

УДК 629.78.014.3

Д.А. Іщенко, к.т.н., доц.
Житомирський військовий інститут радіоелектроніки ім. С.П. Корольова
О.А. Машков, д.т.н., проф.
Вища атестаційна комісія України
О.В. Омельчук, інж.
Національний центр управління і випробувань космічних засобів
Д.В. Пекаревіч, к.т.н.
Житомирський військовий інститут радіоелектроніки ім. С.П. Корольова

ПРОГНОСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ ВИКОРИСТАННЯ КОСМІЧНИХ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ ГЛОБАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ В ІНТЕРЕСАХ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

Проведено аналіз тенденцій використання космічних систем дистанційного зондування Землі, їх сучасного стану та перспектив розвитку. Обґрунтована та надана структура космічної системи інформаційного забезпечення національної безпеки.

Сучасний світ характеризується деякими проблемами глобального характеру, що створюють загрозу існуванню людства на Землі. Основними з них є: можливість розв'язання ядерної війни та можливість виникнення глобальної екологічної катастрофи. Запобігання глобальним небезпекам можна здійснити лише при своєчасній наявності необхідної інформації. Такою є інформація про спостереження об'єктів (території) Землі, що повинна використовуватися для глобального моніторингу в інтересах національної безпеки. Її цінність нерозривно пов'язана зі старінням. Максимум цінності інформації можна визначити через збиток, що несе її споживач, якщо ця інформація взагалі не буде оброблена і використана, чи обробка буде проведена зі значною (недопустимою) затримкою у часі. Для досягнення раціональної організації обробки і використання інформації перш за все необхідно забезпечити оперативність її отримання. Оперативності, що дозволить запобігти зазначеним вище глобальним проблемам, можна досягти лише при умові використання космічних засобів та технологій [1].

Перш за все, до таких засобів можна віднести космічні системи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Всі космічні держави приділяють велику увагу їх розвитку. Україна, яка весь час брала безпосередню участь у космічних проектах, не є винятком; за останнє десятиріччя її космічний потенціал навіть зріс [2]. У Загальнодержавній (Національній) космічній програмі України (З(Н)КПУ) на період 2003–2007 рр. [3] визначаються основні цілі, завдання, пріоритети й шляхи здійснення космічної діяльності в країні на зазначений період. Одне з основних завдань З(Н)КПУ – подальший розвиток державної системи спостереження Землі з космосу в інтересах національної безпеки [2], [3]. Прагнення України створювати та застосовувати власні космічні системи (КС) ДЗЗ обумовлює необхідність проведення аналізу світового досвіду щодо таких систем та перспектив їх розвитку.

Мета статті: здійснити прогностичний аналіз тенденцій та особливостей використання, сучасного стану та перспектив розвитку КС ДЗЗ для визначення найбільш ефективних шляхів отримання інформації ДЗЗ та здійснення глобального моніторингу в інтересах національної безпеки держави.

Отримання даних про Землю та розташовані на її поверхні об'єкти на основі аналізу електромагнітних хвиль, що випромінюються, відбиваються, поглинаються чи розсіюються ними, називається дистанційним зондуванням Землі. Космічні системи ДЗЗ призначені для забезпечення галузей соціально-економічної сфери і органів державного управління даними спостереження про природні та техногенні об'єкти, явища й події. Розвиток космічної техніки та інформаційних технологій створив науково-технічні можливості видового космічного зондування Землі з високою розрізняювальною здатністю [4–7]. Досвід застосування космічних систем спостереження показує великі потенційні можливості використання результатів ДЗЗ при вирішенні широкого кола задач практично у всіх галузях економіки та соціальної сфери.

Зараз на навколосезонних орбітах знаходяться декілька десятків КА ДЗЗ з різними характеристиками бортової апаратури (розрізненість на місцевості до 0,1 м). До КА, що також можуть використовуватися для вирішення завдань ДЗЗ, можна віднести метеорологічні КА

(станом на березень 2004 року на орбітах знаходяться 22 метеорологічних КА та 10 індійських КА зв'язку та метеозабезпечення). Найкраща розрізненість на місцевості цих КА близько кілометра. Такий розбіг в розрізненості дає можливість здійснювати саме глобальний моніторинг. У цьому випадку інформація за визначеними об'єктами (територіями) є одночасно загальною та детальною, що дозволяє здійснювати комплексну оцінку ситуації навколо визначеного об'єкта (території).

