

#5
2020

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ПО ГЕОДЕЗИИ, КАРТОГРАФИИ И НАВИГАЦИИ

ТЕОДЕЗИЯ

#107



Платиновый спонсор



Золотой спонсор



Глобальные Навигационные Спутниковые Системы

Информационный партнер

КОНФЕРЕНЦИИ И ВЫСТАВКИ
ОЧНО И ОНЛАЙН.
ЧТО ЭФФЕКТИВНЕЕ?

АНТЕННЫ TALLYSMAN
ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ
В МОРЕ, В ВОЗДУХЕ И НА ЗЕМЛЕ

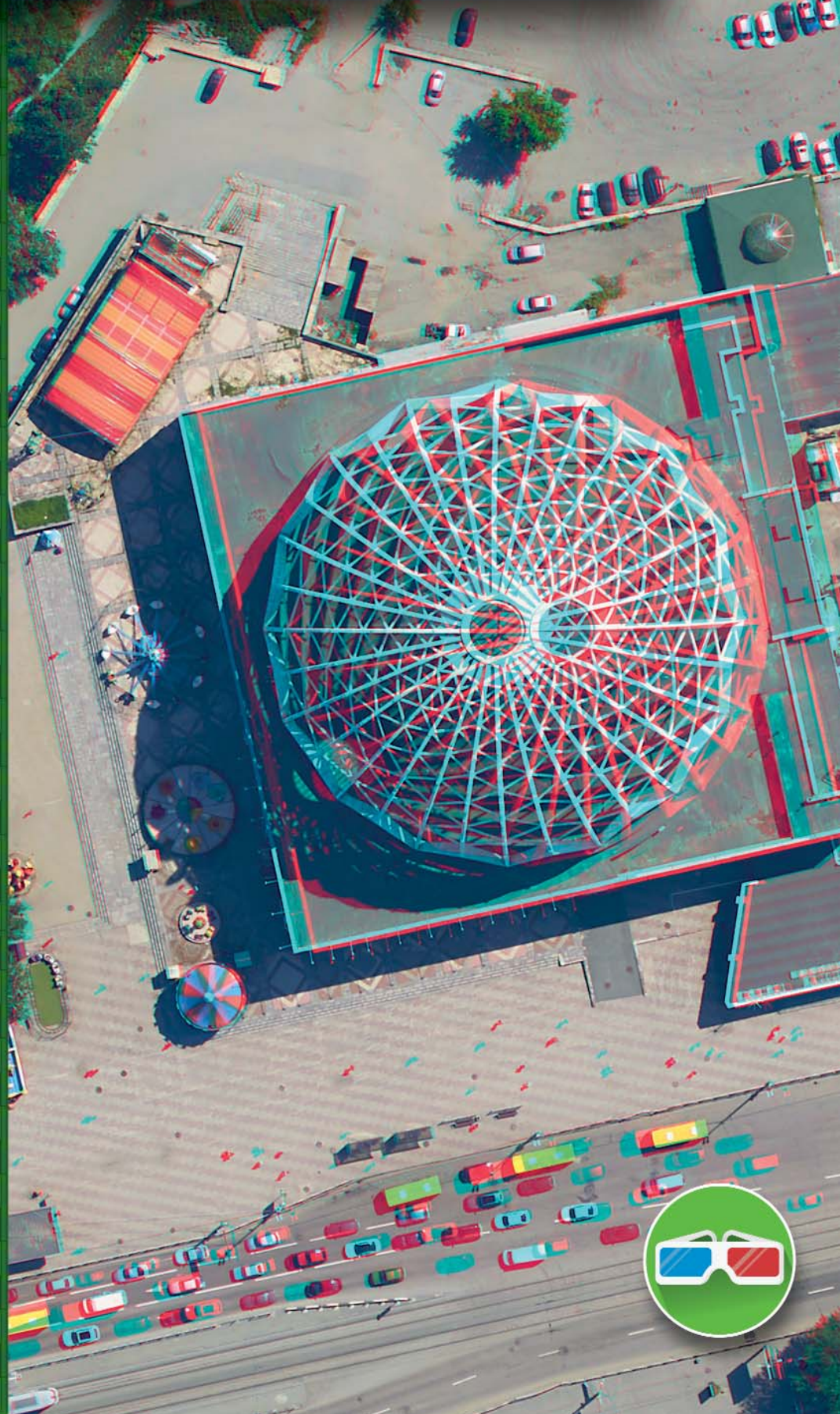
СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЯ
В КАДАСТРОВЫХ РАБОТАХ

РЕКОНСТРУКЦИЯ 3D МОДЕЛЕЙ
ПО ОБЛАКАМ ТОЧЕК ЛАЗЕРНЫХ
ОТРАЖЕНИЙ

ОПЫТ СОЗДАНИЯ 3D МОДЕЛЕЙ
ДЛЯ РЕСТАВРАЦИИ ОБЪЕКТОВ
КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

ИСТОРИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ МАРКОВ И
РЕПЕРОВ ПЕРВОЙ ГВО

ГДС — ВИРТУАЛЬНАЯ ВСТРЕЧА
НА БЕРЕГАХ АЛТА-ФЬОРДА





SOKKIA

Комфортная работа в экстремальных условиях!

www.gsi.ru
ООО «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»
Генеральный дистрибьютор TOPCON и SOKKIA в России



Уважаемые коллеги!

Осенние месяцы всегда были урожайными на конференции и выставки, не исключением стал и этот достаточно сложный год. Небольшие послабления Роспотребнадзора в августе-сентябре после длительной самоизоляции, удаленной работы и отсутствия привычных летних отпусков сделали эти мероприятия долгожданными для общения специалистов. Подробнее остановимся на событиях, в которых редакция журнала принимала участие как очно, так и используя онлайн-сервисы.

Очное участие в мероприятиях позволяет в «живую» познакомиться с новыми разработками, а главное — обсудить различные вопросы и обменяться мнениями. Удаленная форма расширяет аудиторию как слушателей, так и докладчиков, сокращает финансовые и временные затраты, а, благодаря видеозаписи, позволяет ознакомиться с интересующими докладами позднее или обратиться к ним еще раз. Идеальным вариантом является максимальное объединение этих форм.

Именно такое сочетание выбрали организаторы **IX Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы геодезии и геоинформационных систем»**, которая прошла 2–3 сентября в Казани (с. 32). Новый выставочный комплекс «Казань Экспо» рядом с аэропортом и Городская астрономическая обсерватория, где находится кафедра астрономии и космической геодезии Института физики Казанского Приволжского федерального университета, — все располагало к деловой работе и общению. А онлайн-трансляция докладов в сети Интернет на канале YouTube выставочного центра и возможность выступить на конференции удалено значительно расширили аудиторию докладчиков и слушателей. Хорошим дополнением к сборнику тезисов в печатном и электронном видах стала видеозапись пленарного и секционного заседаний, с которой можно ознакомиться по ссылке <https://www.youtube.com/watch?v=hhjAq-QuDAE>.

Другое очное мероприятие — **II Международная научно-практическая конференция «Геодезия, картография и цифровая реальность»**, которая должна была пройти в марте, но была перенесена в связи с COVID-19, — состоялось 8–9 октября в Сочи (с. 33). Четкая организация дискуссий и секционных заседаний позволила редакции журнала не только познакомиться с новыми технологическими решениями, но и встретиться с авторами журнала, обсудить будущие публикации. Рабочий настрой, царивший на конференции, дополняли демонстрационные стенды с беспилотными аэросъемочными комплексами, мобильными и наземными сканирующими системами, высокоточными приемниками ГНСС. Организаторы обеспечили участникам возможность для неформального общения в вечернее время, что является неотъемлемой частью и важной составляющей любой очной конференции. С программой, докладчиками и их презентационными материалами можно ознакомиться на сайте АО «Роскартография» <https://www.roscartography.ru/conf/>.

Среди мероприятий, которые прошли удаленно, хочется отметить два, которые ежегодно проходят в осенний период, а редакция журнала выступает их информационным партнером. Организаторы этих событий не стали менять сроки их проведения, а разработали цифровые платформы, обеспечившие возможность участия в них специалистов из различных стран.

Конгресс и выставка **INTERGEO Digital 2020** состоялись 13–15 октября в цифровом формате. На выставке зарегистрировалось 228 экспонентов (примерно в 3 раза меньше, чем на предыдущей выставке), среди которых были компании из России: АО «Ракурс», Orient Systems Group, «Кредо-Диалог», Agisoft (Санкт-Петербург), ScanViz Lidar Systems (Калининград), «Коптис» (Екатеринбург). Познакомиться с экспонентами и представленной ими продукцией можно по ссылке <https://www.intergeo.de/en/exhibitor-list>. По оценкам организаторов, свой цифровой профиль для видеообщения создали около 12 тыс. посетителей из 153 стран, среди которых в первую десятку вошли: Германия, США, Швейцария, Великобритания, Австрия, Россия, Китай, Италия, Франция и Япония. Следует отметить, что успех выставки был достигнут, благодаря большой и кропотливой работе экспонентов, которые подготовили специальные сайты, виртуальные стенды, видеоролики, информационные материалы в цифровом виде и провели многочисленные видеосессии.

Виртуальная конференция Bentley «Год в Инфраструктуре» прошла 20–21 октября. 21 октября состоялась онлайн-церемония награждения победителей конкурса «Год в Инфраструктуре 2020», на которой в торжественной обстановке представители компании Bentley Systems объявили 19 победителей конкурса, а также вручили 14 специальных региональных премий. Проект «Комплекс переработки этаносодержащего газа. Обеспечение строительства» компании «Волгограднефтепроект» получил награду «За особые достижения» в категории «Комплексное использование цифровых двойников промышленных объектов». Видеоролики с конференции с субтитрами на двенадцати языках, включая русский, можно посмотреть на сайте <https://yii.bentley.com/en>.

Редакция журнала



Роскартография

Соединяем пространство и решения



ГЕОДЕЗИЯ



КАРТОГРАФИЯ



СПУТНИКОВАЯ
СЪЕМКА



АЭРОФОТОСЪЕМКА



БЕСПИЛОТНЫЕ
ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ
АППАРАТЫ



ПРОИЗВОДСТВО
ОБОРУДОВАНИЯ



СОЗДАНИЕ
ЦИФРОВОЙ
МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА



ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ

Информация о сотрудничестве: www.roscartography.ru | info@roscartography.ru

Редакция благодарит компании,
поддержавшие издание журнала:

Trimble (Платиновый спонсор),
JAVAD GNSS (Золотой спонсор),
«ГНСС плюс» (Информационный партнер),
АО «Роскартография»,
«ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»,
ГК «Геоскан», АО «Урало-Сибирская
ГеоИнформационная Компания»,
КБ «Панорама», ПК «ГЕО»,
ГБУ «Мосгоргеотрест»

Издатель
Информационное агентство «ГРОМ»

Генеральный директор
В.В. Groшев

Главный редактор
М.С. Романчикова

Редактор
Е.А. Дикая

Дизайн макета
И.А. Петрович

Дизайн обложки
И.А. Петрович

Интернет-поддержка
«Инфодизайн»

Почтовый адрес: 117513, Москва,
Ленинский пр-т, 135, корп. 2
E-mail: info@geoprofi.ru

Интернет-версия
www.geoprofi.ru



Instagram.com/geoprofi_2020

Facebook.com/geoprofi2020

Перепечатка материалов без разрешения
редакции запрещается. Мнение редакции
может не совпадать с мнением авторов.
Редакция не несет ответственности за
содержание рекламной информации.

