

# О ВОЗМОЖНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАТЕРИАЛАМИ АФС С БВС, ПРИГОДНЫМИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ НА ЗЕМЛЯХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

**С.А. Кадничанский («Геоскан»)**

В 1973 г. окончил аэрофотогеодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-аэрофотогеодезист». После окончания института работал в Госцентре «Природа», с 1979 г. — в ЦНИИГАиК, с 1993 г. — в РосНИЦ «Земля», Центре «ЛАРИС», с 2002 г. — в ФГУП «Госземкадастрсъемка» — ВИСХАГИ, с 2005 г. — в компании «Геокосмос», затем — в НП АГП «Меридиан+» и ФГУП «ГосНИИ авиационных систем», с 2015 г. — в ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД». С 2018 г. работает в ООО «Геоскан», в настоящее время — заместитель генерального директора по аэрофотогеодезии. Кандидат технических наук.

Аэрофототопографическая съемка населенных пунктов в настоящее время является актуальной задачей. Она выполняется как в рамках создания ЕЗКО, так и по инициативе органов исполнительной власти субъектов РФ. Как правило, результатом аэрофототопографической съемки являются ортофотопланы и ориентированные аэрофотоснимки, которые можно использовать для создания топографического плана, для определения координат точек границ и контуров объектов недвижимости фотограмметрическим ме-

тодом, а также для создания трехмерных моделей местности и отдельных объектов.

Учитывая специфические особенности аэрофотосъемки (АФС) отдельных населенных пунктов субъекта Федерации, где суммарная площадь территорий объектов съемки весьма мала по сравнению с площадью всего субъекта Федерации, но эти объекты разбросаны по всей его территории, затраты в стоимостном выражении и времени, отнесенные к единице площади, могут оказаться очень существенными.

Рассмотрим решение задачи создания ортофотопланов населенных пунктов (НП) субъекта РФ с высокой плотностью населения на примере Московской области. Основные характеристики, влияющие на затраты по аэрофотосъемке населенных пунктов такого субъекта Федерации, приведены в табл. 1.

Как видно из приведенных в табл. 1 значений характеристик, специфической особенностью субъекта Федерации является значительное количество небольших по площади сельских НП. Если поставить задачу облететь последовательно все населенные пункты и выполнить аэрофотосъемку каждого из них индивидуально с пилотируемых воздушных судов (ВС) с номинальным пространственным разрешением (НПР) 20 см, потребуются огромные затраты, как это видно из результатов расчета, представленных в табл. 2. Для расчетов принималось, что АФС выполняется широкоформатной топографической аэрофотокамерой (АФК) с размером матрицы выходного аэрофотоснимка 240 Мпикселей. Здесь и

**Характеристики субъекта РФ с высокой плотностью населения (Московская область)**

**Таблица 1**

Наименование характеристики	Значение
Общая площадь, км <sup>2</sup>	44 300
Количество городов	77
Средняя площадь города, км <sup>2</sup>	19
Общая площадь городов, км <sup>2</sup>	1400
Количество сельских НП	5793
Средняя площадь сельского НП, км <sup>2</sup>	0,7
Общая площадь сельских НП, км <sup>2</sup>	4050

Оценка затрат на АФС и создание ортофотопланов сельских НП с пилотируемых ВС с НПР 20 см

Таблица 2

	Легкий самолет + АФК 240 Мп	АН30 + АФК 240 Мп
Затраты времени на АФС одного сельского НП, час	0,12	0,11
Количество сельских НП в день при АФС одним самолетом	40	52
Количество дней на АФС всех сельских НП	144	112
Количество календарных дней на АФС всех сельских НП	577	448
Затраты на весь объем работ, тыс. усл. руб.	67 400	52 300

Оценка затрат на сплошную АФС территории субъекта РФ с пилотируемых ВС с НПР 14 см

Таблица 3

	Легкий самолет + АФК 240 Мп	АН30 + АФК 240 Мп
Количество дней на АФС	42	19
Количество календарных дней	172	80
Всего затрат, тыс. усл. руб.	27 400	36 000

**Примечание.** Среднее значение затрат для двух типов ВС составляет 31 700 тыс. усл. руб. / 126 календарных дней.

далее затраты приводятся в условных рублях (усл. руб.), поскольку в них не включены составляющие, не зависящие от объема работ: перелет или переезд от места постоянного базирования, подготовительные работы, подготовка отчетной документации, а также затраты на геодезические работы по развитию съемочного обоснования.

Альтернативой такому решению является сплошная (включая города) АФС территории субъекта Федерации с НПР 14 см. В этом случае оцениваемые затраты получаются существенно меньше, как видно из табл. 3.

