

ОПЫТ ГК «ГЕОСКАН». СОЗДАНИЕ ВЫСОКОТОЧНОЙ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Ф.В. Солощенко (ГК «Геоскан», Санкт-Петербург)

В 2000 г. окончил Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ) по специальности «географ, картограф, эколог». С 2002 г. работал в ООО «ЦГЭИ», с 2012 г. — в СПбГУ, с 2014 г. — в ООО «Бента». С 2016 г. работает в ГК «Геоскан», в настоящее время — руководитель отдела полевых работ.

Е.В. Гринько (ГК «Геоскан», Санкт-Петербург)

В 2011 г. окончила факультет освоения подземного пространства Санкт-Петербургского государственного горного университета по специальности «городской кадастр». С 2012 г. работала в ООО «УНИКОН», с 2014 г. — в ООО «Кадастр и землеустройство», с 2016 г. — в ООО «ВЭСТ». С 2017 г. работает в ГК «Геоскан», в настоящее время — руководитель отдела кадастра и инвентаризации объектов недвижимости.

М.В. Курков («Скан»)

В 2004 г. окончил аэрофотогеодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-аэрофотогеодезист». После окончания университета работал в ЗАО НПП «Центр прикладной геодинамики», с 2007 г. — в ООО НП АГП «Меридиан+», с 2013 г. — в ФГУП «ЦНИИ ЭИСУ». С 2016 г. работает в ООО «Скан», в настоящее время — начальник научно-исследовательского отдела.

Н.Р. Суздальцев (ГК «Геоскан», Санкт-Петербург)

В 2017 г. окончил Институт наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета по специальности «картография и геоинформатика». С 2016 г. работал в ООО «Росинжиниринг Проект». С 2017 г. работает в ГК «Геоскан», в настоящее время — копирайтер.

Последние годы в геоинформатике стремительными темпами развивается направление создания трехмерных моделей местности, в том числе моделей городских пространств. Главными критериями качества реконструкции трехмерных городских территорий являются точность модели (точность определения ее элементов в пространстве), реалистичность текстур зданий, сооружений и отображения элементов городской инфраструктуры. По мере развития технологий 3D-моделирования увеличивается и спектр применения геопространственной информации, начи-

ная от информативно-справочного характера (например, применительно к туризму) и заканчивая картографией, инженерией, мониторингом и т. д. Наглядными примерами таких проектов можно назвать высокоточные модели Сингапура и Хельсинки [1]. Первый подобный опыт в РФ был реализован в 2014 г. ГК «Геоскан» на территории Томска. По результатам аэросъемки с беспилотных авиационных систем (БАС) было получено 190 000 снимков с разрешением 3–5 см/пиксель, а площадь работ составила более 320 км². На основе этих данных были созданы — трехмерная

модель, ортофотоплан, цифровая модель местности и фотопанорамы города [2].

Такой опыт продемонстрировал все преимущества использования беспилотных летательных аппаратов для получения цифровой пространственной информации, что послужило серьезным основанием для запуска проекта Национальной технологической инициативы «Создание геодезически точной 3D модели типового региона России на основе данных беспилотной аэрофотосъемки и технологий ГЛОНАСС». В качестве пилотного региона была выбрана Тульская область.