Свидетельство о регистрации в Минпечати
России ПИ № 77-14955 от 03.04.2003 г.

ISSN 2306-8736

Периодичность издания —
шесть номеров в год.

Индекс для подписки в каталоге
Агентства «Урал-Пресс» 010688

Тираж 3000 экз. Цена свободная

Номер подписан в печать 06.11.2020 г.

Печать Издательство «Проспект»

ОТ РЕДАКЦИИ

**КОНФЕРЕНЦИИ И ВЫСТАВКИ ОЧНО И ОНЛАЙН.
ЧТО ЭФФЕКТИВНЕЕ?**

1

ТЕХНОЛОГИИ

К.А. Литвинцев, Е.Н. Струнина, А.А. Кобзев
**СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЯ — НОВЫЙ ВИТОК
В КОМПЛЕКСНЫХ КАДАСТРОВЫХ РАБОТАХ И
ЗЕМЕЛЬНОМ НАДЗОРЕ**

4

А.Н. Воронов, А.И. Козырев
**КОМПАНИЯ TALLYSMAN — ПРОИЗВОДИТЕЛЬ
ГНСС-АНТЕНН С МИРОВЫМ ИМЕНЕМ**

13

Р.Е. Глуховский
**РЕКОНСТРУКЦИЯ 3D МОДЕЛЕЙ ЗДАНИЙ ПО ДАННЫМ
ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ МЕТОДОМ РАЗБИЕНИЯ
НА СЕКЦИИ**

26

Е.В. Петрова
**СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ
КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ДЛЯ ИХ РЕСТАВРАЦИИ**

38

ПУТЕШЕСТВИЕ В ИСТОРИЮ

Р.Р. Барков
**ИСТОРИЧЕСКИЕ ЗНАКИ ПЕРВОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ВЫСОТНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ.
МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ**

16

А.С. Богданов, В.И. Глейзер
**ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ДУГА СТРУВЕ. ВИРТУАЛЬНАЯ ВСТРЕЧА
НА БЕРЕГАХ АЛТА-ФЬОРДА**

45

НОВОСТИ

30

ОБОРУДОВАНИЕ

31

СОБЫТИЯ

32

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

52

При оформлении первой страницы обложки использован фрагмент стереоизображения, предоставленного АО «Урало-Сибирская ГеоИнформационная Компания» (Екатеринбург). В центре — здание Екатеринбургского государственного цирка. Для просмотра необходимо использовать анаглифные красно-бирюзовые стереочки.



СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЯ — НОВЫЙ ВИТОК В КОМПЛЕКСНЫХ КАДАСТРОВЫХ РАБОТАХ И ЗЕМЕЛЬНОМ НАДЗОРЕ

К.А. Литвинцев (Росреестр)

В 1987 г. окончил геологический факультет Иркутского государственного университета, в 1997 г. — юридический факультет Иркутской государственной экономической академии. После окончания университета работал в Институте геохимии им. А.Г. Виноградова СО АН СССР (Иркутск), с 1997 г. — в ГУ «Дирекция Госземкадастра Иркутской области», с 2001 г. — директор ФГУ «Земельная кадастровая палата» по Иркутской области, с 2012 г. — заместитель директора, директор ФГБУ «ФКП Росреестра». С 2018 г. по настоящее время — советник руководителя Росреестра.

Е.Н. Струнина (АО «Урало-Сибирская ГеоИнформационная Компания», Екатеринбург)

В 2001 г. окончила факультет геологии и геофизики Уральской государственной горно-геологической академии по специальности «горный инженер-геофизик». После окончания института работала в ОАО «Хантымансийскеофизика», с 2002 г. — в ФГУП «Уралгеоинформ», с 2008 г. — в ООО «Технология 2000». С 2016 г. работает в АО «Урало-Сибирская ГеоИнформационная Компания», в настоящее время — заместитель директора по инновациям.

А.А. Кобзев (АО «Урало-Сибирская ГеоИнформационная Компания», Екатеринбург)

В 2018 г. окончил бакалавриат МИИГАиК, в 2020 г. — магистратуру по направлению «геодезия и дистанционное зондирование» (профиль «аэрокосмические съемки и фотограмметрия»). В настоящее время — аспирант МИИГАиК по направлению «аэрокосмические исследования земли, фотограмметрия». С 2018 г. работает в АО «Урало-Сибирская Геоинформационная Компания», в настоящее время — заместитель директора по стратегическому развитию.

В настоящее время в Российской Федерации не уточнены границы 24 миллионов земельных участков [1], а больше половины объектов капитального строительства не имеют координатного описания [2]. Уточнение границ этих объектов требуется в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 903 от 10.10.2013 г. (в ред. Постановления Правительства РФ № 560 от 22.04.2020 г.), которое реализуется в соответствии с Федеральной целевой программой «Развитие единой государственной системы регистрации прав и кадастрового учета недвижимости (2014–2020 годы)» [3].

Приказом Минэкономразвития России № 90 от 1 марта

2016 г. [4] установлено, что координаты характерных точек границ земельных участков и контуров зданий, сооружений или объектов незавершенного строительства могут определяться наземными геодезическими методами (традиционными и спутниковыми), фотограмметрическим методом, картометрическим или аналитическими методами. При этом точность плановых координат характерных точек в населенных пунктах определяется средней квадратической погрешностью (СКП), которая не должна превышать 10 см.

Учитывая указанное значение СКП, до недавнего времени координаты характерных точек границ земельных участков и

объектов капитального строительства в населенных пунктах измерялись, в большинстве случаев, только традиционными геодезическими или спутниковыми геодезическими методами.

Внедрение в практику аэрофотосъемочных работ (АФС) беспилотных воздушных систем (БВС) [5–7] и совершенствование нормативно-правовой базы (внесены изменения в Приказ Минэкономразвития России № 734 от 21.11.2016 г. [8], утвержден и введен в действие ГОСТ Р 58854–2020 [9]) открывают возможность широкого использования фотограмметрического метода для получения координат характерных точек в населенных пунктах при кадастровых работах.

Используя фотограмметрический метод, можно создавать стереомодели, ортофотопланы и другие виды топографической продукции по материалам АФС. Однако ортофотопланы не позволяют определять координаты характерных точек земельных участков и объектов капитального строительства при комплексных кадастровых работах с требуемой точностью из-за невозможности дешифровать около 70% характерных точек, разных масштабов крыш и оснований, а также перекрытия крышами основания строений, зданий и сооружений [10].

Стереомодели не имеют указанных недостатков, так как измерения проводятся в трехмерном пространстве по исходным аэроснимкам. Они обладают детализацией, соответствующей исходным аэроснимкам, и позволяют выполнять измерения координат с СКП 10 см в плане. Кроме того, при измерении координат характерных точек контура объекта капитального строительства имеется возможность «заглянуть» под крышу, а также однозначно идентифицировать характерные

точки границ земельного участка.

▼ Фотограмметрический метод в кадастровых работах

Технологическая схема фотограмметрического метода при выполнении кадастровых работ, в том числе комплексных кадастровых работ, включает этапы, приведенные на рис. 1.

Аэрофотосъемка с помощью БВС выполняется с продольным перекрытием 70% и поперечным — 60%. Фотограмметрическая обработка аэроснимков, а именно аналитическая фототриангуляция с опорными данными в виде координат центров проекции аэроснимков и наземных контрольных точек, осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения. В случае, если необходимы дополнительные наземные точки (например, если спутниковый приемник БВС был «заглушен») — их местоположение на местности выбирается по снимкам, а координаты измеряются наземными геодезическими методами и включаются в уравнивание.

Выходными данными после комплекса фотограмметриче-

ских работ являются стереомодели территории для каждого населенного пункта, по которым оператор определяет координаты характерных точек границ земельных участков и контуров объектов капитального строительства с СКП 10 см в плане и 25 см по высоте.

Оператор выполняет измерения за стереомонитором поляризованного типа, что позволяет избежать дополнительной нагрузки на глаза [11]. Итоговые значения координат характерных точек границ земельных участков и контуров объектов передаются кадастровому инженеру для подготовки карты-плана территории и сопутствующих документов, а также согласования.

В результате комплексных кадастровых работ по представленной технологической схеме координаты характерных точек, измеренные с помощью стереомодели, вносятся в ЕГРН для кадастрового учета. При этом, по сравнению с использованием наземных геодезических методов, срок подготовки графической документации сокращается приблизительно в 3–5 раз, а стоимость — в 2–3 раза (по опыту и стоимости работ в Республике Башкортостан).

▼ Постановка задачи

Администрацией г. Ижевска совместно с АО «Урало-Сибирская ГеоИнформационная Компания» (АО «УСГИК») было решено выполнить исследование по подтверждению точности определения плановых координат характерных точек границ земельных участков и контуров объектов капитального строительства по стереомоделям.

Задача исследования заключалась в сравнении и оценке разности координат характерных точек границ и контуров, полученных наземными геодезическими методами с помощью двухчастотных двухсистемных



Рис. 1

Технологическая схема выполнения комплексных кадастровых работ фотограмметрическим методом

ГНСС-приемников или электронного тахеометра, с координатами этих же точек, измеренных по стереомоделям города. Для этих целей было выбрано 162 контрольные точки, которые соответствовали контурам объектов капитального строительства (углы зданий разной этажности и вида) и границам земельных участков (углы ограждений различного типа). Объекты капитального строительства и земельные участки были выбраны равномерно по всей территории г. Ижевска (рис. 2).

▼ Экспериментальные исследования

Экспериментальные исследования включали следующие этапы (табл. 1):

— первый этап — геодезические измерения на контрольных точках;

— второй этап — стереоскопические измерения координат контрольных точек по стереомодели г. Ижевска;

— третий этап — сравнение координат контрольных точек, полученных наземными геодезическими методами и с помощью стереомодели;

— четвертый этап — интерпретация результатов экспериментальных исследований.

В качестве исходных данных для исследования использовались стереомодели на г. Ижевск общей площадью 315 км², созданные в соответствии с ГОСТ Р 58854–2020 [9].

Стереомодели были получены по результатам аэрофотосъемки, выполненной в 2019 г. с БВС Геоскан-201 с камерами Sony RX1 (24 Мпикселя) и RX1RM2 (42 Мпикселя). Размер пикселя на земле составлял 5 см. Для геодезической привязки использовались координаты центров проекции аэроснимков, измеренные с помощью бортового геодезического ГНСС-приемника Topcon B110 и антенны Maxtena. Координаты вычислялись с помощью ПО Waypoint GrafNav 8.7. Аналитическая фототриангуляция выполнялась методом связок с самокалибровкой камер.

Качество стереомodelей оценивалось по координатам маркированных наземных точек, которые были определены с помощью ГНСС-приемников TRIUMPH-1 и TRIUMPH-1M.