Оценим затраты времени на АФС сельских НП с использованием некоторых типов беспилотных воздушных судов (БВС), предлагаемых ГК «Геоскан», и аэрофотокамерами с размерами матрицы от 20 Мпикселей до 42 Мпикселей, но с номинальным пространственным разрешением 6 см. Материалы такой аэрофотосъемки могут уверенно использоваться для определе-

ния координат характерных точек границ земельных участков и координат характерных точек контуров объектов недвижимости (здания, сооружения или объект незавершенного строительства) на землях населенных пунктов фотограмметрическим методом со средней квадратической погрешностью (СКП) не более 10 см, как это установлено Приказом Минэкономразвития России № 90 от 01.03.2016 г. [1].

При этом будем исходить из того, что АФС может выполняться под облаками, одна бригада может одновременно эксплуатировать 4 и более БВС, а количество бригад может достигать 20. В табл. 4 приведены расчеты затрат времени в календарных днях для такой АФС, откуда видно, что работы могут быть выполнены за 32 календарных дня, что существенно быстрее, чем при сплошной АФС территории субъекта Федерации широкоформатной аэрофотокамерой с пилотируемых ВС с НПР 14 см. В стоимостном выражении зат-

раты на АФС сельских НП с использованием БВС Gemini и создание ортофотоплана оцениваются в 23 500 тыс. усл. руб.

Оценка затрат времени на выполнение аэрофотосъемки городских территорий с использованием различных БВС и АФК представлена в табл. 5, откуда видно, что наиболее эффективно аэрофотосъемка может быть выполнена с использованием БВС Геоскан 201 с АФК 42 Мпикселя силами одной бригады, эксплуатирующей всего одно беспилотное воздушное судно. В стоимостном выражении затраты на АФС города с использованием БВС Геоскан 201 с АФК 42 Мпикселя и создание ортофотоплана оцениваются в 5600 тыс. усл. руб.

В табл. 6 приведено сравнение затрат на создание ортофотопланов всех населенных пунктов при аэрофотосъемке с пилотируемого ВС и БВС, в соответствие с которым для субъекта РФ с высокой плотностью населения стоимость создания ортофотоплана с НПР 6 см по мате-

Оценка затрат времени на АФС сельских НП с БВС с НПР 6 см

Таблица 4

	Gemini + АФК 20 Мп	Геоскан 201 + АФК 42 Мп	Геоскан 101 + АФК 24 Мп	Геоскан 201 + АФК 24 Мп	Геоскан 101 + АФК 42 Мп
Затраты времени на 1 сельский НП, при АФС 1 БВС, час	0,40	0,24	0,31	0,31	0,31
Затраты времени на 4 сельских НП, при АФС 4 БВС, час	0,40	0,24	0,31	0,31	0,31
Пауза между вылетами, час	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Затраты времени с паузой на АФС 4 сельских НП 4 БВС, час	0,90	0,74	0,81	0,81	0,81
Затраты времени на переезд, час	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Затраты времени с переездом, час	1,40	1,24	1,31	1,31	1,31
Количество сельских НП в день при АФС 1 бригадой с 4 БВС	24	24	24	24	24
Количество дней на АФС всех сельских НП 1 бригадой с 4 БВС	241	241	241	241	241
Количество календарных дней на все сельские НП 1 бригадой с 4 БВС	301	301	301	301	301
Количество календарных дней при АФС 10 бригадами с 4 БВС в каждой	32	32	32	32	32

Оценка затрат времени на АФС городов с БВС с НПР 6 см

Таблица 5

	Gemini + АФК 20 Мп	Геоскан 201 + АФК 42 Мп	Геоскан 101 + АФК 24 Мп	Геоскан 201 + АФК 24 Мп	Геоскан 101 + АФК 42 Мп
Затраты времени на АФС 1 города 1 БВС, час	4,3	1,7	2,5	2,4	2,3
Затраты времени на переезд, час	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Затраты времени с переездом, час	5,8	3,2	4,0	3,9	3,8
Количество городов в день при АФС 1 бригадой с 1 БВС	1,4	2,5	2,0	2,0	2,1
Количество дней на АФС 77 городов 1 бригадой	55,7	30,8	38,6	37,8	36,1
Количество календарных дней на АФС 77 городов 1 бригадой	70	38	48	47	45
Количество календарных дней при АФС 10 бригадами с 1 БВС в каждой	7	4	5	5	5