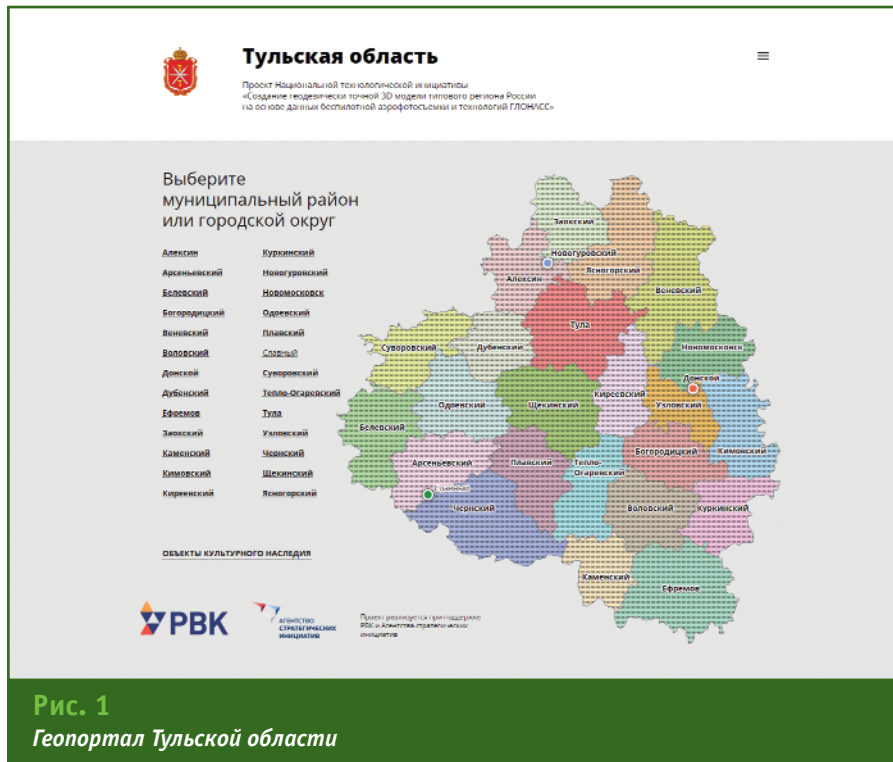


Рис. 1
Геопортал Тульской области

Катализатором появления проекта послужила Федеральная целевая программа «Развитие единой государственной системы регистрации прав и кадастрового учета недвижимости (2014–2020 годы)» [3], которая стимулировала регистрацию прав и кадастровый учет объектов недвижимости. Однако традиционные технологии кадастровых работ не позволяют в короткие сроки уточнить границы более чем 30 миллионов земельных участков, чтобы поставить их на учет. Наиболее эффективное решение этой проблемы, основанное на технологии использования беспилотных авиационных систем, было предложено специалистами ГК «Геоскан». Оно позволяет создавать ортофотопланы территорий, отнесенных к землям населенных пунктов, со средней квадратической погрешностью определения местоположения характерных точек границ земельных участков и контуров зданий и сооружений не более 10 см, а для земель сельскохозяйственного назначения —

не более 20 см, что соответствует требованиям, определенным Приказом Минэкономразвития России № 90 от 01.03.2016 г. [4].

В рамках проекта был проведен комплекс геодезических, аэрофотосъемочных, фотограмметрических и аналитических работ на территории Тульской области, по результатам которых решены следующие задачи:

- созданы высокоточная 3D-модель территории региона, ортофотопланы, цифровые модели местности (ЦММ);

- подготовлены высокоточные детализированные модели городов и отдельных объектов культурного наследия для решения прикладных задач муниципального уровня;

- выявлены реестровые и технические ошибки;

- определены неиспользуемые или используемые не по назначению сельскохозяйственные земли;

- сформированы базовые слои инфраструктуры пространственных данных Тульской области;

- создан Геопортал Тульской области (рис. 1);

- проверена точность опорной межевой сети Тульской области;

- разработано рабочее место кадастрового инженера для выполнения кадастровых работ.

▼ Обработка технологии полевых работ на территории тестовых районов

Территория Заокского района на Тульской области (рис. 1) стала тестовой площадкой, на которой с июня 2016 г. осуществлялась апробация методик выполнения полевых работ в рамках проекта. Так, были определены оптимальные способы создания планово-высотной основы аэрофотосъемочных работ, что подразумевает размещение опорных базовых станций (ОБС) на период работы в районе, относительно которых измеряются координаты контрольных точек (КТ) и полетных базовых станций (ПБС). Точные координаты ОБС определялись по 4 пунктам государственной геодезической сети (ГГС) и 5 пунктам государственной нивелирной сети [5]. Ввиду малоудовлетворительного состояния пунктов ГГС, их число было увеличено до 6, в целях получения надежного результата. Для контроля точности создаваемых ортофотопланов на местности было закреплено большое число контрольных точек — 910 на весь район. В дальнейшем стало ясно, что такое количество КТ является избыточным.

По результатам работ в тестовых районах, в число которых впоследствии вошли Алексинский и Ясногорский, а также Новогуровский городской округ, были выполнены исследования, которые показали, что точность координат пунктов геодезической сети, задающей единое координатное пространство на

область в МСК–71.1, неоднородна, так как попытка уравнивать геодезическую сеть трех районов в единой системе координат не удалась (отклонения расчетных значений координат достигали 30 см). Поэтому было принято решение в дальнейшем выполнять работы, опираясь на пункты геодезической сети конкретного района (с сохранением связи с пунктами соседних районов).