При фототриангуляции вычисленная СКП разностей координат 27 контрольных точек, измеренных по снимкам и определенных спутниковыми приемниками, в плане составила 3 см (максимальная — 4 см), а

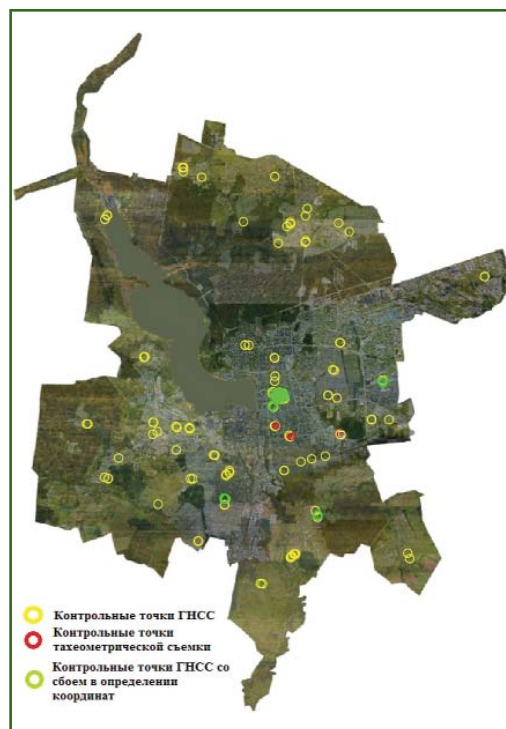


Рис. 2
Местоположение контрольных точек на территории г. Ижевска

по высоте — 5 см (максимальная — 20 см).

Первый этап эксперимента включал измерения координат контрольных точек наземными геодезическими методами, которые выполнялись сотрудниками АО «УСГИК» и Администрации г. Ижевска с помощью ГНСС-приемников TRIUMPH-1 и

Виды работ, выполненных на каждом этапе экспериментальных исследований

Таблица 1

Наименование этапа	Виды работ
Первый этап	1. Спутниковые определения ГНСС-приемниками. 2. Измерения электронным тахеометром. 3. Составление фотоабрисов. 4. Обработка измерений и вычисление координат контрольных точек.
Второй этап	1. Стереоскопические измерения координат контрольных точек первым исполнителем. 2. Стереоскопические измерения координат контрольных точек вторым исполнителем. 3. Сравнение координат контрольных точек, полученных разными исполнителями. 4. Вычисление средних значений координат контрольных точек.
Третий этап	Вычисление СКП разности координат контрольных точек из геодезических и стереоскопических измерений.
Четвертый этап	Выводы о точности определения координат характерных точек объектов недвижимости по стереомодели.



Рис. 3
Выполнение измерений ГНСС-приемником



Рис. 4
Выполнение измерений электронным тахеометром

TRIUMPH-1M в режиме быстрой статики (рис. 3) и электронным тахеометром Topcon GPT-3105N с отражателем (рис. 4). При спутниковых определениях использовались сети постоянно действующих базовых станций, оснащенных ГНСС-приемниками EFT RS1 и Geodetika GRC220. Все оборудование имело действующие сертификаты метрологической поверки.

При работе ГНСС-приемников на контрольных точках

задавались следующие параметры:

- дискретность записи — 1 Гц;
- углы возвышения спутников над горизонтом — 0° ;
- минимальное количество наблюдаемых спутников — 10;
- коэффициент снижения точности (PDOP) — не более 3,0;
- максимальное расстояние до базовой станции — 12 км.

Во время полевых измерений выполнялось фотографирование места установки вехи со спутниковым приемником или отражателем минимум с двух ракурсов, заполнялась сопроводительная таблица с наименованием контрольной точки и параметрами установки прибора. В дальнейшем фотоизображение использовалось оператором для однозначного определения местоположения контрольной точки при измерениях по стереомодели.

По результатам спутниковых определений вычислялись и уравнивались координаты контрольных точек в программном обеспечении ПО Waypoint

GrafNet v. 8.70 в системе координат WGS-84 на эпоху выполнения работ по созданию пространственных данных в 2019 г.

В процессе постобработки данные, полученные при спутниковых определениях, не позволили вычислить координаты на 27 контрольных точках, а на 7 контрольных точках вычисленные координаты имели значения СКП, превышающие допустимые значения, установленные Приказом Минэкономразвития России [4], более чем в два раза.

Это было вызвано тем, что эти контрольные точки находились на территории города с высотными зданиями, а расположение антенны ГНСС-приемника при измерении координат углов зданий значительно ограничивало прием навигационных сигналов. Количество доступных спутников, от которых можно было принимать навигационные сигналы, для системы GPS составляло 3–4 спутника, а для системы ГЛОНАСС — 3 спутника, в то время как в районе с малоэтажной застройкой количество доступ-

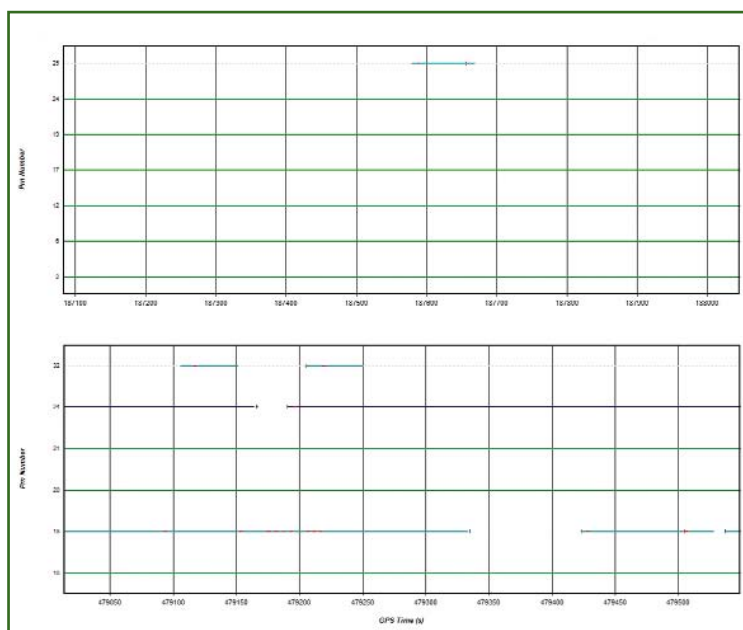


Рис. 5
Графики приема сигнала L1 спутников GPS на окраине (вверху) и в центре города (внизу) при определении координат приемниками ГНСС на контрольной точке (угол здания)

ных спутников GPS составляло 6, а спутников ГЛОНАСС — 5. На рис. 5 цвет линии приема сигнала соответствует возвышению спутника (зеленый — более 30°, голубой — от 20° до 30°, синий — от 15° до 20°). Красным цветом показаны краткосрочные срывы в приеме сигнала. Пропуски в линиях соответствуют отсутствию приема сигнала от спутника.

Другая причина искажения результатов спутниковых определений, вызывающая ошибки при вычислении координат контрольной точки, была связана с многолучевостью.

В результате обработки геодезических измерений были вычислены координаты 128 из 162 измеренных контрольных точек в системе координат WGS-84. В последующем, значения координат контрольных точек были преобразованы в систему координат МСК-18 по параметрам, полученным в процессе выполнения работ при создании стереомоделей. По итогам был получен каталог 128 контрольных точек на территории Ижевска в системе координат МСК-18 и Балтийской системе высот 1977 г. Оценка точности вычисленных координат контрольных точек показала, что СКП в плане не превышает 2 см, а по высоте — 4 см.

Второй этап эксперимента заключался в стереоскопических измерениях координат контрольных точек в системе МСК-18 и Балтийской системе высот 1977 г. по стереомоделям. Измерения на контрольных точках выполнялись двумя опе-

ратора, независимо друг от друга (рис. 6).

Измерения по стереомоделям каждый оператор выполнял в следующей последовательности:

- наводил марку на контрольную точку, используя фотоизображение и абрис, подготовленные во время измерений на местности спутниковым приемником или электронным тахеометром, проводил перебор стереопар и определял координаты контрольной точки на стереопаре с наилучшими условиями ее наблюдения;
- экспортировал каталог координат контрольных точек, измеренных стереоскопически.

Кроме того, для каждой контрольной точки оператор заполнял пояснительную таблицу, в которую заносил следующие сведения:

- тип контрольной точки (земельный участок, объект капитального строительства и др.);
- краткое описание ее местоположения (например, бетонный забор, угол пятиэтажного дома и т. п.);
- общее количество стереопар, на которых изображается контрольная точка;
- количество стереопар, на которых контрольная точка распознается уверенно;
- название стереопары, по которой выполнено измерение координат;
- субъективную оценку распознавания контрольной точки и качества измерения ее координат (хорошо, удовлетворительно, плохо, невозможно).



Рис. 6
Процесс измерения координат контрольных точек в стереоскопическом режиме

Используя каталоги координат, вычислялись разности координат между одноименными контрольными точками, полученные каждым оператором. Среднее расхождение составило 4 см, максимальное — 9,7 см. Так как расхождение между координатами, полученными каждым оператором, не превысили 10 см, то окончательные значения координат каждой из 162 контрольных точек вносились в каталог как среднее из двух стереоизмерений.

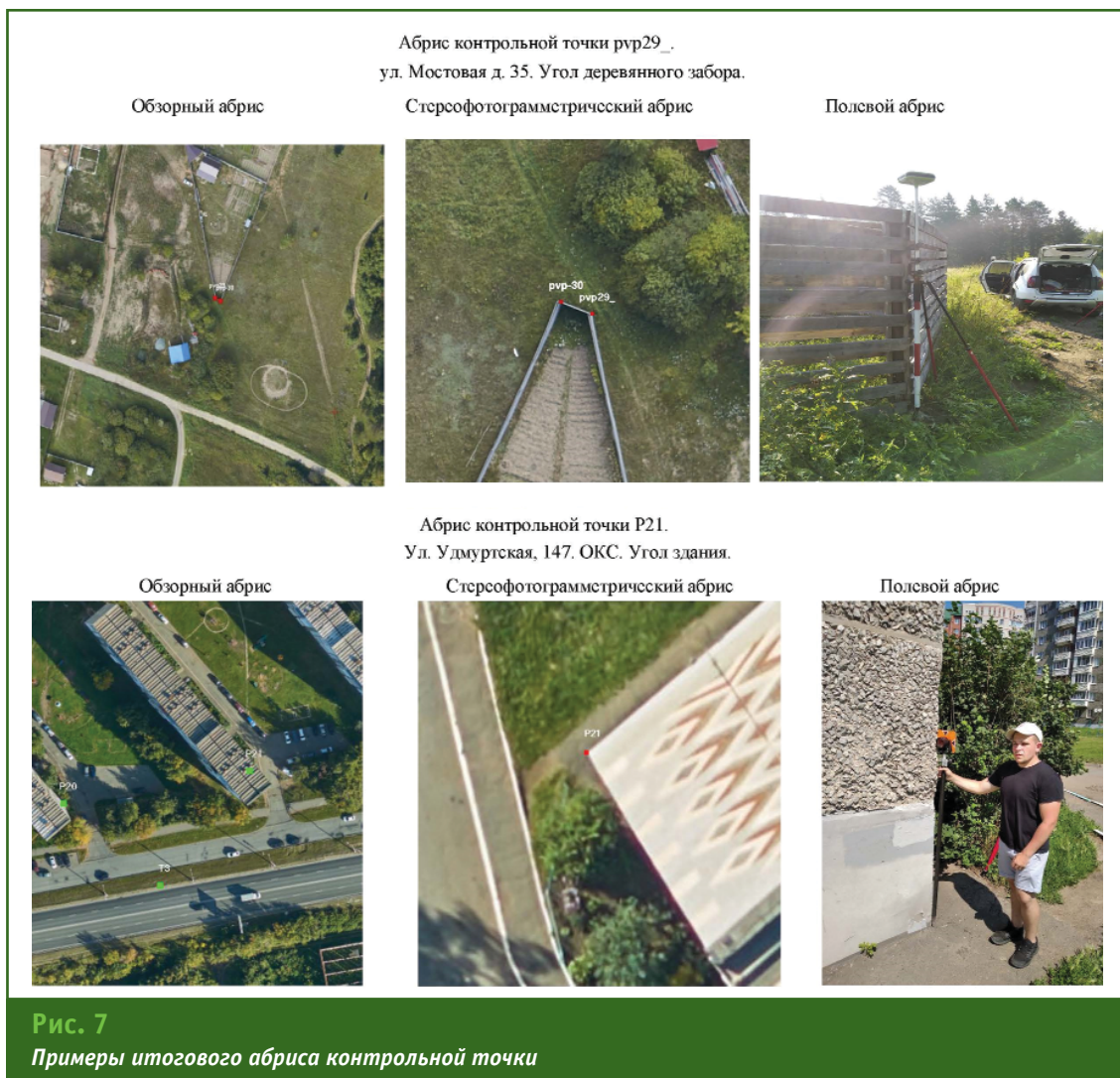
Также составлялись итоговые абрисы, содержащие обзорный абрис, абрис со стереопары, по которой выполнялись измерения, и полевой фотоабрис (рис. 7).

