

# ЦИФРОВЫЕ АЭРОСЪЕМОЧНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

## Г.А. Аванесов (ИКИ РАН)

В 1964 г. окончил факультет автоматики и телемеханики Московского электротехнического института связи по специальности «радиоинженер». С 1959 г. по 1969 г. работал в Московском электротехническом институте связи. С 1969 г. работает в Институте космических исследований РАН (ИКИ РАН), в настоящее время — главный научный сотрудник.

## Ю.П. Киенко (Госцентр «Природа»)

В 1957 г. окончил аэрофотогеодезический факультет МИИГАиК по специальности «аэрофотогеодезист». С 1973 г. по настоящее время — генеральный директор Госцентра «Природа».

В последнее десятилетие в связи со стремительным развитием вычислительной техники и средств приема изображений на основе приборов с зарядовой связью (ПЗС) стал возможен переход от методов аэрофотосъемки к методам цифровой съемки. Уже в начале 1990-х гг. большая часть работ по обработке материалов аэрофотосъемки была компьютеризирована. Для этого материалы съемки — фотонегативы — оцифровывались с помощью сканеров. Такая технология и сегодня остается наиболее распространенной. Вместе с тем, очевидно, что последовательное использование фотографической и оптико-электронной

систем ведет к потере качества. В середине 1990-х гг. за рубежом появились опытные образцы цифровых аэросъемочных комплексов, данные с которых наглядно показали, что цифровая съемка с помощью камер на основе ПЗС-структур значительно эффективнее фотографической. Эти приборы обладают уникальными технологическими возможностями и позволяют получать данные с лучшим качеством. Однако внедрение цифровых методов съемки потребовало решения широкого круга сопутствующих задач. Так, например, достаточно принципиальным оказался выбор типа камеры: на основе ПЗС-матриц или ПЗС-линеек. Камеры на ос-

нове ПЗС-матриц позволяют сохранить центральную проекцию результирующего снимка, как и в фотографической аппаратуре, но крупноформатные матрицы, обеспечивающие высокую разрешающую способность и большой захват на местности, до сих пор отсутствуют на рынке, либо имеют высокую стоимость. Камеры на основе ПЗС-линеек позволяют достичь высокого разрешения и большого захвата, но проекция результирующего изображения отличается от привычного представления данных аэросъемки. Кроме того, для обеспечения высокой геометрической точности снимков, полученных методом сканирования, необходимы средства

### Уникальные технологические возможности метода цифровой съемки:

- непосредственная регистрация данных исключает процессы химической обработки и последующей оцифровки фотоматериалов;
- большой объем бортового ЗУ позволяет сохранить данные, полученные в течение нескольких съемочных дней;
- компьютерный интерфейс оператора позволяет интерактивно управлять процессом съемки в реальном времени. Оператор имеет возможность контролировать отснятый материал и проводить предварительную обработку данных прямо на борту самолета;
- широкий диапазон настроек режимов работы цифровых камер позволяет управлять потоком информации, оптимально используя ресурсы системы регистрации;
- наличие новейших высокоскоростных интерфейсов позволяет легко переносить цифровые данные на рабочие места для последующей обработки и хранения;
- одновременная регистрация многозональных изображений с использованием общей оптической системы позволяет автоматически совмещать изображения различных каналов, в отличие от обработки традиционных аналоговых аэрофотоматериалов при съемке несколькими камерами.

**Новое качество и основные преимущества метода цифровой съемки:**

- одновременная панхроматическая, многоспектральная и стерео съемка;
- высокое качество получаемых изображений за счет:
  - линейной передаточной характеристики
  - высокой фотометрической точности
  - широкого динамического диапазона
  - широкого спектрального диапазона (0,4–1,1 мкм);
- широкая полоса обзора в сочетании с пространственным разрешением, сравнимым или превышающим параметры аэрофотосъемки;
- практически полное отсутствие зашумленности изображений облегчает дешифрирование объектов и элементов ландшафта, а также позволяет расширить диапазон масштабов создаваемых картографических материалов.