Сравнение затрат и продолжительности выполнения АФС с БВС и пилотируемого ВС

Таблица 6

	БВС, НПР 6 см	Пилотируемое ВС (сплошная АФС), НПР 14 см
Затраты на АФС сельских НП, тыс. усл. руб.	23 500	
Затраты на АФС городов, тыс. усл. руб.	5600	
<i>Итого затрат, тыс. усл. руб.</i>	<i>29 100</i>	<i>31 700</i>
Продолжительность АФС сельских НП, календарных дней	16	
Продолжительность АФС городов, календарных дней	4	
<i>Итого календарных дней</i>	<i>20</i>	<i>126</i>

риалам АФС с БВС не превысит стоимости работ по созданию ортофотопланов с НПР 14/20 см при АФС с пилотируемого ВС. Это позволяет использовать полученные ориентированные аэрофотоснимки для определения координат характерных точек границ земельных участков и контуров объектов недвижимости населенных пунктов с СКП, не превышающей 10 см [1]. Таким образом, данные материалы можно использовать не только как картографическую основу, но и для проведения кадастровых работ.

Возможность обеспечения такой точности подтверждается результатами исследовательских и сертификационных испытаний программно-аппаратных комплексов аэрофототопо-

графической съемки Геоскан, результаты которых представлены соответствующими актами и сертификатами, опубликованы в периодической печати [2, 3], а основные из них приведены в табл. 7.

Данные оценки точности выполненных проектов по аэрофототопографической съемке территорий населенных пунктов, представленные в табл. 8, подтверждают адекватность оценок, полученных в результате испытаний, и свидетельствуют о высокой фактически достигнутой точности конечного результата. Следует отметить, что во всех представленных проектах наземные опорные точки не использовались. Опознаки использовались только как контрольные точки.

Представленные в табл. 6 результаты могут быть улучшены, если с помощью БВС выполнять сплошную аэрофотосъемку с НПР 6 см. В табл. 9 приведена оценка затрат для данного варианта АФС, из чего следует, что наилучший результат дает вариант с использованием БВС Геоскан 201, оснащенного АФК 42 Мпикселя. Весь объем полученных аэрофотоснимков (320 000) может быть обработан за 17–20 дней, в результате чего будут созданы ортофотопланы и ориентированные аэрофотоснимки. Это обеспечивается высоким уровнем автоматизации процессов фотограмметрической обработки в программной среде Agisoft Metashape Professional и высокой производительностью цент-

Результаты исследовательских и сертификационных испытаний программно-аппаратных комплексов Геоскан

Таблица 7

Метрологическая характеристика / Наименование БВС	Средняя погрешность определения планового положения маркированных контрольных точек на ортофотоплане, м				Средняя квадратическая погрешность определения планового положения немаркированных точек границ объектов недвижимости, м			
	Высота фотографирования, м				Высота фотографирования, м			
	200	400	190	350	200	400	190	350
Геоскан 101 с АФК Sony DSC-RX1	0,057	0,078			0,076	0,097		
Геоскан 201 с АФК Sony DSC-RX1	0,048	0,078			0,066	0,080		
Геоскан 101 с АФК Sony DSC-RX1RM2	0,059	0,071			0,090	0,082		
Gemini с АФК Sony UMC-R10C			0,047	0,081			0,022	0,099

Результаты оценки точности выполненных проектов по аэрофототопографической съемке

Таблица 8

Объект съемки	Масштаб	НПР, см	Средняя погрешность фотограмметрической сети в плане, см	Средняя погрешность ортофотоплана в плане, см
Волгоградская область, Котельниковский район	1:2000	15	14,2	15,4
Тверская область, Бежецкий район	1:1000	8	8,3	10,4
Тульская область, Каменский район	1:1000	10	10,5	12,6
Тульская область, Богородицкий район	1:1000	8	11,7	9,0
Тульская область, Киреевский район	1:1000	9	6,6	9,9
г. Казань	1:500	5	4,5	4,7
г. Калининград	1:500	5	3,0	4,7
Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, Сургутский район	1:500	4	2,0	3,3
Ленинградская область, Всеволожский район	1:500	4	3,0	9,2
Республика Башкортостан, Бирский район	1:500	5	6,4	7,8

ра обработки данных аэросъемки ГК «Геоскан».

При данной производительности работ 10 бригад, использующих 4 БВС Геоскан 201, за полевой сезон могут выполнить АФС с НПР 6 см 8–9 субъектов РФ с высокой плотностью населения с общей площадью населенных пунктов около 4000 км<sup>2</sup> в каждом. В результате будут получены материалы, пригодные для выполнения кадастровых

работ фотограмметрическим методом при определении координат характерных точек границ земельных участков и контуров объектов недвижимости с СКП, не превышающей 10 см [1]. Причем это потребует меньше затрат, чем создание ортофотопланов при выполнении АФС с НПР 14/20 см с пилотируемых ВС.