На **третьем этапе** эксперимента было выполнено сравнение координат контрольных точек, полученных наземными геодезическими методами и по стереомоделям.

Расхождения в координатах контрольных точек, полученных по геодезическим и стереоскопическим измерениям

Таблица 2

Диапазон	dS, см			dH, см		
	От 0 до 5	От 5 до 10	От 10 до 14	От 0 до 10	От 10 до 15	От 15 до 25
Количество контрольных точек	76	40	12	125	2	1



Расхождения координат между контрольными точками, полученными по стереомоделям ($X_{сф}$, $Y_{сф}$) и наземными геодезическими методами (X_r , Y_r), в плане вычислялись по формуле:

$$dS = \sqrt{(X_{сф} - X_r)^2 + (Y_{сф} - Y_r)^2}.$$

В табл. 2 приведено распределение расхождений в заданных диапазонах между координатами контрольных точек, определенных наземными геодезическими и стереофотограмметрическим методами в плане и по высоте.

Как видно из таблицы, разность в координатах, вычисленная из двух измерений для 128 контрольных точек, не превысила в плане 14 см и меньше $10\sqrt{2}$ см, что удовлетворяет требованиям Приказа Минэкономразвития России [4]. При этом

60% расхождений в плане составили менее 5 см, 90% — менее 10 см. Погрешность по высоте не превысила 25 см, а 98% расхождений составили менее 10 см.

СКП для 128 контрольных точек (координаты которых были определены без сбоя наземными геодезическими методами) между координатами, полученными по стереофотограмметрическим и геодезическим измерениям, составила 3 см в плане и 8 см по высоте.

Следует отметить, что стереофотограмметрическим методом были определены координаты 162 контрольных точек, а спутниковым геодезическим методом с использованием ГНСС-приемников только — 135, из которых 7 точек имели ошибки

в определении координат (средние квадратические расхождения между стереоскопическими и геодезическими измерениями для этих точек составили 60 см в плане и 160 см по высоте), причины которых описаны выше. При стереоскопических наблюдениях на этих точках двумя фотограмметристами, расхождения **между приемами не превысили допустимых значений, как и на остальных точках.**

На **четвертом этапе** совместной комиссией из представителей Администрации г. Ижевска и АО «УСГИК» на основании проведенного исследования **были сделаны следующие выводы:**

— стереомодели г. Ижевска соответствуют заявленной точности 10 см в плане и 25 см по высоте (табл. 2);

— стереофотограмметрический метод рекомендуется для определения координат характерных точек границ земельных участков и контуров объектов капитального строительства на землях населенных пунктов и промышленности, а также иных работ, связанных с получением пространственных данных со средней квадратической погрешностью 10–20 см в плане и 25 см по высоте.

В заключение следует отметить, что результаты, полученные в ходе экспериментальных исследований, подтвердили равнозначность наземных геодезических и фотограмметрического методов по точности определения координат при выполнении кадастровых работ в населенных пунктах. При этом для определения координат объектов недвижимости необходимо применение стереофотограмметрического метода, а использование ортофотопланов недопустимо.

Сtereoфотограмметрический метод по сравнению с наземными геодезическими методами обладает следующими преимуществами:

1. Позволяет определять координаты характерных точек, доступ к которым наземными геодезическими методами ограничен (внутренние границы земельных участков и контуры объектов капитального строительства).

2. Значительно сокращает сроки выполнения работ — определение координат проводится в 2–3 раза быстрее, а значит снижается и их стоимость.

3. Обеспечивает наглядность, поскольку по стереомодели можно оценить ситуацию на территории проведения кадастровых работ и исключить реестровые ошибки, ошибки в установлении границ земельных участков и др.

4. Наличие стереомодели города позволяет определять

координаты характерных точек при кадастровых работах в камеральных условиях и не зависеть от полевого сезона.

Кроме того, эксперимент выявил ограничения при использовании ГНСС-оборудования для измерения координат характерных точек контуров объектов капитального строительства на городской территории, застроенной зданиями высокой этажности, из-за нарушения приема сигналов спутников ГНСС.

Еще одно преимущество стереомодели заключается в их соответствии требованиям к пространственным данным Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». А именно, пространственные данные должны быть достоверными, точными, трехмерными, удобными в использовании и многофункциональными, т. е. быть полезными различным структурным подразделениям администраций городов — от управлений имущественных отношений и земельных ресурсов до управлений архитектуры и градостроительства. Это может подтвердить опыт использования стереомодели в Республике Башкортостан, Свердловской и Калининградской областях, а также в городах — Уфе, Салавате, Екатеринбурге, Калининграде и Ижевске.

В настоящее время стереофотограмметрический метод для определения координат объектов недвижимости при проведении комплексных кадастровых работ внедрен на территориях муниципальных образований Республики Башкортостан, в г. Саранске и планируется к использованию в г. Ижевске.

▼ Список литературы

1. Росреестр призывает правообладателей проверить точное описание границ земельных участков. — [\[opisanie-granits-zemelnykh-uchastkov/\]\(https://rosreestr.gov.ru/site/press/news/rosreestr-prizyvaet-pravoobladateley-proverit-tochnoe-opisanie-granits-zemelnykh-uchastkov/\).](https://rosreestr.gov.ru/site/press/news/rosreestr-prizyvaet-pravoobladateley-proverit-tochnoe-

</div>
<div data-bbox=)

2. Публичная кадастровая карта. — <https://pkk.rosreestr.ru>.

3. Федеральная целевая программа «Развитие единой государственной системы регистрации прав и кадастрового учета недвижимости (2014–2020 годы).

4. 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».

5. Зуев Н.А., Кобзев А.А. Возможность применения аэрофото съемки с БАС для комплексных кадастровых работ // Геопрофи. — 2017. — № 4. — С. 11–15.

6. Виноградов А.В., Войтенко А.В., Жигулин А.Ю. Оценка точности метода Precise Point Positioning и возможности его применения в кадастровых работах // Геопрофи. — 2010. — № 2. — С. 27–30.

7. Литвинцев К.А., Кобзева Е.А., Струнина Е.Н. Применение стереофотограмметрического метода в кадастре недвижимости и земельном надзоре // Геопрофи. — 2019. — № 6. — С. 20–23.

8. Приказ Минэкономразвития России № 734 от 21.11.2016 г. (ред. от 13.09.2019 г.) «Об установлении формы карты-плана территории и требований к ее подготовке, формы акта согласования местоположения границ земельных участков при выполнении комплексных кадастровых работ и требований к его подготовке».

9. ГОСТ Р 58854-2020 Фотограмметрия. Требования к созданию ориентированных аэроснимков для построения стереомодели застроенных территорий.

10. Алябьев А.А., Литвинцев К.А., Кобзева Е.А. Фотограмметрический метод в кадастровых работах: цифровые стереомодели и ортофотопланы // Геопрофи. — 2018. — № 2. — С. 4–8.

11. Алябьев А.А., Кобзева Е.А., Грачев А.В. Стереомониторы SM-1 // Геопрофи. — 2017. — № 5. — С. 23–26.

АО "Урало-Сибирская Геоинформационная Компания"

УСГИК

трехмерная
стереомодель

INSOT

Базовый элемент цифрового
двойника города

№ 5616 в Реестре российских программ для ЭВМ и баз данных.

+7 (343) 212-5995

info@usgik.ru

usgik.ru

Антенны VeraPhase

Прецизионные ГНСС антенны для выполнения высокоточных работ и развития сетей базовых станций.

- максимальная круговая поляризация на всех частотах ГНСС;
- мощное усиление приема ГНСС сигналов на всех частотах (диапазон 1164 - 1300 МГц + диапазон 1559 - 1610 МГц);
- отбраковка посторонних сигналов, в том числе LTE;
- высокая стабильность положения фазового центра (+/- 1 мм);
- низкое энергопотребление;
- диаметр 167 мм, высота 175 мм, вес 820 гр.



Антенны VeroStar

Поддержка приема спутниковых сигналов по всем существующим частотам от всех развернутых ГНСС систем, включая региональные системы (WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN) и сервисы коррекции L-Band.

- отличная диаграмма направленности для исключительного отслеживания сигналов ГНСС и L-Band на малых высотах;
- улучшенное подавление многолучевости;
- оптимальное отношение сигнал/шум;
- стабильность положения фазового центра (+/- 2 мм);
- защита от пыли и влаги - IP69K;
- диаметр 170 мм, высота 74,9 мм, вес 500 гр.



Антенны VeraChoke

Предназначены для эталонных и контрольных измерений, оптимально подходят для оснащения постояннодействующих базовых станций.

- работа на всех доступных частотах ГНСС;
- максимальная круговая поляризация обеспечивает прием ГНСС сигналов 360°;
- технология ChokRing практически полностью исключает влияние многолучевости;
- прецизионная стабильность фазового центра (<1 мм);
- соответствие IP67, CE Mark, REACH и RoHS;
- диаметр 378 мм, высота 150,8 мм, вес 5.4 кг.



Официальный дилер компании Tallysman в России

КОМПАНИЯ TALLYSMAN — ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ГНСС-АНТЕНН С МИРОВЫМ ИМЕНЕМ

А.Н. Воронов («ГНСС плюс»)

В 2002 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «космическая геодезия». С 2005 г. работал в ЗАО «ПРИН», с 2013 г. — в Группе компаний «Геодезия и Строительство». С 2019 г. работает в ООО «ГНСС плюс», в настоящее время — директор по развитию.

А.И. Козырев («ГНСС плюс»)

В 1982 г. окончил Московский геологоразведочный институт им. Серго Орджоникидзе по специальности «горный инженер-геофизик». После окончания института по 1991 г. работал в Кавалеровской геофизической экспедиции Приморгеологии (Владивосток), с 1998 г. по 2002 г. — в Приморском аэрогеодезическом предприятии (Владивосток), с 2004 г. — в ЗАО «ПРИН». С 2017 г. работает в ООО «ГНСС плюс», в настоящее время — ведущий инженер.

Компания Tallysman, базирующаяся в Оттаве (Канада), является разработчиком, производителем и поставщиком ГНСС-антенн, антенн связи (Iridium и Globalstar), а также специализированных аксессуаров. Компания сосредоточена на многофункциональных, высокопроизводительных технологиях и решениях. Ее основные направления деятельности включают разработку радиочастот-

ных и ГНСС-компонентов, а также цифровых беспроводных сетей.