точного контроля и регистрации параметров движения носителя съемочной системы — самолета или спутника.

На самом деле и тот, и другой тип камер на ПЗС-структурах имеют широкие перспективы использования в космической и авиационной технике.

При создании аэросъемоч-



**Рис. 1**  
Цифровая топографическая камера с объективом 140 мм (ЦТК-140)

ной камеры на основе ПЗС-линейке специалистами Института космических исследований РАН были изучены тенденции развития рынка цифровых аэроданных высокого разрешения, рассмотрены потенциальные потребители цифровой информации высокого разрешения. Кроме того, было проведено сравнение данных и материалов аэрофотосъемки с данными высокого разрешения со спутниковых систем различного назначения, а также с данными, получаемыми традиционными наземными методами. Проведенные исследования показали высокую экономическую эффективность использования аэросъемочных комплексов.

Также рассматривался вопрос о взаимодополняемости авиационных цифровых съемочных комплексов системами лазерного сканирования в свете их интеграции на одном летательном аппарате с одновременной параллельной регистра-

цией данных с обоих модулей.

В описываемых ниже авиационных цифровых съемочных комплексах использованы камеры на основе ПЗС-линейек в



**Рис. 2**  
Фрагмент изображения, полученного ЦТК-140 с самолета

**Экономическая эффективность аэросъемочных комплексов:**

- оперативное получение результатов аэросъемок позволяет расширить круг решаемых задач и выйти на качественно новый уровень предоставления услуг потребителям;
- повышение эффективности и снижение себестоимости съемочных работ достигается за счет:
  - исключения фотохимических процессов и использования фотоматериалов
  - расширения диапазона пригодных для проведения съемок погодных условий благодаря снижению требований к освещенности и уровню облачности
  - исключения необходимости проведения повторных съемок по причинам отбраковки материалов или ошибок летного состава
  - максимального сокращения временного интервала от момента регистрации до поступления к потребителю;
  - исключение необходимости материальных и трудовых затрат на оцифровку фотоматериалов и их последующую коррекцию;
  - оптимизация объема получаемой информации и высокие коэффициенты сжатия изначально цифровых изображений позволяют многократно повысить эффективность систем долговременного хранения данных.



**Рис. 3**  
Фрагменты изображений, полученных ЦТК-140, характеризующие динамический диапазон цифрового аэросъемочного комплекса

сочетании с гиринерциальными средствами контроля параметров полета.

Первая цифровая топографическая ПЗС-камера с фокусом объектива, равным 140 мм, (ЦТК-140) была построена на базе аэрофотоаппарата. В нем кассета с фотопленкой заменена кассетой, в которой смонтированы ПЗС-линейки и сопутствующая электроника (рис. 1). ЦТК-140 была создана совместно с Госцентром «Природа». Пробные полеты убедительно подтвердили расчетные характеристики. Образец снимка, выполненного с помощью аэросъемочного комплекса ЦТК-140 с самолета, приведен на рис. 2. Размеры журнального листа не позволяют оценить качество съемки. Можно лишь сказать, что для отображения приведенного снимка с разрешающей способностью человеческого глаза 10 линий/мм его размер по строке должен быть увеличен до 2,2 м.

В рамках создания такого самолетного комплекса была решена и задача построения высокоинформативного бортового запоминающего устройства (ЗУ), позволяющего вести запись информации в течение длительного времени. На сегодняшний день объем бортового ЗУ может достигать 3,2 Тбайт.

Этого достаточно для сохранения данных, регистрируемых при непрерывной съемке в течение более чем 36 часов.

Фрагменты изображений, полученные также ЦТК-140 и приведенные на рис. 3, иллюстрируют широкий динамический диапазон камеры. Участок снимка, находящийся в тени облака после специальной обработки фактически имеет такие же дешифровочные качества как смежная часть снимка вне зоны тени. На левой части рисунка видно, что при съемке цифровой камерой в поле зрения

попало яркое облако, тень от которого на поверхности затрудняет дешифрирование снимка. В правой части — показано, что динамический диапазон яркостей цифрового изображения позволяет выровнять гистограмму изображения и «проявить» объекты, скрытые в тени.

