

кокваліфіковані науковці та фахівці різних спеціальностей; координує роботу протягом десятиріччя з притаманним йому творчим запалом науковий співробітник Центру О. М. Терemenко.

Наступним доробком плідної співпраці стане атлас «Київ з космосу», на який чекають спеціалісти міського господарства, студенти та школярі.

Авіаційний комплекс АКДЗ-30 дистанційного зондування природного середовища

В. М. Цимбал¹, В. І. Лялько², О. С. Курекін¹, О. С. Гавриленко¹

¹Центр радіофізичного зондування Землі ім. А. І. Калмикова НАН та НКА України, Харків

²Центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, Київ

В роботі аналізуються особливості побудови та інформаційні можливості авіаційного комплексу дистанційного зондування природного середовища АКДЗ-30, який створено спільними зусиллями фахівців ЦРЗЗ ім. А. І. Калмикова та ЦАКДЗ. Комплекс складається з узгоджених за своїми характеристиками недорогих систем — двочастотної радіолокаційної (РБО 8-мм діапазону та РСА 23-см діапазону) системи, сканера інфрачервоного діапазону, багатоканального відеоспектрометра, цифрової відеокамери, засобів глобального позиціонування, бортової та наземної обробки та інтерпретації даних. Комплекс розміщено на борту літака АН-30 МНС України та призначено для вирішення широкого кола практичних та наукових завдань, і перш за все прогнозування, попередження та моніторингу наслідків природних і антропогенних критичних ситуацій та катастроф, контролю стану природного середовища, пошуку проявів корисних копалин тощо.

На поточний час в світі створена значна кількість високотехнологічних та досить ефективних радіолокаційних, інфрачервоних та оптичних систем дистанційного зондування Землі як з космічних, так і з авіаційних носіїв. Такі системи добре відомі. При цьому космічні та авіаційні системи не конкурують між собою, а в значній мірі доповнюють одна одну. Так, космічні засоби дистанційного зондування мають корисну спроможність глобального спостереження — вони дозволяють миттєво оглянути великі важкодоступні та віддалені території, що дозволяє отримувати «миттєві відбитки» різноманітних глобальних явищ на океанській поверхні, в атмосфері та на суходолі.

В той же час авіаційні системи дозволяють організувати на обмежених територіях багаторазові та регулярні спостереження, що особливо необхідно

при контролі швидкоплинних процесів природних та техногенних катастроф (при розлитті нафтопродуктів на морській поверхні, повенях, лісових пожежах і т. ін.). Крім цього, зондування з літака дозволяє оперативнo оптимізувати умови зйомки по висоті, напрямку, кутах освітлення тощо.

Незважаючи на абсолютно очевидні переваги новітніх засобів авіаційного дистанційного зондування, наприклад радіолокаційних, їх використання до сих пір обмежено в основному рамками дослідних проєктів, що не дозволяє в повній мірі реалізувати на практиці їхні потенційні корисні можливості. Це викликано рядом причин, серед яких як нерозуміння більшістю практичних споживачів реальних можливостей цих засобів, так і до значної міри висока вартість отримуваних даних. Наприклад, висока вартість даних більшості сучасних авіаційних радіолокаційних систем дистанційного зондування обумовлюється як високою вартістю виготовлення цих технічно складних засобів, так і значними витратами на експлуатацію авіаційних носіїв. Таким чином, нам здається неможливим суттєве розширення використання даних радіолокаційного дистанційного зондування і, відповідно, досягнення високої економічної ефективності авіаційних систем, без значного зменшення цих витрат.

Для забезпечення привабливої для практичних споживачів вартості даних дистанційного зондування дуже важливо використовувати мінімально достатні за своїм складом недорогі комплекси апаратних засобів зондування, строго узгоджені за своїми можливостями з завданнями, що вирішуються. Ці засоби повинні мати можливість успішно функціонувати при розміщенні на невеликих літаках, витрати на експлуатацію яких значно менші, ніж у більших літаків.