Компания Tallysman основана в 2009 г. и с каждым годом развивается все стремительнее. Это неудивительно, ведь у истоков ее создания стояли специалисты с колоссальным опытом, такие как Джэйлс Пантер (Gyles Panther), президент и главный технический директор, Джон Сеймур (John Seymour), соучре-

дитель и директор по продукции для беспроводной инфраструктуры, и Джон Хекман (John Heckman), соучредитель и главный дизайнер продукции для беспроводной инфраструктуры.

Джэйлс Пантер является ветераном технологической индустрии с более чем 35-летним опытом в области инженерии и корпоративного управления. Начав с работы в легендарной компании Microsystems Internatio-

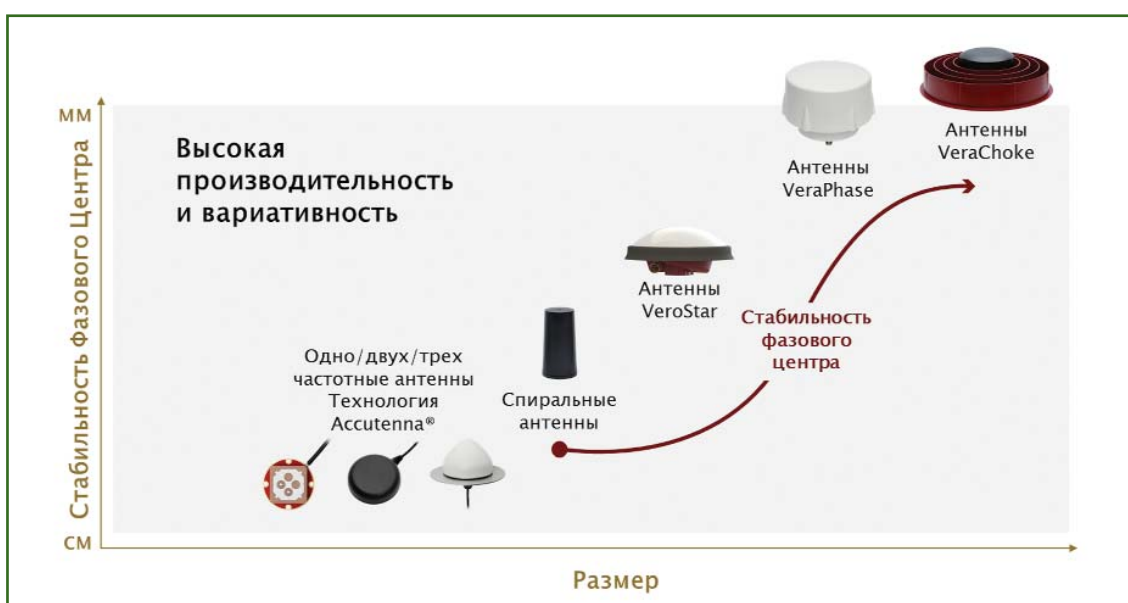


Рис. 1

Портфолио ГНСС-антенн компании Tallysman

nal, затем он занимал должность вице-президента по инжинирингу в Siltronics Ltd., а в дальнейшем был соучредителем и руководителем компаний SiGEM и Wi-Sys Communications. В его активе более десяти патентов. Дж. Пантер с отличием окончил Лондонский городской университет и имеет диплом в области прикладной физики.

Джон Сеймур 25 лет работает в области проектирования, управления и развития бизнеса в секторе беспроводной передачи данных. Имеет обширный опыт работы в области ГНСС, телеметрии и телематики, в разработке систем слежения за машинным парком, картографирования и диспетчеризации, а также систем передачи данных, работающих в обычных радиосетях.

Джон Хекман обладает более чем 35-летним опытом проектирования и управления программными системами, в том числе 15 лет посвятил разработке логики оборудования. Длительное время специализировался на проектировании и сопровождении проектов высоконадежных операционных систем для управления судами и контроля в аэропортах.

В настоящее время ассортимент ГНСС-антенн (рис. 1), их компонентов, а также сопутствующих аксессуаров, предлагаемых компанией Tallysman, является, пожалуй, наиболее обширным среди ведущих мировых производителей.

ГНСС-антенны компании Tallysman используются для точной синхронизации времени (тайминга), для навигации и ориентирования: на беспилотных летательных аппаратах, морских судах, железнодорожном транспорте, сельскохозяйственной и строительной технике, для оснащения референсных (постоянно действующих базовых) станций при геодезических измерениях и топографических съемках, для обеспечения спут-

никовой связи (Iridium и Globalstar) и др.

Продукция Tallysman основана на запатентованных компанией технологиях Accutenna и VeraPhase, а также на недавно представленных инновациях VeroStar и Helical. Благодаря этим технологиям обеспечиваются наилучшие характеристики антенн (практически круговая поляризация, высокое подавление многолучевого сигнала, стабильность фазового центра). Рассмотрим их более подробно.

▼ Технология Accutenna

Эта уникальная дипольная технология реализована в антеннах с керамическим корпусом (рис. 2), которые:



Рис. 2
ГНСС-антенна с керамическим корпусом на технологии Accutenna

— обеспечивают качественный прием сигнала по всей полосе рабочих частот антенны;

— гарантируют подавление многолучевых и кросс-поляризованных сигналов;

— предоставляют возможность предварительной фильтрации сигналов близкого частотного диапазона;

— позволяют работать как на частоте GPS L1, так и с несколькими спутниковыми системами (GPS, ГЛОНАСС, BeiDou и Galileo).

▼ Технология VeraPhase

Данная технология позволяет производить высокоэффективные ГНСС-антенны (рис. 3), которые обеспечивают:



Рис. 3
Высокоточная ГНСС-антенна на технологии VeraPhase

— практически круговую поляризацию на всех частотах ГНСС;

— стабильное положение фазового центра на всех частотах (± 1 мм);

— максимальное усиление в диапазоне частот ГНСС (1164–1300 МГц и 1559–1610 МГц).

▼ Технология VeroStar

На основе этой технологии создан уникальный совмещенный дипольный антенный элемент с полосой пропускания всех ГНСС-сигналов (рис. 4), обладающий:

— гарантированной диаграммой направленности для отслеживания сигналов ГНСС и L-Band на малых высотах;

— высокоэффективной радиальной схемой для улучшенного подавления многолучевости;

— стабильным положением фазового центра (± 2 мм);

— оптимальным отношением сигнал/шум.



Рис. 4
ГНСС-антенна на технологии VeroStar

▼ Технология Helical

Спиральные антенны, основанные на технологии Helical, разработаны для приложений, требующих высокой производительности и универсальности при минимальном весе (рис. 5). Одним из эффективных применений этих антенн является их установка на беспилотные летательные аппараты. К особенностям антенн относятся:

— чрезвычайно малый вес — от 5 г до 37 г;



Рис. 5
Спиральная ГНСС-антенна на технологии Helical



Рис. 6
ГНСС-антенна VeraChoke

— новый спиральный антенный элемент с гарантированной диаграммой направленности и подавлением многолучевости;

— возможность работы в широком диапазоне частот ГНСС (одно-, двух- и трехдиапазонные антенны), в том числе L-Band;

— чрезвычайно маломощный усилитель в сочетании с предварительным фильтром.

▼ Особенности антенн VeraChoke

Отдельное место среди оборудования компании Tallysman занимают ГНСС-антенны Vera-

Choke (рис. 6), которые предназначены, в первую очередь, для оснащения постоянно действующих базовых станций.

Антенны VeraChoke могут выпускаться в разных форма-факторах. Они используются для эталонных и контрольных приложений, а по производительности превосходят все доступные на рынке антенны типа Choke Ring. Среди их особенностей следует отметить:

— максимальную круговую поляризацию для приема ГНСС-сигналов в радиусе 360°;

— высокую стабильность фазового центра (<1 мм) для обеспечения максимальной точности;

— работу на всех доступных частотах ГНСС;

— практически полное подавление многолучевости;

— соответствие требованиям IP67, REACH и RoHS.

В заключение следует отметить, что благодаря собственным запатентованным технологиям, отличной сервисной поддержке и сжатым срокам выполнения заказа, компания Tallysman имеет стабильный ежегодный финансовый рост. Также увеличивается и ассортимент выпускаемой продукции.

В ближайших планах компании Tallysman — обеспечить расширение сфер применения предлагаемой продукции для еще большего охвата потенциальных пользователей.

ООО «ГНСС плюс» является официальным дистрибьютором компании Tallysman на территории Российской Федерации.

Некоторые ключевые события компании Tallysman за последние годы

2017 г.:

- антенны компании выбраны как элемент открытой сотовой связи;
- выпущены антенны с высоким коэффициентом усиления;
- анонсирована низкопрофильная ГНСС-антенна для железнодорожного транспорта;
- объявлено об LNA модернизации для антенн типа Choke Ring;
- представлены легкие компактные антенны, принимающие сигналы L1/L2 + G1/G2.

2018 г.:

- объявлено о сертификации антенны TW3972 для железнодорожного транспорта;

- анонсирована антенна типа Choke Ring.

2019 г.:

- выпущены первые легкие спиральные ГНСС-антенны;
- представлена новая ГНСС-антенна VeroStar.

2020 г.:

- анонсирована легкая мультисистемная трехдиапазонная спиральная ГНСС антенна;
- объявлено о беспрецедентной трехлетней гарантии на антенны и аксессуары;
- выпущены новые легкие мультисистемные трехдиапазонные спиральные ГНСС-антенны HC976 и HC976E;
- представлены новые разветвители ГНСС-сигналов Smart Power TW162 и TW164;
- выпущены трехдиапазонные ГНСС-антенны для систем автономного управления транспортными средствами;
- трехдиапазонная ГНСС-антенна TW3972 получила европейский сертификат соответствия для железнодорожного транспорта.

ИСТОРИЧЕСКИЕ ЗНАКИ ПЕРВОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЫСОТНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ. МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Р.Р. Барков (Санкт-Петербургская ассоциация геодезии и картографии)

В 1995 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономогеодезия». После окончания института работал в УГПП «Спецгеофизика», с 1996 г. — в ФГУ «Ростест-Москва», с 2000 г. — в ФГУП «Уренгойфундаментпроект», с 2004 г. — в НПК «Йена Инструмент», с 2006 г. — в ООО «Центр Инженерных Геотехнологий», с 2016 г. — в ООО «ПТЕРО», с 2019 г. — в ООО «Фотометр». В настоящее время — главный маркшейдер ООО «НГК «Горный». Член Санкт-Петербургской ассоциации геодезии и картографии.

Рассматривая геодезические знаки в качестве потенциальных объектов культурного наследия [1], представляющих собой ценность с точки зрения науки и техники и являющихся свидетелями различных эпох, Санкт-Петербургской ассоциацией геодезии и картографии и отдельными энтузиастами в разных городах РФ выполняются историко-технические исследования сохранившихся геодезических знаков, направленные на выявление тех из них, которые имеют историческое значение. Этот процесс непростой, но крайне увлекательный. Следует отметить, что полевому обследованию предшествует кропотливый подготовительный камеральный этап. Помимо чисто технических источников (отчеты, планы и карты, библиография), приходится изучать исторические и современные описательные документы.