Суммарно, в тестовых районах было установлено 4 опорных базовых станции и 58 полетных базовых станций, определены координаты 1931 контрольной точки.

Было проведено обследование 94 пунктов опорной межевой сети (ОМС), и выяснилось, что не все населенные пункты обеспечены пунктами ОМС. Как видно из графика на рис. 2, расхождения между измеренными и каталожными значениями координат пунктов ОМС Заокского района Тульской области достигают более 0,5 м, и совместное уравнивание сети не представляется возможным. Кроме того, обследование показало, что общее состояние пунктов плачевно, поэтому было решено их не использовать.

Одной из задач проекта являлось создание ортофотопланов в государственной системе координат 2011 года (ГСК–2011). Совместное уравнивание пунктов ГГС тестовых районов показало хорошие результаты — отклонения расчетных значений координат не превышали 3 см. Однако, в дальнейшем, в соответствии с разъяснениями Росреестра, согласно которым ведение ЕГРН в пределах границ кадастровых округов не будет осуществляться в ГСК–2011 до внесения соответствующих изменений в действующее законодательство, было принято решение прекратить подготовку планово-высотной основы аэрофотосъемки (АФС) в ГСК–2011.

На аэросъемку территории Заокского района площадью 1310 км² понадобилось 28 полетных дней. Для этих целей первоначально использовалось две БАС «Геоскан 101» и одна БАС «Геоскан 201» (основное различие между которыми в продолжительности полета — 1 и 3 часа, соответственно), а затем — три БАС «Геоскан 101» и две БАС «Геоскан 201». Весь комплекс работ выполняли три бригады: две (по 2 человека) создавали планово-высотную основу и одна (4 человека) проводила АФС. Подобным образом работы проводились и в других тестовых районах. Суммарно, на съемку территории площадью 4037 км² потребовалось 74 полетных дня.

▼ Организация полевых работ на территории Тульской области в 2017 г.

В зимний период (2016–2017 гг.) результаты аэросъемочных работ в тестовых районах были проанализированы, и для повышения эффективности организации полевых работ в производственные про-

цессы был внесен ряд изменений:

- модернизирована программа планирования полетов, что дало возможность использовать одну полетную станцию для управления полетом двух БАС одновременно;

- увеличено количество БАС «Геоскан 201» до 10–12 на одну бригаду, а также общее число ГНСС-приемников до 10;

- внедрена новая версия «прошивки» автопилота, за счет чего было увеличено количество вылетов в день.

Кроме того, вместо режима «статика» при определении координат контрольных точек спутниковой геодезической аппаратурой стал применяться режим RTK, и было уменьшено количество контрольных точек на район, что обеспечило увеличение скорости измерений (с 20 КТ в день одной бригадой до 50 КТ) и сокращение времени на полевые геодезические работы.

Стали использоваться более мощные зарядные устройства.