Інформація ДЗЗ використовується в картографії, геологорозвідці, при вивченні Світового океану, контролі екології, техногенних та природних катаклізмів, контролі за озброєнням та виконанням міжнародних угод. Добування інформації методами космічного ДЗЗ забезпечує глобальність, комплексність й оперативність контролю території у будь-якому районі Землі та навколосезонного простору без порушення державних кордонів.

Аналіз інформації [2], [7] про космічні апарати (КА) видового ДЗЗ показує, що вони мають такі узагальнені характеристики:

орбіти польоту космічних апаратів видового ДЗЗ близькі до кругових, полярних, сонячно-синхронних з висотою 450–1300 км й періодом обертання навколо Землі 90–105 хвилин та циклом повторення траси 7–21 діб;

сучасні космічні видові засоби ДЗЗ спроможні виділити об'єкти на Землі з розрізнявальною здатністю до 0,1 метра й розміром поверхні Землі в одному кадрі зображення $(7-10) \times (10-40)$ км;

продуктивність бортових телескопів КА досягає 800 Мбіт/с, об'єм інформації одного кадру зйомки – до 1–2 Гбіт, а бортового запам'ятовуючого пристрою – 40–500 Гбіт.

Вказані обставини накладають певні обмеження на послідовність й зміст операцій з добування інформації ДЗЗ та області її використання. З метою максимального використання інформаційних ресурсів КС ДЗЗ потрібно проводити дистанційне зондування весь час, поки функціонують програмно-технічні засоби системи.

В наш час методами ДЗЗ з космосу успішно виконуються різні тематичні завдання для інформаційного забезпечення питань національної безпеки й оборони, народногосподарських та наукових проблем. Проведений аналіз [2], [4] показує, що кожна галузь завдань реалізується в певній області координат “спектральний діапазон (довжина хвиль) – просторове розрізнення на місцевості” (рис. 1).

Аналіз діаграм показує, що ряд областей реалізації різних завдань ДЗЗ суттєво перекриваються. Це означає, що завдання, області яких перекриваються, можуть виконуватись однією і тією ж бортовою апаратурою КА ДЗЗ. Так, наприклад, область завдання 3 (рис. 1) повністю потрапляє в область завдання 5, тобто завдання 3 може бути виконано засобами, що призначені для виконання завдання 5. Засоби космічного спостереження в інтересах оборони (область 8) можуть практично повністю вирішувати завдання 1, 4, 6 та 7. І навпаки – засоби виконання завдань 1, 4 та 7 можуть бути використані для вирішення завдання 8.

В літературі [2], [6] досить детально представлений аналіз напрямків удосконалення космічних систем ДЗЗ з метою покращення їх характеристик (просторової роздільної здатності, швидкості передачі інформації з борту на Землю, радіометричної якості тощо). Крім того, з аналізу літератури випливає такий висновок: оптико-електронні системи, що встановлюються на супутникових платформах, мають, як правило, декілька робочих спектральних каналів. До 2000 року кількість робочих оптико-електронних каналів обмежувалася одиницями. Деякі сучасні супутники мають оптико-електронну апаратуру з десятками і навіть сотнями робочих спектральних каналів. Смуга частот, що відводиться на кожний такий канал, є дуже вузькою, а загальна смуга спектральної чутливості системи може охоплювати декілька інтервалів – від ультрафіолетового до далекого інфрачервоного. При цьому виникає проблема забезпечення високої просторової роздільної здатності та високої радіометричної якості. Аналіз показує, що існує протиріччя між просторовою роздільною здатністю та оперативністю отримання інформації про стан об'єкта, що спостерігається.

Досвід інтерпретації знімків свідчить, що зображення, отримані у “вузьких” спектральних смугах частот (“вікнах”), несуть додаткову унікальну інформацію про властивості об'єктів зондування.