В продолжение работы по изучению ранних высотных геодезических знаков города Москвы [2], автором в течение 2020 г. выполнено историко-техническое исследование нивелирных линий на территории города Москвы и Московской области, проложенных в период 1873–1927 гг. в рамках про-

ектов развития государственной высотной сети различными ведомствами:

— Военно-топографическим отделом Главного штаба (ВТО ГШ) — 1873–1886 гг.;

— Отделом земельных улучшений (ОЗУ) Министерства земледелия — 1916–1918 гг.;

— Корпусом военных топографов (КВТ), затем Военно-топографическим управлением (ВТУ) — 1918–1926 гг.;

— Высшим геодезическим управлением (ВГУ) — 1921–1927 гг.

Исторические рамки данного исследования ограничиваются **вторым** уравниванием **государственной сети** и изданием в 1934 г. каталога высот марок и реперов высокоточного и точного нивелирования [3].

В тексте статьи используется термин «Московская область», имея ввиду совокупную территорию города Москвы и Московской области в современных границах.

В ходе исследования изучены исторические материалы и документы, обследованы все места закладки марок и реперов, за исключением утраченных зданий и двух режимных объектов, выявлены сохранившиеся знаки и, в отдельных слу-

чаях, следы их установки (рис. 1).

Полевое обследование выполнялось методом визуального осмотра зданий и сооружений, а в случаях поиска грунтовых реперов — осмотра мест их потенциальной установки. При выявлении знака осуществлялась фотосъемка с описанием его положения в стене здания и определением расстояний от конструктивных элементов.

В опубликованных каталогах высот нивелирных знаков содержатся лишь общие описания, а кроки закладки марок, если и составлялись, то не публиковались (за исключением отчета ОЗУ [4]). Поэтому при обследовании плановое положение многих марок удавалось определить только на основе данных о расстояниях от узловой или начальной точки нивелирного хода. После вычисления расстояния между соседними знаками, оно откладывалось по карте от одного знака до другого, начиная с объекта, однозначно опознаваемого на планах конца XIX — начала XX века (например, здание паровозного депо).

Отдельного примечания заслуживают случаи выявления мест закладки знаков при отсутствии дисков марок по сохра-

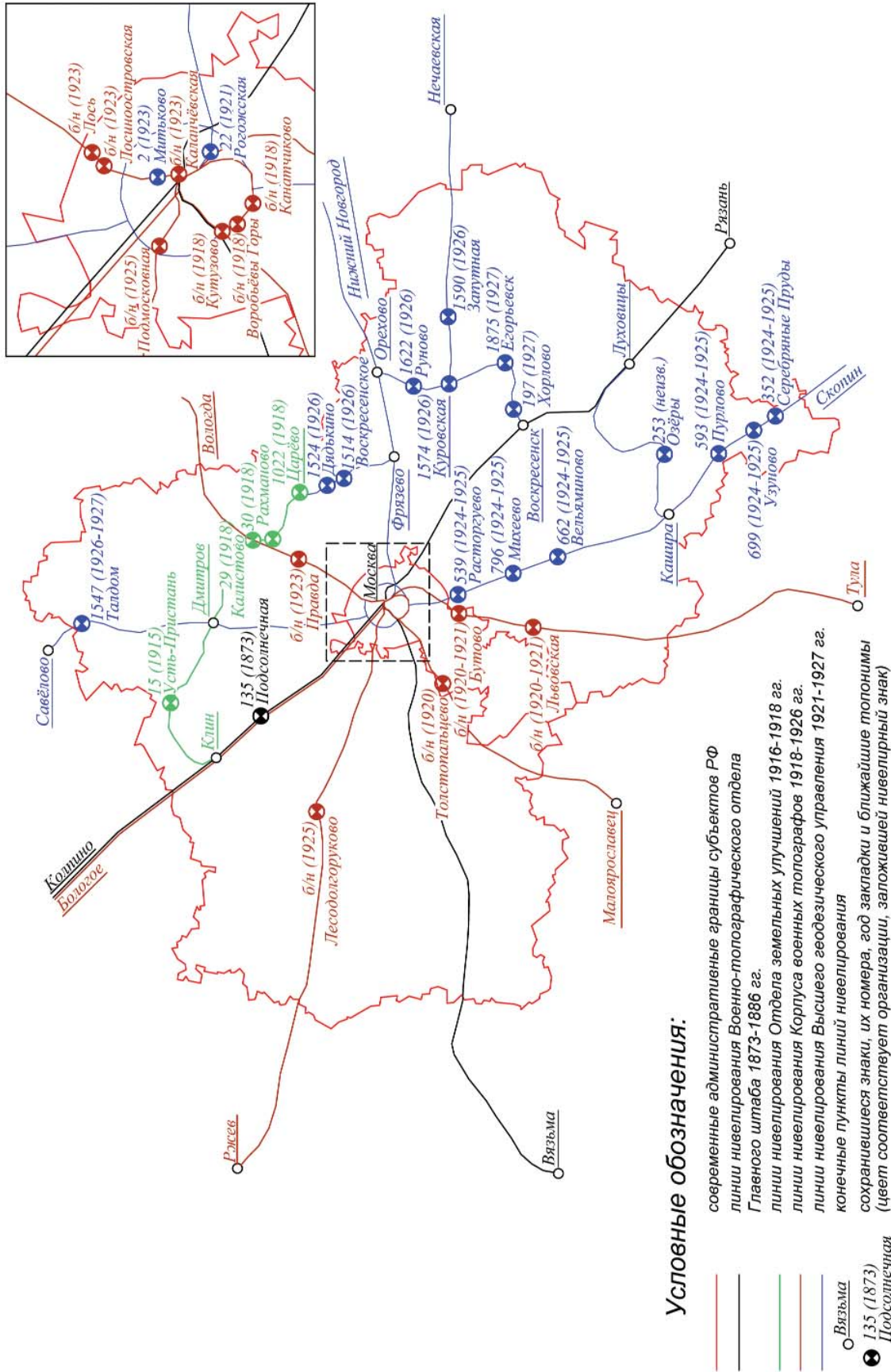


Рис. 1
 Схема обследованных нивелирных линий 1873–1927 гг. на территории города Москвы и Московской области

нившимся приливам, кольцевидным выступам в кирпичной стене, квадратным облицовкам (все марки КВТ сопровождались таким оформлением) и отверстиям, в которые марки были установлены. Таких мест было выявлено около десятка. При должной технической аккуратности приблизительная отметка знака может быть восстановлена, но считать такое место сохранившимся знаком некорректно.

▼ Военно-топографический отдел Главного штаба

Систематические работы по нивелированию территории Российской Империи начались в 1871 г., при этом только с 1873 г. высоты стали определять горизонтальным лучом — методом геометрического нивелирования, [5]. Работы проводились Военно-топографическим отделом Главного штаба. Еще на первой Генеральной конференции представителей для центрально-европейских градусных измерений в октябре 1864 г., в Берлине, было признано целесообразным выполнять геометрическое нивелирование вдоль железных дорог для точного определения разностей уровней морей. Полковник Генерального штаба С.Д. Рыльке указывал, что обширному применению этого метода способствовала повсеместная замена «обыкновенных путей рельсовыми».

Согласно [6], устанавливаемые нивелирные марки отливались из чугуна. Марка состояла из диска диаметром 13,6 см, снабженного с обратной стороны приливом (в описаниях также встречается термин «хвост»), ось которого была перпендикулярна плоскости диска. Хвост имел вид четырехугольной пирамиды, сужающейся к диску. Марки укреплялись с помощью цементного раствора в стены каменных сооружений таким образом, чтобы диск оставался в вертикальном положении. На лицевой стороне диска

марки был сделан выступ цилиндрической формы, в центре которого делалось небольшое углубление, обозначавшее точку, соответствующую высотной отметке марки. Вес марки составлял 1,9 фунта (0,8 кг). На них была отлита надпись «Нивелировка Главного Штаба» и год проведения работ. На всех марках, заложенных с 1871 по 1877 гг., обозначались номера. Превышение центров марок над инструментом определялось непосредственным измерением расстояния от центра до проекции геометрической оси инструмента на вертикальной стене сооружения. Расстояние между марками нивелирования 1871–1877 гг. изменялось от 4 (4,3 км) до 10–12 верст (10,7–12,8 км). Для установки марок выбирались здания «вокзалов, паровозных депо, водокачален», «устои мостов и платформ».

В 1873 г. нивелирование горизонтальным лучом по Николаевской железной дороге выполняли поручик А.П. Федотов с помощью нивелир-теодолита

Брауера от Колпино до Москвы и поручик А.М. Ленчевский простым нивелиром от Москвы до Бологого.

В 1874 г. А.П. Федотов проложил нивелирный ход с помощью нивелир-теодолита от Бологого до Москвы и простого нивелира от Москвы до Бологого [6].

По линии Колпино — Москва на территории Московской области в 1873 г. было заложено 19 марок с номерами от 128 до 150. При обследовании была выявлена лишь одна марка № 135 на водоемном здании станции Подсолнечная. Следует отметить, что эта марка в 1999 г. служила одним из исходных высотных пунктов при строительстве высокоскоростной железной дороги между Москвой и Санкт-Петербургом. В настоящее время она является единственной сохранившейся маркой ВТО ГШ в Московской области (рис. 2).

В 1875–1877 гг. работы проводились более совершенными нивелирами, изготовленными механиком Вольфрамом по чертежу Геодезического отделения



Рис. 2

Рисунок марки ВТО ГШ [6] и фото марки № 135 на водоемном здании станции Подсолнечная (март 2020 г.)

Главного штаба. При помощи этого инструмента была выполнена нивелировка по Николаевской железной дороге от Москвы до Санкт-Петербурга и ряду железных дорог от Усть-Двинска через Ригу, Двинск, Витебск и Смоленск до Москвы. В 1875 г. поручик М.П. Поляновский простым нивелиром Вольфрама выполнил геометрическое нивелирование от Москвы до Смоленска и четырехжды — по соединительной линии между Николаевским и Смоленским вокзалами в Москве, А.М. Ленчевский — простым нивелиром Вольфрама — от Смоленска до Москвы и дважды — по соединительной линии от Николаевского до Смоленского вокзала в Москве.

По линии Вязьма — Москва на исследуемой территории было заложено 20 марок с номерами от 151 до 175. Кроме того, при нивелировании была использована марка № 174, заложенная в 1872 г. в устье путепровода Ярославского шоссе. К сожалению, ни одна из этих марок не сохранилась. А с одной маркой этой линии связан любопытный факт: при переустройстве Шелепихинского моста в 1895 г. марка № 153 была перенесена на другое место и, по сообщению чиновников Министерства путей сообщения, «высота ее не изменилась».

В 1878 г. геометрическое нивелирование приостановили и возобновили лишь в 1881 г. Для повышения точности было признано необходимым увеличить «оптическую силу» зрительной трубы нивелиров и ввести в употребление рейки с делениями по обеим сторонам. При этом декларировалось, что работы 1871–1877 гг. носили испытательный характер и предназначались для выявления условий, от которых зависит их точность.

При возобновлении работ начальником ВТО ГШ Э.И. Форшем и начальником Геодезиче-

ского отделения Главного штаба Э.А. Коверским был разработан проект нивелирной сети [7], одобренный генерал-лейтенантом И.И. Стебницким, который стал следующим начальником ВТО ГШ. В соответствии с проектом предусматривалось проложение нивелирных линий по меридианным направлениям для связи уровней Балтийского и Черного морей и по параллелям 52° с. ш. и 47° с. ш., используя футштоки вдоль Балтийского и Черноморско-Азовского побережий, а также по линиям идущих на запад железных дорог для связи с европейской нивелирной сетью. Все линии предполагалось прокладывать независимыми ходами в обоих направлениях и затем смыкать их в полигоны. При этом обширность проекта вынуждала на первое время ограничиться полигонами с крупными периметрами.