Изображения на рис. 4 иллюстрируют геометрическую разрешающую способность аэросъемочного комплекса ЦТК-140. Здесь один и тот же участок местности снят с небольшим интервалом времени с высоты 2800 м камерой АФА-140 (слева) и ЦТК-140 (справа). Видно, что сельскохозяйственные машины на фотоснимке угадываются с трудом, а на изображении, полученном цифровой камерой, видны четко.

На основе полученных результатов в настоящее время ведется разработка комбинированной камеры ЦМК-70, позволяющей одновременно вести топографическую и спектрозональную съемку на базе объектива с фокусным расстоянием 70 мм.

Основные характеристики цифровых аэросъемочных ком-



**Рис. 4**  
Снимок, полученный АФА-140 (слева), и изображение, зарегистрированное ЦТК-140 (справа), подтверждают значительно лучшую геометрическую разрешающую способность цифровых аэросъемочных комплексов

Основные характеристики цифровых съемочных аэрокомплексов		Таблица 1	
	ЦТК-140	ЦМК-70	
Тип носителя	самолет малой авиации		
Диапазон высот съемки	2500–7000 м	1500–7000 м	
Геометрическое разрешение	0,12–0,35 м*	0,15–0,7 м	
Тип датчика	линейки ПЗС		
Число пикселей в строке	22 000	10 200	
Размер элемента	7 мкм	7 мкм	
Спектральные каналы:			
— панхроматический	400–750 нм	—	
— RGB	—	700/540/450 нм	
— ближний ИК	—	800–1000 нм	
Выходной динамический диапазон	8 бит	10/8 бит	
Время непрерывной съемки	4–12 ч	10–36 ч	
Объем накопителей	960 Гбайт (до 3,2 Тбайт)	2,0 Тбайт	
<b>*Примечание.</b> Разрешающая способность и точность привязки изображений позволяют составлять топографические карты масштабов 1:50 000–1:1000.			

плексов ЦТК-140 и ЦМК-70 приведены в табл. 1.

Каковы же наиболее перспективные области применения цифровых данных аэросъемки? Очевидно, что данные цифровых аэросъемок востребованы на различных уровнях (от небольших предприятий до крупных государственных ком-

паний) и могут применяться в различных отраслях. Особого внимания с точки зрения потенциала применения данных нового поколения заслуживают области изысканий и мониторинга линейно-протяженных объектов, а также задачи, требующие представления задокументированной информации в

масштабе реального времени (например, чрезвычайные ситуации, задачи обороны и т. п.). Активным потребителем цифровых данных может стать и начинающий развиваться в России сектор обеспечения страховых услуг.

В рамках данной статьи не ставится задача детального ана-

Характеристики российских и зарубежных цифровых аэросъемочных комплексов						Таблица 2	
Тип камеры	ЦТК-140	ЦМК-70	ADS-40	DMC	RC-30		
Производитель	«Космос-НТ»	«Космос-НТ»	Leica Geosystems	Z/I Imagin	Leica Geosystems		
<b>Характеристики</b>							
Тип датчика изображения	ПЗС-линейка	ПЗС-линейка	ПЗС-линейка	ПЗС-матрица	Фотопленка		
Размер элемента, мкм	7	7	6,5	12	11 (типичный шаг сканирования)		
Число элементов в строке	22 000	10 200	12 000	7680x13 824 (панхром)	~20 000x20 000		
Фокусное расстояние, мм	140	70	62,77	120	153		
Минимальный размер геометрической проекции пиксела, см	13,3	13,3	15	—	—		
Многозональная съемка	не предусмотрена	да, с высоким разрешением	да, с высоким разрешением	да, но с худшим разрешением	да, на цветную фотопленку		
Производительность, % (относительно камеры RC-30)*		150	74	87	100	100	
Стоимость аппаратуры и ПО, % (относительно камеры RC-30)	40	40	100	100	60		
<b>*Примечание.</b> При оценке производительности подсчитывалось количество летных часов, необходимых для выполнения идентичной работы, например, съемки одинаковой площади для изготовления карт масштаба 1:1000.							



