

# ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОЖИРА И НЕПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ ФОТОКАМЕРЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ И ОБНОВЛЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ

**О.Н. Бейчук** (ЦЧФ ФГУП «Госземкадастръемка»–ВИСХАГИ, Воронеж)

В 1986 г. окончила землеустроительный факультет Московского института инженеров по землеустройству (в настоящее время ГУЗ) по специальности «землеустройство». После окончания института работала преподавателем кафедры «кадастра и мониторинга земель» в Новочеркасской государственной мелиоративной академии. С 2005 г. по настоящее время — начальник отдела тематического картографирования, мониторинга, оценки земель в ЦЧФ ФГУП «Госземкадастръемка»–ВИСХАГИ.

**С.В. Парахин** (ЦЧФ ФГУП «Госземкадастръемка»–ВИСХАГИ, Воронеж)

В 2004 г. окончил землеустроительный факультет Воронежского государственного аграрного университета по специальности «землеустройство». С 2002 г. по настоящее время — начальник отдела цифровой картографии и фотограмметрии ЦЧФ ФГУП «Госземкадастръемка»–ВИСХАГИ.

**Л.С. Терентьева** (ЦЧФ ФГУП «Госземкадастръемка»–ВИСХАГИ, Воронеж)

В 2004 г. окончила географический факультет Воронежского государственного университета по специальности «геоэкология». С 2002 г. работала инженером-экологом в Воронежском филиале ОАО «ГИПРОДОРНИИ», а с 2005 г. по настоящее время — инженер-картограф ЦЧФ ФГУП «Госземкадастръемка»–ВИСХАГИ.

В настоящее время цифровые фотограмметрические системы практически полностью вытеснили аналоговые и аналитические средства обработки результатов аэрофотосъемки. Это, в свою очередь, вызвало появление в России цифровых аэросъемочных комплексов, удовлетворяющих требованиям топографической съемки, например таких, как ADS 40 (Leica Geosystems, Швейцария), размещаемого стационарно на тяжелых самолетах–лабораториях Ту-134, Ил-20, легких самолетах Ан-2, Ан-30, вертолетах Ми-8Т, Ка-26, или Rollei AIC modular LS (Rollei, Германия), имеющего возможность оперативной установки на легкие и средние летательные аппараты АН-2, МИ-8, Robinson R44 и др.

Однако достаточно высокая стоимость подобных комплексов, наряду со значительными затратами на техническое обслуживание и эксплуатацию летательных аппаратов делает неэффективным их использование при съемке небольших по площади населенных пунктов, лесных участков, линейных объектов (газопроводов, автомобильных и железных дорог, лесополос).

В связи с этим, весьма актуально использование более экономичных по сравнению с традиционными носителями аэросъемочных комплексов на базе моторных легких летательных аппаратов (ЛЛА), обеспечивающих проведение работ на малых высотах и оснащенных видеокамерой или непрофесси-

ональной цифровой фотокамерой. К моторным ЛЛА относятся воздушные суда легкой и спортивной авиации, мотопарапланы, мотодельтапланы, гиролеты (автожиры), дистанционно пилотируемые летательные аппараты.



**Рис. 1**  
Двухместный автожир АМ-1 для аэросъемки

Летно-технические характеристики автожира

Таблица 1

Наименование характеристики	Значение	
	1 пилот	2 пилота
Масса ЛЛА, кг	258	
Взлетная масса, кг	490	
Скорость, км/ч		
— взлета	35	45–60
— минимальная	30	35–55
— крейсерская	120	115
— максимальная (допустимая)	130	130
Максимальная скорость подъема, м/с	6	3,5
Длина разбега, м	0–25	25–75
Длина пробега, м	0–3	0–3
Максимальная дальность полета при скорости 120 км/ч, км	300	
Максимальная продолжительность полета, ч	2,5	
Практический потолок, м	3500	

В целях экспериментальной проверки точности и экономической эффективности создания ортофотопланов с помощью таких аэросъемочных комплексов на базе Центрально-Черноземного филиала ФГУП «Госземкадастрсъемка»–ВИСХАГИ были проведены работы по созданию ортофотоплана масштаба 1:2000 в границах села Рыкань Новоусманского района Воронежской области.

Аэросъемка была выполнена 7 сентября 2005 г. с использованием автожира АМ-1 (рис. 1) и непрофессиональной цифровой камеры с разрешением 6 Мпикселей, размером кадра 2832x2128 точек и фокусным расстоянием 35 мм. Основные летно-технические характеристики автожира приведены в табл. 1.

Предварительная оценка зависимости разрешения изображений, получаемых с помощью непрофессиональной цифровой



Рис. 2  
Маршрут экспериментальной аэросъемки

фотокамеры, от высоты аэросъемки позволили определить оптимальную высоту аэросъемки для создания ортофотоплана масштаба 1:2000. В соответствии с данными, приведенными в

табл. 2, она должна находиться в пределах 450–500 м.

В результате выполнения комплекса аэросъемочных работ был отснят маршрут (рис. 2), протяженностью 1,75 км, общей площадью съемки 76,6 га. При этом были выявлены следующие особенности аэросъемки:

— максимальная и минимальная высоты полета колебались от 450 до 325 м, при этом изменения размера пикселя составили от 17,5 до 14 см;

— непрямолинейность маршрута — 5,5%;

— величина продольного перекрытия от 42,6 до 27,1%;

— непараллельность базиса фотографирования стороне снимка находилась в пределах от 11 до 15 угловых градусов.

Привязка аэроснимков осуществлялась с помощью двухчастотной спутниковой геодезической системы Trimble 5700. В

качестве опознаков использовались естественные или искусственные ярко выраженные и хорошо различимые на материалах съемки точки местности. При этом были получены координаты 7 опорных точек, равномерно рассредоточенных по площади съемки.