Одновременно с указанным проектом была принята «Инструкция для производства точных нивелировок...» [8], параграф 10 которой предусматривал обозначение первоклассных нивелирных точек пронумерованными марками, изготовленными из чугуна. Для закладки марок предписывалось выбирать прочные каменные сооружения (церкви, гимназии, училища, вокзалы и т. п.). Расстояние между марками увеличивалось до 25–30 верст (27–32 км).

Технические детали проекта Э.И. Форша и Э.А. Коверского основывались на положениях Инструкции [8]. Этот проект первоначально предусматривал в числе прочих и нивелировку по линии Санкт-Петербург — Москва, но его реализация коснулась Московской области лишь один раз, когда в 1884–1888 гг. по Московско-Рязанской железной дороге была проложена нивелирная линия Москва — Грязи. Нивелирование участка Москва — Рязск в прямом направлении

выполнял капитан Ахновский (1884 г.), в обратном — штабс-капитан Антонов (1884–1885 гг.). По этой линии нивелирования было заложено всего семь марок (в соответствии с новыми требованиями к интервалам между ними). Кроме этого, была прекращена нумерация марок. Результаты обследования показали, что на этой линии также не сохранилась ни одна марка.

В материалах Каталога [9], изданного в 1916 г., ряд марок уже числился утраченным. Встречались и такие пометки, как, например: «марка утеряна, сохранился только ее след».

Характерно, что параграфом 5 Инструкции [8] предусматривалось внесение в полевые журналы чертежей зданий и сооружений, на которых устанавливались марки. К сожалению, такие ценные для обследования материалы опубликованы не были. Той же Инструкцией определялась максимальная вероятная ошибка нивелирования ± 3 мм/км.

К 1893 г. план развития высотной сети был практически реализован, а также намечен переход к разбиению полигонов на более мелкие и распространению нивелирной сети на Кавказ и восточные губернии. В 1894 г. было выполнено уравнивание высотной сети, результатом которого стал «Каталог высот русской нивелирной сети...» [10], известный под названием «Каталог Рыльке», представляющий собой предварительную сводку работ, выполненную ВТО ГШ в период с 1871 г. по 1893 г. За исходные пункты были приняты 11 береговых марок, отметки которых получены «из продолжительных водомерных наблюдений». Эти береговые марки располагались на урезах Балтийского, Азовского и Черного морей. При вычислении абсолютных высот за нулевую поверхность был принят «средний уровень Балтийского и Черного морей».

Система высот получила название Балтийско-Черноморской.

Ни указанный проект, ни дальнейшее распространение сети не предусматривали проложение нивелирных ходов по линиям других железных дорог, проходящих через Московскую губернию, и остальные радиальные направления были охвачены нивелированием только спустя двадцать лет.

▼ Отдел земельных улучшений Министерства земледелия

Работы Отдела земельных улучшений не имеют прямого отношения к развитию государственной высотной сети. Однако отдельные линии учитывались последующими проектами и вошли в состав общегосударственного уравнивания. Кроме того, эти работы могут являться примером несомненного профессионального подвига, совершенного в разгар Первой мировой войны, и последовавших затем революций и Гражданской войны.

Перспектива предстоящих инженерно-гидротехнических изысканий побудила в 1915 г. руководство Гидротехнической части Земельного отдела Московско-Тверского управления земледелия и государственных имуществ принять меры для взаимного закрепления и возможной связи нивелировок для будущих изысканий, а также составления гипсометрической карты. Для организации точных нивелировок в Гидротехническую часть был приглашен выпускник Константиновского межевого института С.И. Коллупайло. В 1916 г. он выполнил нивелирный ход Дмитров — Клин с привязкой к марке ВТО ГШ № 130 на здании паровозного депо станции Клин. Ход в основном пролегал вдоль русла реки Сестры. При этом в связи с военным временем ни один завод не принимал заказ на изготовление нивелирных марок, и С.И. Коллупайло был

вынужден устанавливать винтовые чугунные реперы, осознавая неустойчивость их конструкций. Единственным надежным пунктом линии он считал железобетонный репер, установленный в створе водомерного поста деревни Устье-Пристань Управлением изысканий Верхнего Поволжья в 1915 г.

В 1918 г. был создан Гипсометрический подотдел ОЗУ, заказаны и получены нивелирные марки и начата работа по нивелированию линии Дмитров — Богородск. Проектом С.И. Коллупайло предусматривалось создание «замкнутого кольца двойной нивелировки по периферии Московской губернии, которое вместе с радиальными нивелировками ВТО ГШ по Николаевской, Александровской и Казанской железным дорогам даст возможность закончить первоочередную и срочную работу по созданию надежной, хотя и редкой, сети» [3]. Кольцо, по замыслу автора проекта, должно было проходить от Клина через Дмитров, Сергиев Посад, Богородск, Бронницы, Подольск, Можайск, Звенигород и Волоколамск.

В течение 1918 г. удалось проложить нивелирный ход лишь до села Царево (рис. 1). На пути стояли неимоверная нехватка финансовых и трудовых ресурсов, голод, противодействие обывателей на местах, транспортные и многие другие проблемы. Тем не менее, по линии было заложено 14 марок и заменены на марки временные костыли на семи сооружениях линии Дмитров — Клин.

С.И. Коллупайло рассчитывал продолжить нивелирование в 1919 г., но созданное весной этого года Высшее геодезическое управление приняло все высокоточные геодезические работы на себя, а Гипсометрический подотдел ОЗУ был расформирован. Несмотря на это, работая уже в другой организации, С.И. Коллупайло обивал

пороги типографий в надежде опубликовать отчет с результатами нивелирования. Он справедливо рассчитывал на то, что выполненные с таким трудом и с высокой точностью нивелирные работы должны послужить будущим поколениям.

Здесь следует отметить, что из всех источников (отчетов, каталогов) лишь в материалах Гипсометрического подотдела ОЗУ содержатся подробные кроки в масштабе с отображением мест закладки реперов и марок [3]. Представляется очень важным, что С.И. Коллупайло крайне ответственно относился к своей работе и считал необходимым оставить последователям наиболее точные исходные данные.

Нивелирные марки были изготовлены на заводе Войлова в Петрограде из ковкого чугуна. Они, как и большинство других, состоят из круглого диска и хвоста. По сравнению с марками ВТО ГШ диаметр диска марки ОЗУ был вдвое меньше, но сам диск — втрое толще. Хвост был сплошной и вдвое длиннее полого хвоста марки ВТО ГШ. С.И. Коллупайло считал одним из основных достоинств марки небольшой размер, что делало ее малозаметной и, следовательно, обеспечивало наибольшую сохранность. При натурном обследовании, однако, это достоинство обернулось недостатком — на покрытой краской стене такая марка заметна только с близкого расстояния.

Были обнаружены три марки ОЗУ (рис. 1): № 1022 на церкви села Царево, № 30 на церкви села Рахманово и № 29 на мосту Северной железной дороги через реку Талица, вблизи станции Калистово (рис. 3). Логично, что изначально неустойчивые винтовые реперы не сохранились, но поистине удивительным было увидеть железобетонный репер № 15 в деревне Устье-Пристань (рис. 4). Бетонный куб на нем был заменен в 1960-х гг., но



Рис. 3

Чертеж марки ОЗУ [3] и фото марки № 29 в устье моста через реку Талица (сентябрь 2020 г.)



Рис. 4

Чертеж, рисунок [3] и фото репера № 15 в деревне Усть-Пристань (сентябрь 2020 г.)

труба репера сохранилась, хотя ее центр и утрачен. В 1960–1970-хх гг. верх этой трубы, по словам местных жителей, служил исходной высотной точкой при выполнении гидрометрических наблюдений за руслом реки Яхрома. В настоящее время репер находится на частной территории, но хозяева участка, будучи свидетелями

работ пятидесятилетней давности, осуществляют за ним уход.

▼ Корпус военных топографов

Сразу после выхода РСФСР из Первой мировой войны военные топографы вернулись к мирным делам, продолжив развивать линии государственного нивелирования вдоль железных дорог.

Нивелирные марки, закладываемые в здания, сохранили прежнюю конструкцию, однако надпись на них стала иной: «Нивеллировка корп. воен. топографов». Марки по-прежнему не имели номеров, но на них указывался год.

В 1918–1920 гг. был проложен ход по линии Бологое — Москва, который, наконец, полноценно связал Санкт-Петербург (в то время Петроград) и Москву высокоточным нивелированием, а на территории Московской области заложили 17 марок. К сожалению, ни одна из этих марок не сохранилась.

Одновременно прокладывалась линия по Московской окружной железной дороге (МОЖД), работы по которой завершились лишь к 1921 г. Линия охватила южную часть МОЖД, от станции Угрешская до станции Кутузово, затем ушла по соединительным веткам железных дорог через Белорусский вокзал, платформу Каланчевская и Курский вокзал, замыкаясь на станции Угрешской. На этой линии было заложено 14 марок, из которых к настоящему времени сохранилось три (рис. 1): на зданиях вокзала станций Кутузово, Воробьевы Горы и Канатчиково. К сожалению, утрачена узловая марка этой линии, располагавшаяся на путепроводе Ярославского шоссе. Важность этой марки состояла в том, что от нее были вычислены все высотные отметки Транссибирской магистрали вплоть до Владивостока.

В 1920 г. инженер-геодезист Виноградов проложил точный односторонний нивелирный ход по линии Малоярославец — Кожухово. Линия примечательна тем, что на участке Внуково — Кожухово длиной 33,2 км секции закреплялись временными марками в виде нарезок на верстовых столбах, рельсах и фонарях. Такая временная марка была и на станции Воробьевы Горы (постоянную марку на ней

установили только через год). Еще один любопытный факт состоял в том, что работы на участке длиной 4 км выполнял слушатель военно-инженерной академии Макаров, проходивший производственную практику. Работы велись в чрезвычайно суровых условиях: при морозах, достигавших -20°C , в совокупности с недостатком продуктов питания, мест для ночлега и транспортных средств [11]. Нивелирный ход был односторонним и замыкался на один из пунктов Малоярославецкого базиса. На исследуемой территории по этой линии было заложено 6 марок, из которых сохранилась всего одна — на здании разъезда № 12 (в настоящее время — станция Толстопальцево).

В 1921 г. Корпус военных топографов разработал новую инструкцию для нивелировок высокой точности [12]. В преамбуле к инструкции указывалось, что «конечной целью нивелировок является обеспечение территории России сетью основных (опорных) высот». Первоочередными назывались магистрали, прокладываемые по линиям железных дорог и связываемые с пунктами базисных сетей первой классной триангуляции. Случайная погрешность допускалась в пределах $\pm 1,5$ мм/км, систематическая — $\pm 0,3$ мм/км.

Инструкцией [12] была установлена и новая конструкция марок. Марка представляла собой литой чугунный диск около 18 см в диаметре, весом около 1,5 кг, с полым завершающим приливом в виде пирамиды, основание которого было обращено в сторону, противоположную от диска. В середине диска отливалась выпуклость, в центре которой располагалось отверстие диаметром 2 мм и глубиной 1,5 см. Надпись «Корп. Воен. Топографов» сохранялась, но без твердого знака, а год закладки марки уже не фигури-

ровал. Также не были предусмотрены и номера. Слово «нивелировка» еще сохраняло две буквы «л», позднее, в конце 1920-х гг., в отдельных случаях одна буква начала выпадать и окончательно исчезла в середине 1930-х гг.