**Основные области применения цифровых аэросъемочных комплексов:**

- топографическое и тематическое картографирование и составление кадастров населенных пунктов и территорий;
- изыскания при строительстве зданий, сооружений, транспортных, электроэнергетических и коммуникационных сетей, нефте- и газопроводов и т. д.;
- планирование развития инфраструктуры городских территорий, транспортных, энергетических и коммуникационных сетей;
- материалы для работы страховых компаний, включая случаи наблюдения за развитием и последствиями чрезвычайных ситуаций;
- мониторинг зон добычи природных ископаемых;
- мониторинг зон обработки и транспортировки нефте- и газопродуктов;
- картографирование, составление кадастра и контроль состояния лесных угодий;
- картографирование и составление кадастра с/х угодий;
- мониторинг состояния посевов и пастбищ, оценка урожайности;
- мониторинг распространения вредителей и болезней растительности;
- оценка водных ресурсов и расхода воды;
- мониторинг загрязнения водных артерий стоками с с/х полей и городов;
- мониторинг шельфовой зоны, включая загрязнение акватории и прибрежной зоны;
- мониторинг развития береговой линии и портов и др.

лиза принципов построения съемочных камер и комплексов на их основе. Вопрос заключается несколько в ином. Совершенно очевидно, что со временем цифровые методы съемки вытеснят фотографические. Но

какие комплексы будут летать на борту российских самолетов отечественные или зарубежные остается загадкой. Поддержат ли российские заказчики подобной техники российских производителей?

Можно с уверенностью сказать, что камеры и комплексы, предлагаемые зарубежными поставщиками в настоящее время, опережают по своим параметрам и уровню сервиса отечественные разработки, но не радикально (табл. 2). Пройдет еще немного времени и отечественные приборы и комплексы сравнятся с зарубежными, а в чем-то и опередят их. Это зависит, в первую очередь, от российских заказчиков и их веры в успех российских разработчиков и производителей.

**RESUME**

Space Research Institute RAS, State Center «Priroda» and ANO «Cosmos-Science and Technology» present digital aerial surveying complexes with the data high geometric/radiometric performance considerably increasing efficiency of the final product rendering to a consumer together with its cost decrease. There are given the overall performance, unique possibilities and advantages as well as the promising fields for digital scanning cameras.

## Геодезическое оборудование

**Электронные тахеометры NTS 320, NTS 350**  
 Измерение углов с точностью 2" и 5"  
 Измерение расстояний до 2.6 км по 1 призме с точностью 2 и 3 мм + 2 мм/км  
 Внутренняя память до 8000 точек  
 Двусторонний LCD дисплей  
 Автоматический компенсатор вертикального круга  
 Повышенная влаго- и пылезащищенность  
 Расширенный набор прикладных программ  
 Гарантия - 2 года. Низкие цены!

**Электронные теодолиты ET-02, ET-05**  
 Точность измерения углов 2" и 5"  
 Удобный двусторонний LCD дисплей  
 Автоматический компенсатор вертикального круга

**Оптические нивелиры с компенсатором NL20, NL24, NL28, NL32**  
 Ударопрочный корпус  
 Полная влагозащищенность и всепогодность  
 Эксклюзивный компенсатор с магнитным демпфированием  
 Фрикционный тормоз и бесконечный ход горизонтального лимба  
 Система защиты от "залипания" компенсатора  
 Точность: 2.5, 2.0, 1.5 и 1.0 мм. на км, дв. хода

Группа компаний "Промнефтегрупп"  
 ЗАО "ПНГео" тел. 785-0119, 0120  
 E-mail: png@sovintel.ru Web: www.pngeo.ru













Прямые поставки с завода