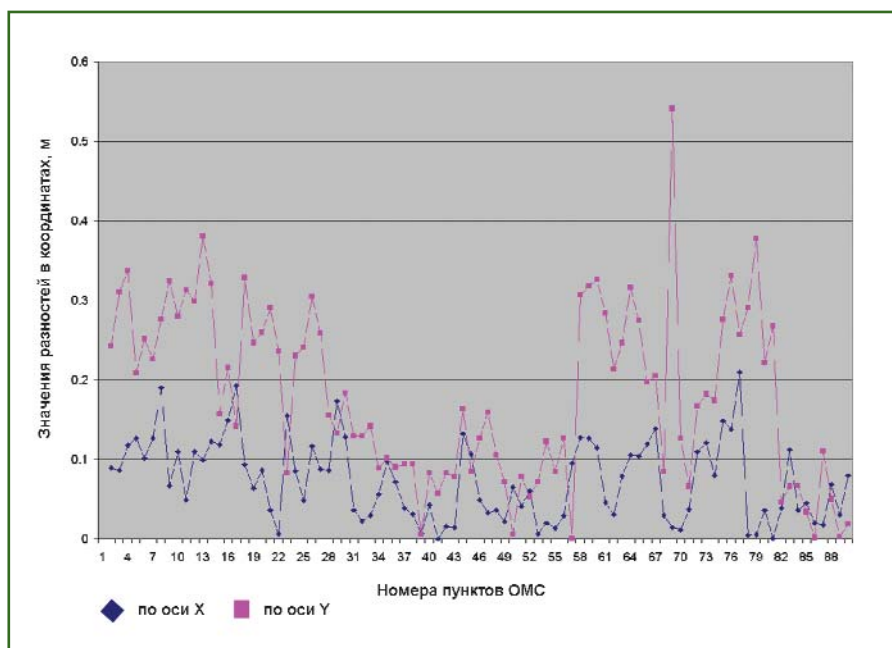


Рис. 2

График разностей между измеренными и каталожными значениями координат обследованных пунктов ОМС тестового района

При АФС межселенных территорий были изменены требования к разрешению цифровых снимков с 7 на 9 см/пиксель, и это позволило увеличить снимаемую площадь. Количество полетных базовых станций на точке старта сократили с двух до одной, что ускорило подготовку к полетам.

Все это помогло значительно повысить производительность полевых работ и сформировать окончательную технологическую схему, которая применялась для съемки остальных районов Тульской области, проводившейся с 23 марта по 31 июля 2017 г.

В первую очередь, осуществлялась рекогносцировка и обследование пунктов ГГС на территории отдельного района. Затем создавался проект размещения контрольных точек. Опорная базовая станция устанавливалась таким образом, чтобы расстояние до контрольных точек и полетной базовой станции не превышало 30 км. Всего было развернуто 24 ОБС, на которых было проведено 4 тыс. часов спутниковых наблюдений. Силами 2–5 бригад по 2 человека определялись координаты контрольных точек относительно ОБС в режиме RTK, с использованием двухчастотных приемников ГЛОНАСС/GPS.

За весь период работы было выполнено 21 тыс. часов спутниковых наблюдений на 90 пунктах ГГС первого и второго класса и более чем на 8000 КТ с определением координат в МСК–71.1. На рис. 3 приведен пример расположения контрольных точек в одном из районов.

Следует отметить, что до начала полевых работ в тестовых и других районах Тульской области были получены разрешения Генерального штаба ВС РФ, оперативного управления штаба военного округа и территориальных органов безопасно-

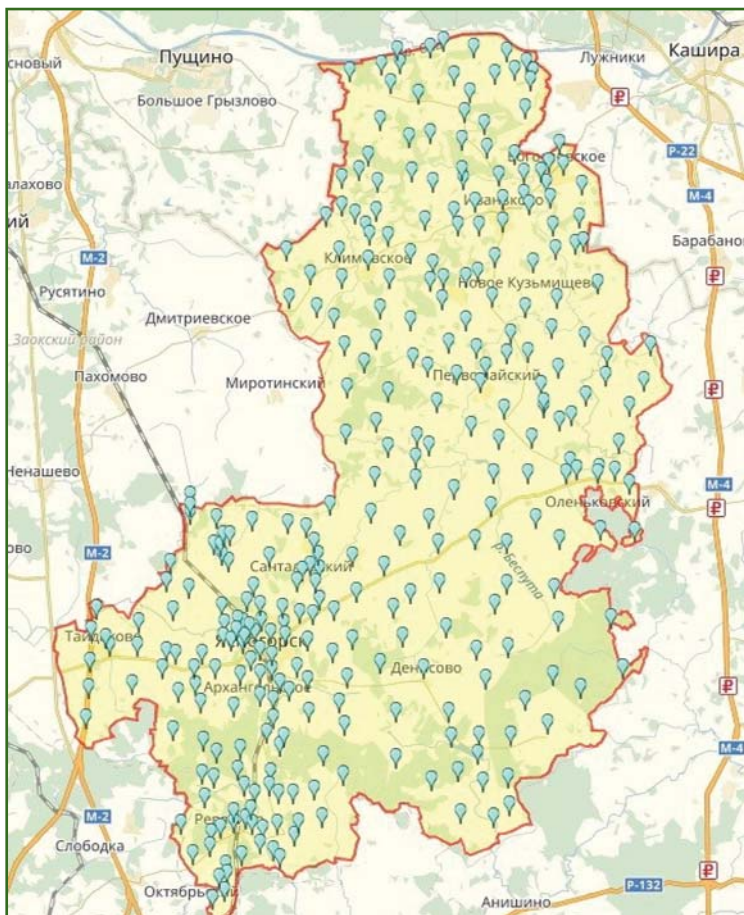


Рис. 3

Пример схемы расположения КТ в Ясногорском районе

сти ФСБ на проведение аэрофотосъемки. Параллельно с рекогносцировкой, осуществлялось согласование полетов БАС с администрациями районов. Непосредственно перед полетами администрация района ставилась в известность о начале работ.