Результаты аэросъемки были обработаны с помощью ЦФС «Талка» версии 3.31, что позволило получить цветной цифровой ортофотоплан масштаба 1:2000 (рис. 3) с размером пикселя равным на местности 17,5 см.

Оценка основных технических параметров аэросъемки с использованием непрофессиональной цифровой фотокамеры и автожира

Таблица 2

Высота аэросъемки, м	300	400	450	500	600
Разрешение на местности, м	11,5	15,5	17,5	19,5	23,3
Ширина обзора, м	315	420	470	525	625
Знаменатель масштаба выходной продукции	1300	1700	2000	2200	2500

Для оценки точности полученного ортофотоплана с помощью электронного тахеометра Trimble 3305DR были выполнены контрольные промеры 13 линий протяженностью от 18 до 61 м. Результаты оценки точности показали, что средняя квадратическая ошибка (СКО) определения длины линий по ортофотоплану составила 0,7 м на местности или 0,35 мм в масштабе плана при допуске 0,4 мм.

При обработке результатов контрольных промеров были отмечены следующие особенности, причиной которых, прежде всего, является отсутствие калибровки съемочной аппаратуры:

- распределение невязки по ортофотоплану неравномерное;

- точность конечной продукции имеет большую зависимость от количества и расположения опорных точек;

- при удалении от массива опорных точек резко возрастает значение невязки, например, при удалении на 100 м от массива опорных точек невязка составила 2,89 м, а при удалении на 200 м — 4,11 м;

- при удалении от массива опорных точек ошибка построения цифровой модели местнос-



**Рис. 3**  
Фрагмент цифрового ортофотоплана масштаба 1:2000

ти резко возрастает (до 5–7 м на каждые 100 м удаления).

Полученные результаты экспериментальной съемки позволяют рекомендовать следующее:

- при аэросъемке в качестве летательного аппарата использовать одноместный или двухместный автожир;

- чтобы избежать значительных перепадов высот, обеспечить прямолинейность маршрутов и добиться рекомендуемых значений продольного и поперечного перекрытий снимков необходимо использовать бортовой (навигационный) спутниковый приемник в совокупности с КПК;

- в качестве съемочного оборудования возможно применение непрофессиональной цифровой фотокамеры с разрешением 6–12-ти Мпикселей, причем откалиброванной, что поможет значительно упростить обработку снимков и повысит точность выходной продукции в 1,5–2 раза;

- обработку материалов аэросъемки рекомендуется проводить с помощью ЦФС «Талка», поскольку она наиболее адаптирована к решению нестандартных задач подобного рода.

Для оценки экономической эффективности использования моторных ЛЛА и непрофессиональной цифровой фотокамеры

**Стоимость этапов работ при создании и обновлении цифрового топографического плана масштаба 1:2000**

**Таблица 3**

Вид работы	Единица измерения	Стоимость за единицу, руб.
Плановая аэросъемка с записью на магнитный носитель	час	10 000 (1 час) 9000 (менее 1 часа)
Изготовление цифрового фотоплана масштаба 1:2000 с полевой геодезической привязкой		
а) линейные объекты (высота 500 м, захват 500 м)	км	3000
б) площадные объекты (высота 500 м, захват 500 м)	км <sup>2</sup>	11 400
Корректировка картографических материалов масштаба 1:2000 (нанесение отснятых объектов на картографическую основу, высота 500 м, захват 500 м)	км <sup>2</sup>	2400
Создание топографических планов масштаба 1:2000 по цифровым ортофотопланам с полевым дешифрированием объектов	км <sup>2</sup>	16 000
Создание цифровой матрицы рельефа с сечением рельефа 0,5 м	км <sup>2</sup>	10 000

при создании и обновлении цифрового топографического плана масштаба 1:2000 была определена стоимость каждого этапа работ (табл. 3).

Для более наглядного представления затрат при выполнении полного комплекса работ по созданию и обновлению топографического плана масштаба 1:2000 был выполнен расчет на примере среднего по площади сельского поселения Центрально-Черноземного региона площадью 1,5 км<sup>2</sup>.

Стоимость работ по каждому этапу составила:

- аэросъемочные работы около 9–10 тыс. руб.;
- фотограмметрическая обработка в совокупности с планово-высотной привязкой — 17,1 тыс. руб.;
- создание цифрового топо-

графического плана без горизонталей — 24 тыс. руб.;

— построение цифровой матрицы рельефа — 15 тыс. руб.

Отсюда видно, что общая стоимость работ по созданию цифровых ортофотопланов и цифровых топографических планов масштаба 1:2000 сельского населенного пункта составит около 50,1 тыс. руб. без горизонталей и 65,1 тыс. руб. с горизонталями. Для сравнения: стоимость аналогичного объема работ при использовании методов классической аэрофото съемки может составить 130–150 тыс. руб.

Таким образом, применение малой авиации наряду с непрофессиональными цифровыми фотокамерами является в настоящее время наиболее оптимальным решением для выпол-

нения сравнительно небольших объемов картографических работ на таких объектах, как, отдельные сельские населенные пункты, небольшие крестьянско-фермерские хозяйства и участки лесного фонда, линейные объекты и т. д.

#### RESUME

In 2005 TsChF «Goszemkadars'emka»–VISKHAGI (Voronezh) fulfilled an experimental work on the creation of a digital orthophotomap on a scale of 1:2000 using an autogyro and a amateurish digital camera with a resolution of 6 Mpixels. The data was processed with the digital photogrammetric workstation «Talka» version 3.31. As a result colored digital orthophotomaps have been produced on a scale of 1:2000 with a rms deviation of 0,7 m on surface.