком забезпечення споживачів навігаційною інформацією.

Для забезпечення надійного функціонування систем даного типу в умовах активного впливу противника передбачається синтез їх структур з деякою структурною надмірністю, однак це не завжди забезпечує надійну навігацію користувачів у випадку ураження окремих її елементів.

Перспективним напрямком розвитку даної концепції синтезу структури системи є використання так званої «плаваючої» чи змінної структури. В даному випадку створюється така структура, в якій радіонавігаційні точки випромінюють радіонавігаційну інформацію незначний час, що необхідний, наприклад, для вирішення приймачами користувачів 1...2 циклів задачі навігації. Потім ці точки відключаються, а в роботу включаються інші. Це зменшує час випромінювання радіосигналу, що, відповідно, зменшує вплив на ПС РНС зовнішніх факторів (наприклад, подавлення засобами РЕБ чи фізичне знищення або виведення з ладу засобами високоточної зброї противника).

### Список літератури

1. Концепція створення системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України. – К.: НКАУ, 2005.
2. Концепція створення державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження). Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 липня 2003 р. № 410-р.
3. Концепція створення системи навігаційного забезпечення Збройних Сил України. – К.: ВТУ ГШ, 2003. – 8 с.
4. Застосування космічних систем для забезпечення дій збройних сил / за ред. В.І. Ткаченка. – Х.: ХВУ, 2001.
5. Кравченко Ю.В. Теория синтеза псевдоспутниковых радионавигационных систем / Ю.В. Кравченко. – К.: НАОУ, 2007. – 210 с.
6. Кравченко Ю.В. Оцінка точнісних характеристик псевдосупутникової радіонавігаційної системи / Ю.В. Кравченко, В.А. Савченко // Зб. наук. ін. ННДЦ ВІД та ВБУ. – К.: ННДЦ ВІД та ВБУ, 2003. – № 18. – С. 103-110.
7. Локальна радіонавігаційна система: Пат. 68960 А. Україна. МКВ G 01 S 5/02 / С.П. Мосов, О.А. Машков, Ю.В. Кравченко, В.А. Савченко. – № 20031110538; заявл. 21.11.2003; опубл. 16.08.2004, Бюл. № 8. – 4 с.
8. Машков О.А. Синтез високоточної радіонавігаційної системи на основі методу аналізу ієрархій показників якості / О.А. Машков, Ю.В. Кравченко, В.А. Савченко // Зб. наук. праць інст. проблем моделювання в енергетиці. – К.: ПІМЕ, 2003. – №23. – С. 57-62.
9. Кравченко Ю.В., Савченко В.А. Вибір методу оптимізації при синтезі великих технічних систем // Матеріали наук.-техн. конф. "Проблеми розробки і удосконалення засобів телекомунікацій та систем управління в Збройних Силах України" 28-29.11.2002. – К.: ВІТІ НТУУ "КПІ", 2002. – 114 с.

Надійшла до редколегії 21.04.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, ст. наук. співр. Г.В. Худов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### КОНЦЕПЦИЯ СИНТЕЗА ЛОКАЛЬНОЙ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Ю.В. Кравченко, А.В. Лавринчук, Р.Н. Залужный

*Проведен анализ применения современных технологий для создания локального радионавигационного поля с целью навигационного обеспечения вооруженных сил и особенностей его формирования в условиях активного воздействия противника.*

**Ключевые слова:** навигационное обеспечение, спутниковая радионавигационная система, псевдоспутник, наземное функциональное дополнение.

### CONCEPTION OF THE LOCAL MULTIPOSITION RADIONAVIGATION SYSTEM SYNTHESIS

J.V. Kravchenko, O.V. Lavrinchuk, R.M. Zaluzhny

*The analysis of application of modern technologies for creation of the local radionavigation field with the purpose of the navigation support of armed forces and features of its forming in conditions of enemy active counteraction.*

**Keywords:** navigation providing, satellite radio navigational system, pseudo space satellite, surface functional addition.