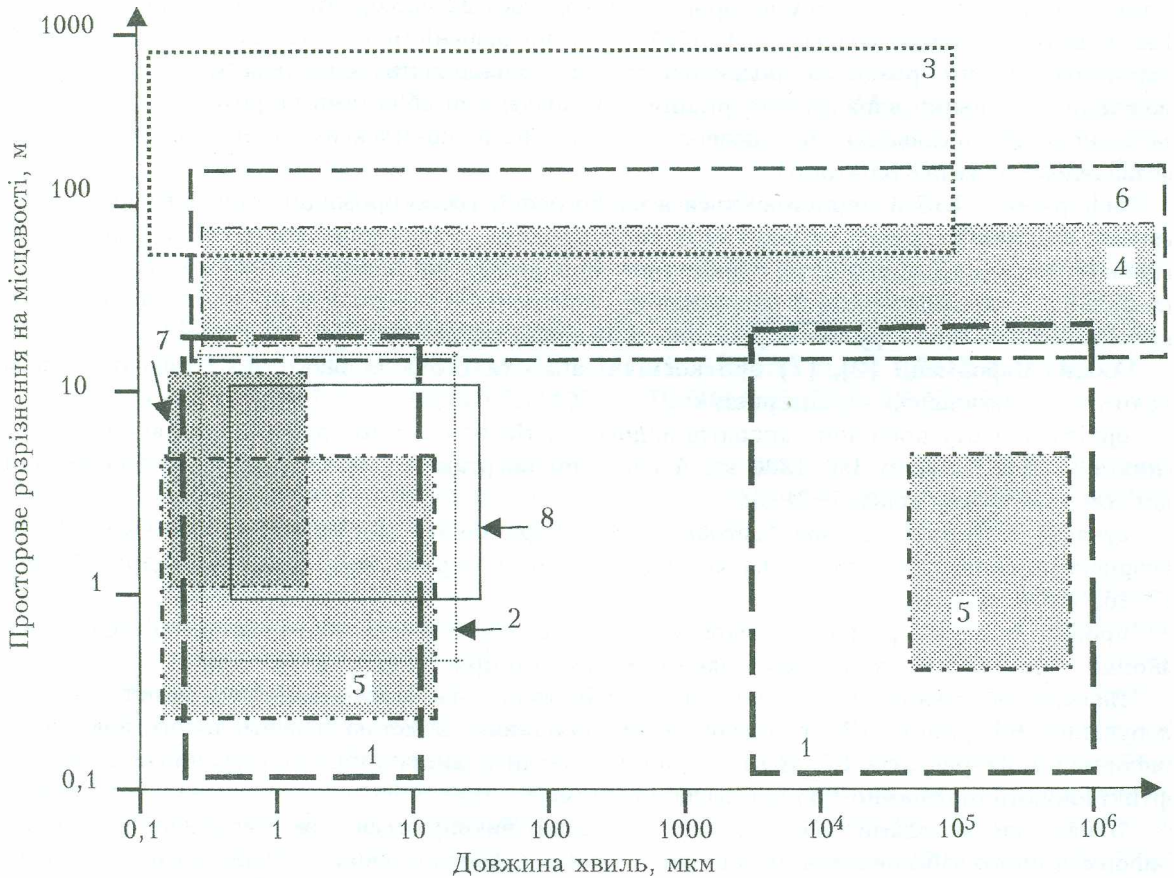


Рис. 1. Схема розподілу тематичних завдань ДЗЗ:

- 1 – космічне спостереження в інтересах оборони; 2 – інвентаризація сільськогосподарських угідь; 3 – контроль глобальних атмосферних змін; 4 – пошук корисних копалин; 5 – топографічне картування; 6 – спостереження водних поверхонь та їх ресурсів; 7 – контроль за станом лісів; 8 – моніторинг надзвичайних ситуацій

Зараз світовий ринок інформації ДЗЗ має такі характерні тенденції розвитку [2], [6]:

1. Створюються інформаційні системи національного та міжнародного рівнів, що займаються використанням продукції ДЗЗ, яка володіє усіма властивостями ринкового товару.

2. Увійшли у практику оператори супутникових систем, що відповідають не тільки за отримання інформації, а й за розповсюдження її серед споживачів ринку ДЗЗ. Для управління КА ДЗЗ оператори як абоненти користуються засобами державного Центру управління польотами.