При планировании АФС готовились полетные задания (рис. 4), в которых район разбивался на полетные зоны, с помощью программы Geoscan Planner. Устанавливалась полетная базовая станция, относительно которой определялись центры фотографирования снимков. Аэрофотосъемка проводилась параллельно в разных местах района двумя бригадами по 4 человека, каждый из которых управлял двумя БАС «Геоскан 201» (от использования БАС «Геоскан 101» отказа-

лись ввиду их меньшей производительности). После посадки каждого БАС полученные цифровые снимки и данные с бортового ГНСС-приемника сохранялись в компьютере оператора полета. Затем проводилась замена аккумулятора, в автопилот загружались новые полетные задания и осуществлялись повторные запуски БАС (в случае благоприятных погодных условий), и так до завершения рабочего дня (рис. 5). Тем самым, за день удавалось получать десятки тысяч снимков. Подобная интенсивность работ позволяла выполнять съемку районов в сжатые сроки. Например, АФС Суворовского и Воловского районов была выполнена за 3 полетных дня, при том, что, в среднем, на съемку района необходимо около 9–14 дней.

Технология аэросъемочных работ зависела от типа снимаемой территории и объектов:

— АФС населенных пунктов проводилась БАС «Геоскан 201» с положением камеры в надир и использованием перспективных камер;

— АФС межселенной территории проводилась БАС «Геоскан 201» с камерой, установленной в надир;

— АФС памятников и объектов культуры выполнялась с помощью квадрокоптеров.

Необходимая точность ортофотопланов и ЦММ достигалась соблюдением ряда условий: поперечное перекрытие снимков должно составлять 50% (для населенных пунктов с плотностью высокоэтажной застройки — 60%), а продольное перекрытие снимков — 70%. При этом пространственное разрешение для населенных пунктов не должно превышать 4 см/пиксель, а для межселенной территории — 9 см/пиксель.

Ежедневно, после окончания аэросъемочных работ, составлялись полетные полевые журналы и геодезические полевые журналы. Аэрофотоснимки отправлялись на контрольный просмотр военному цензору оперативного управления штаба Западного военного округа РФ. В дальнейшем, данные с ГНСС-приемников полетных базовых станций и бортовых ГНСС-приемников, с целью их уравнивания и составления каталогов центров фотографирования, и аэрофотоснимки передавались в отдел обработки данных ДЗЗ ГК «Геоскан» и кластер обработки, расположенный в Санкт-Петербургском политехническом университете.

Правильная организация полевых работ позволила выполнить съемку в сжатые сроки, невзирая на значительные объемы. Таким образом, за 288



Рис. 4 Полетное задание в интерфейсе программы Geoscan Planner



Рис. 5 Запуск БАС

дней была проведена аэрофотосъемка территории 21 района Тульской области площадью более 25 тыс. км², в ходе которой беспилотные авиационные системы находились в воздухе более 10 000 часов.

Окончание следует

▼ **Список литературы**

1. Высокоточные картографические трехмерные модели Сингапура и Хельсинки // Геопрофи. — 2017. — № 5. — С. 39-41.
2. 3D-модель г. Томска. — <https://tomsk3da.admtomsk.ru/3d-city>.
3. Федеральная целевая программа «Развитие единой государственной системы регистрации прав и кадастрового учета недвижимости (2014–2020 годы)». Утверждена Постановлением Правитель-

ства РФ от 10.10.2013 г. № 903 (в ред. Постановления Правительства РФ от 22.12.2016 г. № 1444).

4. Приказ Минэкономразвития России от 01.03.2016 г. № 90 «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».

5. Федеральный закон от 30 декабря 2015 г. № 431-ФЗ (ред. от 03.07.2016 г.) «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».