Рассмотрим задачу АФС и создания ортофотопланов населенных пунктов субъекта РФ с низ-

кой плотностью населения на примере Томской области, основные характеристики которого представлены в табл. 10. В этом случае сплошная аэрофотосъемка не рассматривается, как заведомо не эффективная. Оценка затрат на АФС и создание ортофотопланов населенных пунктов такого субъекта Федерации приведена в табл. 11 и показывает, что и в данном случае АФС с БВС с НПР 6 см имеет

Затраты на создание ортофотопланов населенных пунктов при сплошной АФС с БВС с НПР 6 см

Таблица 9

	Геоскан 201 + АФК 42 Мп	Геоскан 201 + АФК 24 Мп	Среднее значение
Количество дней при АФС 1 бригадой с 4 БВС	98	149	123
Количество календарных дней при АФС 1 бригадой с 4 БВС	140	201	170
Количество календарных дней при АФС 10 бригадами с 4 БВС у каждой	14	20	17
Всего затрат, тыс. усл. руб.	17 000	30 000	23 500
Количество полученных снимков	320 000	520 000	420 000

Сравнение затрат и продолжительности выполнения АФС с пилотируемых ВС и с БВС территории субъекта РФ с низкой плотностью населения

Таблица 11

Средства и способ АФС	Продолжительность АФС, календарных дней	Затраты на весь объем работ, тыс. усл. руб
АФС сельских НП с АН-30 + АФК 240 Мпикслей, ННР 20 см	73	7200
АФС городов с АН-30 + АФК 240 Мпикселей, ННР 14 см	11	2900
<i>Итого АФС с пилотируемых ВС сельские НП + города</i>	<i>84</i>	<i>10 100</i>
АФС сельских НП 10 бригадами с 4 Gemini / Геоскан 101 в каждой	10	6300
АФС городов 7 бригадами с 2 Геоскан 201 / Геоскан 101 в каждой	6	1200
<i>Итого АФС с БВС сельские НП + города</i>	<i>16</i>	<i>7500</i>

Характеристики субъекта РФ с низкой плотностью населения (Томская область)

Таблица 10

Наименование характеристики	Значение
Общая площадь, км <sup>2</sup>	316 900
Количество городов	7
Средняя площадь города, км <sup>2</sup>	63
Общая площадь городов, км <sup>2</sup>	440
Количество сельских НП	562
Средняя площадь сельского НП, км <sup>2</sup>	1,6
Общая площадь сельских НП, км <sup>2</sup>	930

преимущества по сравнению с АФС с пилотируемого ВС.

Проведенные исследования позволяют сделать **следующие выводы**.

Использование БВС имеет большой потенциал производительности и позволяет оперативно выполнять аэрофототопографическую съемку населенных пунктов субъектов РФ, обеспечивая получение материалов с детальностью и точностью, пригодных для решения задач кадастра недвижимости, в том числе определения координат характерных точек границ земельных участков и контуров объектов недвижимости с СКП, не превышающей 10 см [1]. При этом не требуется наличие наземных опорных точек, координаты которых определяются в

результате полевых геодезических работ.

Ценовая доступность программно-аппаратных комплексов Геоскан, их высокая производительность, а также высокий уровень автоматизации фотограмметрической обработки позволяют рассматривать БВС как экономически эффективное решение для выполнения больших объемов аэрофототопографических работ за один полевой сезон при съемке различных типов населенных пунктов и получения материалов с высокой детальностью и точностью.

Технология аэрофототопографической съемки с использованием БВС, предлагаемых ГК «Геоскан», уже применяется в различных субъектах РФ. Она имеет открытый характер и

может легко масштабироваться за счет увеличения числа доступных для эксплуатации программно-аппаратных комплексов (БВС) и количества их пользователей, в том числе путем обучения специалистов, предоставления оборудования в аренду, а также совместного выполнения крупных проектов.

▼ Список литературы

1. Приказ Минэкономразвития России № 90 от 01.03.2016 г. «Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения и помещения».

2. Бабашкин Н.М., Кадничанский С.А., Нехин С.С. Исследовательские испытания программно-аппаратных комплексов Геоскан 101 и Геоскан 201 // Геодезия и картография. — 2020. — Т. 81. — № 1. — С. 19–25.

3. Кадничанский С.А., Курков М.В., Курков В.М., Чибуничев А.Г. О сертификационных испытаниях программно-аппаратного комплекса на основе беспилотного воздушного судна «Геоскан 401» // Геодезия и картография. — 2020. — Т. 81. — № 3. — С. 32–38.