3. Створюються регіональні центри з тематичної обробки інформації ДЗЗ, причому кожен за своєю спеціалізацією, що відповідає місцевим умовам.

4. Створюються окремі центри активної архівації, які не тільки накопичують інформацію, але і займаються її розповсюдженням. Це призводить до спрощення доступу до них споживачів.

5. Формується широка мережа фірм та організацій, що максимально наближені до споживача. Їх задачею є обробка та доведення інформації ДЗЗ до користувача.

Різні країни світу, за умовами їх промислового потенціалу, фінансово-економічних можливостей, військово-політичної орієнтації тощо, вживають різні підходи щодо отримання космічної інформації, які поділяються на два основні напрямки:

створення та експлуатація власних чи спільних з країнами-партнерами КС;

купівля (замовлення) необхідної космічної інформації певного рівня обробки на міжнародному ринку.

Україна, в певній мірі, здатна отримувати космічну інформацію для виконання

народногосподарських завдань, але в питаннях отримання космічної інформації для інтересів оборони на теперішній час повністю залежна від інших держав, які володіють засобами добування такої інформації й обмежують її розповсюдження. Не виключено, що така політика має за мету ставити в залежність від себе інші країни, а на випадок загострення міжнародної обстановки чи збройного конфлікту – позбавити відкритої інформації ДЗЗ, закривши канали передачі з борту КА.

Взагалі структура КС інформаційного забезпечення національної безпеки має вигляд, наданий на рисунку 2.