Фахівці ЦРЗЗ ім. А. І. Калмикова у співдружності з фахівцями ЦАКДЗ створили авіаційний багатопрофільний комплекс дистанційного зондування АКДЗ-30, який побудован за таким мінімально достатнім принципом та забезпечує невисоку вартість отримуваних даних.

ОСОБЛИВОСТІ КОМПЛЕКСУ АКДЗ-30

До складу апаратних засобів авіаційного комплексу дистанційного зондування природного середовища входять: двочастотна радіолокаційна система, що складається з радіолокатора бокового огляду з реальною апертурою антени РБО 8-мм діапазону та радіолокатора бокового огляду 23-см діапазону з синтезуванням апертури антени РСА, скануючий радіометр інфрачервоного діапазону, трасовий багатоканальний спектрометр оптичного діапазону, аерофотокамери та відеокамера, система бортової обробки, накопичування, інтерпретації та відображення інформації, а також навігаційний приймач системи GPS. Комплекс АКДЗ-30 орієнтовано на вирішення широкого кола наукових і практичних завдань, перш за все на оперативне виявлення провісників та моніторинг проявів різноманітних природних і техногенних катастроф, критичних ситуацій (таких як водопілля, розлиття на водній поверхні нафтопродуктів, льодові затори, великомасштабні пожежи і т. ін.), а також пошук проявів корисних копалин, виявлення суден-порушників кордонів морських економічних і промислових зон, та ін. Комплекс розміщено на борту літака української розробки АН-30, який має відносно невеликі експлуатаційні витрати і при цьому добрі льотні характеристики.

СИСТЕМИ КОМПЛЕКСУ АКДЗ-30

Основні параметри систем дистанційного зондування комплексу АКДЗ-30 наведені в табл. 1—3.

Основною особливістю радіолокаційної системи комплексу АКДЗ-30 є синхронне використання радіолокатора бокового огляду з реальною апертурою антени РБО 8-мм діапазону та радіолокатора з синтезуванням апертури антени РСА 23-см діапазону, які мають досить близькі за потенціалом та просторовим розрізненням характеристики, що значно розширює інформаційні можливості всієї системи. При цьому РБО 8-мм діапазону використовує тільки вертикальну поляризацію сигналів, а РСА 23-см діапазону може використовувати будь-які комбінації поляризацій.

Інформація обох радіолокаторів обробляється безпосередньо на борту літака в реальному часі, на

Таблиця 1. Основні параметри радіолокаційної системи авіаційного комплексу дистанційного зондування АКДЗ-30

Параметр	$\lambda = 8$ мм	$\lambda = 23$ см
Тип радіолокатора	РБО	РСА
Поляризація сигналів	ВВ	ВВ, ГГ, ВГ, ГВ
Потужність імпульсу, що передається	16 кВт	0.5 кВт
Тривалість імпульсу, що передається	43 нс	10 мкс
Діапазон робочих висот	500—7000 м	
Робоча смуга огляду	15 км	
Середнє просторове розрізнення	7—10 м	
Гранична ЕПР, що виявляється	0.03 м ²	0.025 м ²
Обробка інформації	цифрова на борту	
Відображення інформації	на моніторі IBM PC	
Загальна маса	85 кг	70 кг
Загальна потужність	1 кВт	1 кВт
Обслуговуючий персонал	1 оператор	1 оператор

Таблиця 2. Основні характеристики аерофотоапаратів, що використовуються в складі комплексу дистанційного зондування АКДЗ-30

Параметри	АФА-41/7.5	АФА-41/10	АФА-41/20
Тип об'єктива	Ортогон-1	МРО-2	Оріон-20
Фокусна відстань	75 мм	100 мм	200 мм
Відносний отвір	1:6.8	1:8	1:6.3—1:22
Кут поля зору	119°	104°	65°
Ширина захвату ($H = 6000$ м)	14.4 км	10.8 км	5.4 км
Протяжність маршруту (перекривання 60 %, $H = 6000$ м)	1612 км	1210 км	605 км

Таблиця 3. Основні характеристики сканеру інфрачервоного діапазону «Малахіт-1»