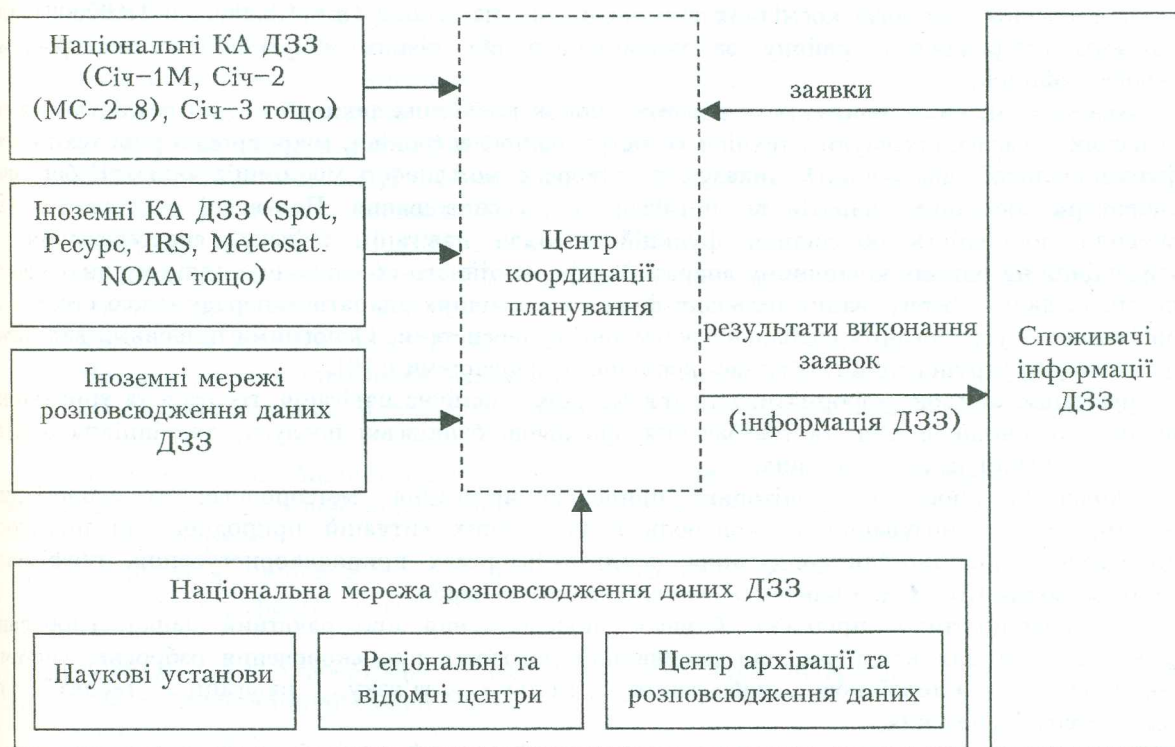


Рис. 2. Структура КС інформаційного забезпечення національної безпеки

В центрі координації планування вказаних інформаційних систем збираються та узагальнюються заявки споживачів; планується застосування національних КА та використання їх інформаційного ресурсу; координується діяльність взаємодіючих структур, що здійснюють управління КА, отримання та обробку інформації; добувається інформація з відкритих каналів іноземних КА і мереж розповсюдження даних ДЗЗ; узагальнюється, обробляється та приводиться до необхідного вигляду інформація ДЗЗ; формується та надається споживачам інформація ДЗЗ в замовленому вигляді тощо.

Взагалі розвиток КС ДЗЗ на підставі аналізу науково-технічної інформації з питань спостереження Землі із космосу можна поділити за такими напрямками:

1. Забезпечення інформацією космічного спостереження обумовлена, з одного боку, намаганням окремих країн з розвинутою космічною інфраструктурою мати і підтримувати космічний потенціал на такому рівні, який дозволяє уникати звернення за допомогою до інших країн у виконанні завдань національної безпеки і оборони [8]; а з іншого, – розвитком міжнародної кооперації з питань розробки, запуску та експлуатації спільних КС та прийняття й обробки космічної інформації ДЗЗ.

2. Розробка КС з кращими характеристиками, а саме:

створення угруповань КА подвійного призначення із тривалим життєвим циклом з перспективою збільшення їх чисельності з метою підвищення оперативності (періодичності) спостереження та надійності функціонування КС;

зменшення маса-габаритних характеристик КА при залишенні чи збільшенні кількості завдань, що вирішуються КА з заданою (необхідною) якістю. Це дозволяє здійснювати запуск більшої кількості КА одним ракетоносієм.

3. Вдосконалення бортової апаратури КА ДЗЗ, а саме створення бортових сенсорів, що характеризуються підвищеним просторовим розрізненням, високою радіометричною якістю зображень і наявністю значної кількості спектральних каналів.

4. Вдосконалення процесу обробки зображень, які отримуються космічними засобами ДЗЗ за напрямками:

максимального врахування вимог потенційних користувачів (багаторівневе оброблення зображень, уніфікація цифрового подання зображень);

формування ланцюгів космічних знімків різних масштабів (від 1:25000 до 1:100000) для кожного географічного району за інформацією від різних супутників та матеріалами аерофотозйомок.

Аналіз подальшої перспективи розвитку нових космічних технологій, що реалізуються на сучасних досягненнях науки і техніки (в галузі радіоелектроніки, мікропроцесорної техніки та функціональної електроніки), показує, що створено можливості мікромініатюризації бортової апаратури космічних апаратів та мінімізації енергоспоживання. Проведені дослідження [9] виявили доцільність об'єднання функцій і задач навігації, зв'язку, спостереження та управління на одному космічному апараті й інформаційного об'єднання в єдиному цифровому потоці їх даних. Інтегрування цільових функцій космічних апаратів є передумовою створення орбітального угруповання глобальної космічної суперсистеми. Основними цільовими задачами орбітального угруповання глобальної космічної суперсистеми є [9]:

навігація, зв'язок, інформатика та телебачення: космічна навігація, геодезія та управління рухом, космічний зв'язок та телебачення, фінансові банківські послуги, дистанційна освіта, телеконференції та телемедицина;

екологічні проблеми, моніторинг природокористування: метеорологія та екологічний моніторинг, прогнозування та контроль надзвичайних ситуацій природного та штучного походження, дистанційне зондування Землі в інтересах природокористування, геофізичні системи, зонди Сонця для вивчення сонячно-земних зв'язків;

військово-політичні проблеми безпеки: попередження про ракетний напад, глобальне спостереження для контролю над виконанням договорів про скорочення озброєнь, системи боротьби з астероїдною небезпекою, системи зв'язку, навігації, геодезії та гідрометеозабезпечення;

отримання нових даних про космос та Землю: пілотовані космічні засоби як важлива ланка у наукових та прикладних дослідженнях та експериментах, автоматичні міжпланетні станції та обсерваторії, засоби виведення (ракетноносії багаторазового застосування, авіаційно-космічні системи тощо), космодроми (сухопутні та морські), науково-експериментальна промислова база.

Висновки.

1. Використання космічних засобів та технологій ДЗЗ для здійснення глобального моніторингу дає змогу із зазначеною оперативністю отримати інформацію, наявність якої сприятиме запобіганню глобальним проблемам людства.

2. Сучасний стан, можливості та завдання, які вирішуються системами ДЗЗ провідних країн світу, дозволяють сьогодні здійснювати цілком законний за міжнародними нормами фактичний контроль за діяльністю окремих регіонів та держав, визначаючи заздалегідь напрями їх загального розвитку.

3. Однією з основних закономірностей розвитку космічних систем ДЗЗ є міжнародна кооперація країн, що об'єднують свої науково-технічні та фінансово-економічні можливості й утворюють консорціум, який займається питаннями запуску та експлуатації космічних систем, а також прийняття та обробки інформації ДЗЗ.

4. Розвиток радіоелектроніки та функціональної електроніки створив умови мікромініатюризації апаратури бортових комплексів КА та зниження їх енергоспоживання, що дає можливість інтегрування різних функцій в КА, яка є перспективним напрямком розвитку глобальних космічних суперсистем для вирішення проблем воєнної й екологічної безпеки, навігації та зв'язку.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Мещеряков И.В.* В мире космонавтики. – Нижний Новгород: «Русский купец», 1996. – 360 с.
2. *Попов М.О.* Шляхи отримання космічної інформації в інтересах національної безпеки та оборони // Наука і оборона. – 2003. – № 2. – С. 38–50.
3. Третя Загальнодержавна (Національна) космічна програма України на 2003–2007 рр. (Закон України № 203-IV від 24.10.2002 р.).
4. Застосування космічних систем для забезпечення дій збройних сил: Навчальний посібник / М.С. Пастушенко, В.І. Присяжний, В.О. Яновський та ін. / За редакцією кандидата військових наук професора В.І. Ткаченка. – Харків: ХВУ, 2003. – 192 с.
5. *Лебедев А.А., Нестеренко О.П.* Космические системы наблюдения: синтез и моделирование. – М.: Машиностроение, 1991. – 224 с.
6. *Гарбук С.В., Гершензон В.Е.* Космические системы дистанционного зондирования Земли. – М.: Издательство А и Б, 1997. – 296 с.
7. *Варламов І.Д., Іщенко Д.А., Омельчук В.В.* Структурно-логічна послідовність операцій видового космічного дистанційного зондування Землі // Збірник наукових праць. – Житомир: ЖВІРЕ, 2001. – № 4. – С. 138–135.
8. *Кучейко А.* Новая политика США в области коммерческих средств ДЗЗ // Новости космонавтики, 2003. – № 8 (247). – Том 13. – С. 48–49.
9. *Кусков В.Д., Назаров Ю.П., Новикова Е.Л., Сенкевич В.П., Чернов В.В.* Международные многонациональные интегрированные космические системы XXI века // Фундаментальные и прикладные проблемы космонавтики. – 2001. – № 1. – С. 41–45.

ЩЕНКО Дем'ян Андрійович – кандидат технічних наук, доцент, начальник наукового центру Житомирського військового інституту радіоелектроніки ім. С.П. Корольова.

Наукові інтереси:

- алгоритми функціонування складних інформаційних систем;
- дослідження ефективності космічних систем.

МАШКОВ Олег Альбертович – доктор технічних наук, професор, заступник начальника відділу Вищої атестаційної комісії України.

Наукові інтереси:

- дослідження складних інформаційних систем.

ОМЕЛЬЧУК Олександр Валентинович – інженер Національного центру управління і випробувань космічних засобів.

Наукові інтереси:

- дослідження космічних систем дистанційного зондування Землі.

ПЕКАРСЬВ Дмитро Володимирович – кандидат технічних наук, начальник відділу наукового центру Житомирського військового інституту радіоелектроніки ім. С.П. Корольова.

Наукові інтереси:

- алгоритми функціонування складних інформаційних систем;
- оптимізація застосування космічних систем.

Подано 23.06.2004