Тангенціальна швидкість W/H , с ⁻¹	0.05—0.36
Огляд на місцевості	3.4H
Миттєве поле зору, рад	$1.75 \cdot 10^{-3}$
Спектральний діапазон, мкм	8—14
Енергетичне розрізнення на рівні 20 °С, при відношенні сигналу до шуму, рівному 1 °С	0.1—0.15
Швидкість обертання скануючої призми, об/хв	2250
Частота строк, Гц	150
Полоса пропускання електронного тракту	1 Гц—150.0 кГц
Фотоплівка	Тип 42Л
Швидкість протягу плівки, мм/с	0.8—7.2

борту проводиться накопичення, візуалізація отриманих зображень, а також проводиться перезапис інформації на додатковий бортовий комп'ютер для оперативної інтерпретації даних, що особливо важливо для моніторингу швидкоплинних катастро-

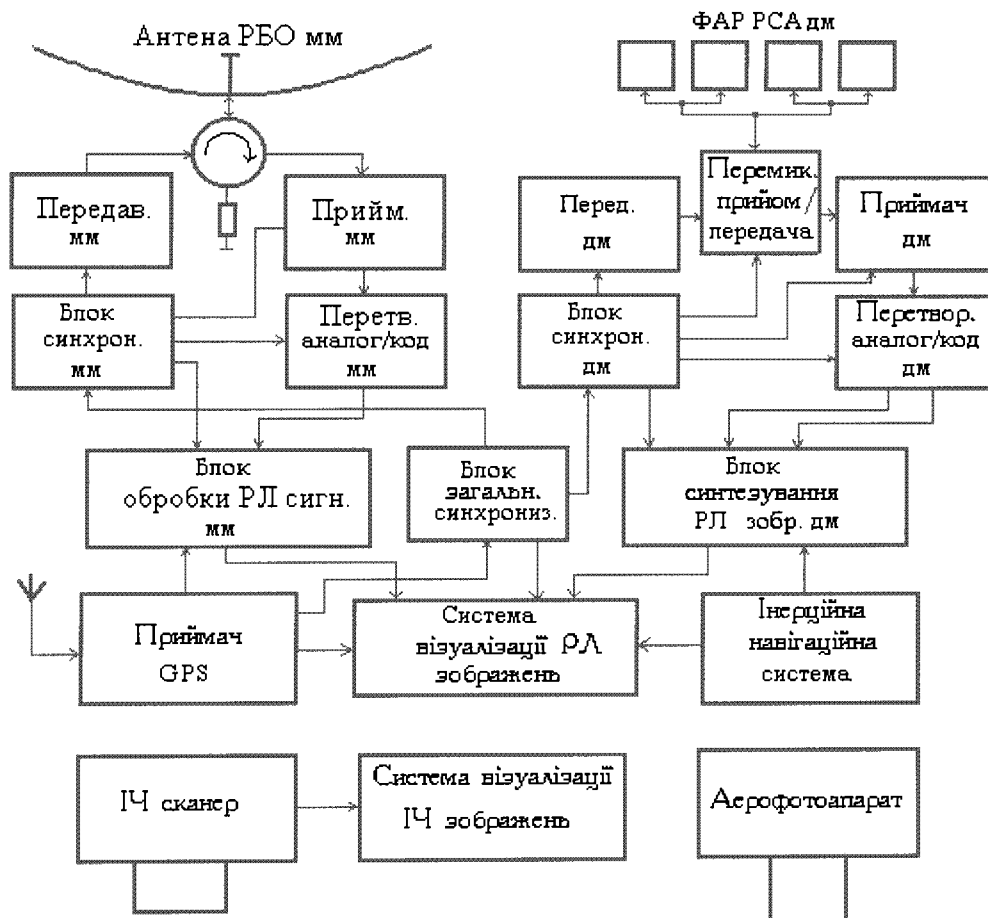


Рис. 1. Структурна схема систем дистанційного зондування комплексу АКДЗ-30

фічних процесів. На рис. 1 наведено структурну схему систем дистанційного зондування комплексу АКДЗ-30.

Інформаційні можливості комплексу дистанційного зондування АКДЗ-30. На поточний момент фахівці ЦРЗЗ ім. А. І. Калмикова та ЦАКДЗ завершили створення та випробування першої черги комплексу АКДЗ-30, до складу якої входить РБО 8-мм діапазону, ІЧ-сканер «Малахіт-1», аерофотоапарати, відеоспектрометр та відеокамера. Найближчим часом буде завершено створення РСА 23-см діапазону, після чого комплекс буде ним додатково обладнаний. Крім цього, можливе додаткове обладнання комплексу РСА 215-см діапазону замість РСА 23-см діапазону. Цей варіант обладнання орієнтований в першу чергу на використання в країнах з сухим ґрунтом, де у повній мірі можна використати ефект підповерхневого зондування ультракороткохвильовим радаром [1].

Було проведено кілька комплексних випробувань комплексу АКДЗ-30 в літніх та зимових умовах. На рис. 2 наведено фотографії АКДЗ-30, а на рис. 3

— приклад комбінованого радіолокаційно-інфрачервоно-відео-зображення місцевості в районі с. Добре Озеро (Ніжинського району, Чернігівської області), отримане влітку 2001 р. за допомогою комплексу АКДЗ-30.

ПІСЛЯМОВА

Вже перші випробування першої черги авіаційного комплексу дистанційного зондування природного середовища АКДЗ-30 переконливо довели його великі інформаційні можливості та перспективність його використання для попередження природних та антропогенних катастроф, екологічного моніторингу тощо. Україна отримала ефективний універсальний інструмент дистанційного зондування.

1. Kalmykov A., Tsybal V., et al. The Two-Frequency Multi-polarisation L/VHF Airborne SAR for Subsurface Sensing // AEU Int. Electron. Commun. 50.—1996.—N 2.—P. 145—149.

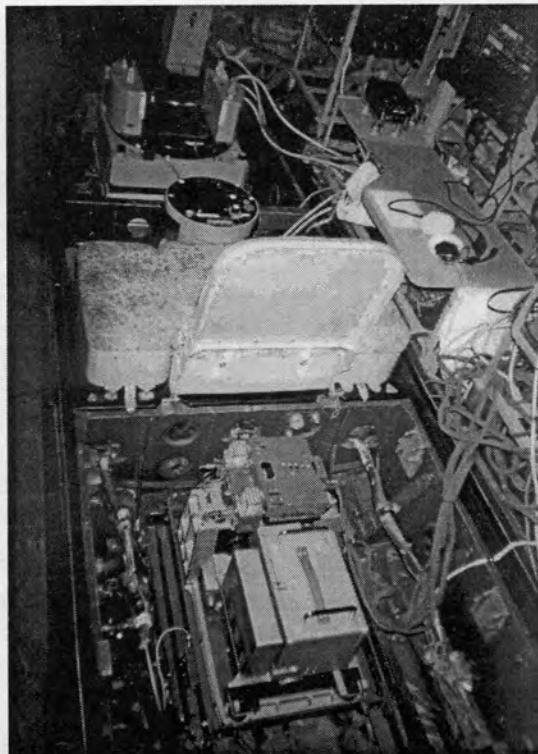


Рис. 2. Зовнішній вигляд літака АН-30 з установленим на ньому комплексом АКДЗ-30 (а); внутрішній вигляд салону з робочими місцями операторів (б); ПЧ-сканер «Малахіт-1» та аерофотоапарат, змонтовані в фотолюках літака (в); приймально-передавальний блок РБО (г)



Рис. 3. Комбіноване зображення (складене з радіолокаційного, інфрачервоного та відеозображень) місцевості біля с. Добре Озеро (Ніжинський район, Чернігівська обл.), отримане за допомогою комплексу АКДЗ-30 влітку 2001 р. На радіолокаційному зображенні добре видно прояви на поверхні ґрунту підповерхневої води (маленькі стрілки), а також рослинність (навіть відрізняється стерня з різним рівнем скошування). В місці, поміченому на ІЧ-зображенні довгою стрілкою, спостерігається небезпечне підтоплення ґрунту, яке простягається під залізничну колію