Закладка постоянных марок предусматривалась в «каменные стены прочных сооружений» на высоте не менее 1,5 м от поверхности земли. Для этого в стене выбивалось углубление, как для прилива, так и для самого диска. Углубление заполнялось жидким цементным раствором, после чего туда быстро вдавливалась марка таким образом, чтобы диск занял отвесное положение. Среднее расстояние между марками предусматривалось около 6 км. На крупных железнодорожных станциях предусматривалась установка двух марок, причем обязательно на разных зданиях, на узловых станциях — трех марок. Высота марки над земной поверхностью должна была быть измерена и занесена в журнал вместе с планом ее расположения, а также рисунком или фотографией здания. Временные марки закладывались в среднем через 2 км («на концах участка дневной работы»). Эти марки позволялось устанавливать в каменные опоры мостов, рельсовые верстовые столбы и даже, в крайнем случае, в деревянные верстовые и телеграфные столбы.

В 1920–1921 гг., уже в соответствии с Инструкцией [12], было выполнено нивелирование высокой точности по линии Москва — Тула с закладкой 19 марок. Обследование выявило наличие двух сохранившихся марок — на главном здании станции Бутово и перегонном мосту на 54-й версте (у станции Львовская) — рис. 1.

Последней работой в истории Корпуса военных топографов стало нивелирование высокой точности в 1923 г. по линии Москва — Вологда, начинав-

шейся от уже упомянутой марки на путепроводе Ярославского шоссе. Благодаря нивелированию, в том числе по этой линии, в 1930 г. была вычислена разность высот между уровнями Балтийского моря и Тихого океана. По этой линии на территории Московской области было заложено 16 марок КВТ. Кроме того, на Казанском путепроводе была установлена марка Высшего геодезического управления. Что заставило Корпус военных топографов использовать в своей работе марку конкурирующего ведомства (отношения между представителями КВТ и ВГУ в то время были натянутыми), остается загадкой. Сохранилось четыре марки КВТ: на здании Ярославского вокзала, на водоемном здании станции Лосиноостровская, на косом путепроводе между станциями Лосиноостровская и Лось, а также на железнодорожной трубе на 36-й версте (недалеко от платформы Правда). Сохранилась и марка ВГУ: несмотря на то, что Казанский путепровод был заменен новыми сооружениями, часть его подпорной стены, на которой расположена марка ВГУ № 2, осталась.

В конце 1923 г. Корпус военных топографов был реорганизован в Военно-топографический отдел Штаба Рабоче-крестьянской Красной Армии, который в 1924 г. стал Военно-топографическим управлением. До этого момента наблюдались противоречия и даже взаимный антагонизм между учрежденным в 1919 г. ВГУ и КВТ (затем ВТУ). Но в 1924 г. все противоречия были сняты, в результате чего было организовано Постоянное совещание начальников и ответственных работников ВТУ и ВГУ. При этом был налажен выпуск совместного издания ВТУ и ВГУ — научно-технического и общественно-политического журнала «Геодезист», первый номер которого вышел в августе 1925 г. Проектом основ-



Рис. 5

Рисунок марки КВТ [12] и фото марки в стене водоемного здания станции Подмосковная

ных геодезических работ на период до 1929 г. предусматривалось разделение территорий деятельности двух ведомств: ВТУ выполняло работы в пограничных районах Европейской части СССР, а ВГУ — на остальной территории страны.

В 1925 г. Военно-топографическим управлением было выполнено высокоточное нивелирование по линии Москва — Ржев, начинавшейся от марки 1921 г. на Останкинском шоссе на мосту. На территории Московской области на этой линии было заложено 27 марок, из которых сохранилось лишь две: на водоемном здании станции Подмосковная (рис. 5) и на жилом доме у платформы Лесодолгоруково. В настоящее время на территории бывшей станции Подмосковная расположен музейный комплекс, что, безусловно, поможет сохранению этой марки и в дальнейшем.

Характерно, что ВТУ закладывало марки образца КВТ 1921 г.: новая конструкция марки в связи с переименованием ведомства не предусматривалась. Эти марки по праву могут считаться последними геодезическими знаками КВТ. После этого все работы по

развитию государственных геодезических сетей окончательно перешли к Высшему геодезическому управлению.

▼ Высшее геодезическое управление

Высшее геодезическое управление включилось в работу по развитию государственной высотной сети в 1921 г., выполнив нивелирование высокой точности по линии Москва — Орехово, начинавшейся от марки № 4 КВТ на главном распределительном пункте станции Москва-Рогожская. На том же здании ВГУ заложило марку № 22. Всего по линии было заложено 15 марок, имевших номера с 22 по 36, из которых сохранилась только упомянутая марка № 22 (рис. 1, врезка). В 1921–1924 гг. работа по этой железной дороге была продолжена линией нивелирования Орехово — Нижний Новгород. На территории Московской области было заложено две марки, ни одна из которых не сохранилась.

В 1924–1925 гг. ВГУ проводило работы по нивелированию высокой точности по линии Скопин — Москва, которая завершалась на марке КВТ на

путепроводе Рязанско-Уральской железной дороги через МОЖД. В Московской области на этой линии была заложена 31 марка. Выявлены и признаны сохранившимися, причем в очень хорошем состоянии, шесть марок (рис. 1): № 539 на здании вокзала станции Расторгуево, № 796 на здании железнодорожной казармы на 195 версте (поселок Михеево), № 662 на здании казармы на 179 версте (у станции Вельяминово), № 593 на здании казармы при станции Пурлово, а также № 699 и № 352 на зданиях вокзалов станций Узуново и Серебряные Пруды.

Автор в 2014 г. лично выполнял привязку к марке № 662 при передаче отметки методом геометрического нивелирования II класса к пунктам сети Росавтодора на трассе М-4.

В 1925 г. ВГУ выпустило Инструкцию по нивелированию высокой точности [13], преамбула которой в общих чертах повторяла текст Инструкции [12]: «конечной целью нивелирования является обеспечение всей территории СССР системой основных (опорных) высот путем прокладки сети больших нивелирных полигонов по линиям железных дорог и связи этих полигонов с футштоками морей». Определен был и средний периметр полигона — 600 км. Требования к точности ужесточались: случайная погрешность допускалась уже в пределах $\pm 1,0$ мм/км, а систематическая оставалась прежней — $\pm 0,3$ мм/км.

Инструкция [13] также закрепляла конструкцию нивелирной марки, фактически использовавшуюся с 1921 г. Конструкция марки ВТУ по сравнению с маркой КВТ претерпела небольшие изменения, но ее вес остался прежним — 1,5 кг. Материал — чугун. Положения по выбору мест установки марок сохранились, но были конкретизированы сооружения: водонапорные

башни, станционные здания, устои мостов, казармы. Предпочтительными сооружениями назывались водонапорные башни.

В 1926–1927 гг. ВГУ, ставшее в этот промежуток времени Геодезическим комитетом Главного горно-топливного и геолого-геодезического управления ВСНХ СССР, выполняло нивелирование по линии Москва — Савелово, начав от марки № 42 второго городского прецизионного нивелирования Москвы 1923 г. и заложив на территории Московской области 21 марку. Эта работа примечательна оформлением ее результатов в каталоге. Поскольку городское нивелирование никак не относилось к государственному, марка № 42 обозначена как промежуточная, а ход начинается от марки № 6 КВТ на станции Угрешская. Таким образом, в каталог внесена одна «виртуальная» нивелирная секция, превышение по которой взято из результатов совершенно другой работы. Необходимо отметить, что эта линия прошла через марку ОЗУ № 7, заложенную в стене здания вокзала станции Дмитров. Все мосты на этой дороге в последующие годы укреплялись бетоном, вследствие чего марки оказались утрачены. Выявлена всего одна сохранившаяся марка (№ 1547) в устое моста на 113 км (у окраины г. Талдом) — при заливке опор этого моста какой-то неведомый инженер догадался сохранить нивелирную марку, защитив ее трубой диаметра, соответствующего диаметру марки. Она так и находится в углублении и, несмотря на невозможность ее использования, осталась в целости.

В 1926–1927 гг. ВГУ активно работало на востоке Московской области, прокладывая не только радиальные, но и кольцевые линии нивелирования, используя немногочисленные имевшиеся к тому времени перемычные железные дороги.

В 1926 г. было выполнено точное нивелирование по линии Орехово — Куровская с закреплением ее семью марками, из которых выявлено две (рис. 1): № 1622 на здании разъезда Руново (рис. 6) и № 1574 на здании казармы при станции Куровская. Одновременно точное нивелирование охватило участок от Фрязево до Царево, что позволило спустя восемь лет завершить работы на линии С.И. Коллупайло. Из десяти заложенных марок сохранилось две (рис. 1): № 1514 на здании школы села Воскресенское и № 1524 на доме Морозова (в настоящее время — библиотека) в деревне Дядькино.

В том же году было выполнено нивелирование на последней радиальной линии Московской области на участке Куровская — Нечаевская. На исследуемой территории заложили 8 марок и один стенной репер. Из этих знаков сохранилась лишь марка № 1590 на водоемном здании станции Запутная (рис. 1).

В 1927 г. было выполнено точное одностороннее нивелирование по линии Куровская — Воскресенск. На ней заложили 8

марок и 7 стенных реперов (закладывались парами). Кроме того, в нивелирном ходе использовалось два репера Московского коммунального хозяйства в г. Егорьевске. Обследование показало сохранность марки № 1875 в столбе ограды технического училища (в настоящее время — филиал НИТУ «МИСиС») и репера № 197 на здании вокзала станции Хорлово (рис. 1).

Заключительная линия нивелирования на участке Кашира — Луховицы прокладывалась предположительно в 1927–1928 гг. (сведения отсутствуют), сначала по грунтовой дороге, а затем — по тупиковой ветви Голутвин — Озеры. На линии заложили 6 реперов и 11 марок, из которых сохранился лишь репер № 253 на здании чайной в селе Болотово (в настоящее время территория г. Озеры).

Таким образом, к 1927 г. государственная высотная сеть охватила все железные дороги, проходящие по территории Московской области, а также часть грунтовых дорог. Мечта С.И. Коллупайло о кольце двойной нивелировки начала осуществляться...



Рис. 6
Чертеж марки ВГУ [13] и фото марки № 1622 в стене здания разъезда Руново (июнь 2020 г.)

▼ Обобщенные результаты обследования

В результате историко-технического исследования нивелирных линий, проложенных в период с 1875 по 1927 гг. по территории Московской области (как в камеральных, так и в полевых условиях), а также обследования мест установки высотных знаков (как сохранившихся, так и нет), составлена схема обследования нивелирных линий (рис. 1), которая наглядно показывает положение 34 сохранившихся знаков, т. е. 10,7% из 317 заложенных. При этом стоит отметить территориальную неравномерность распределения выявленных знаков: в западной части Московской области сохранились единицы, основная масса из них расположена на востоке области. Это может быть объяснено как обширными боевыми действиями в 1941–1942 гг., так и активной застройкой вдоль радиальных линий железных дорог. Обращает на себя внимание высокая степень сохранности знаков на кольцевых и боковых нивелирных линиях в отличие от радиальных. Исключением служит Павелецкое направление, где уровень сохранности наиболее высокий (около 20%).

Не может не радовать отношение местного населения к выполнению обследований. Как правило, местные жители и должностные лица охотно идут навстречу и оказывают необходимую помощь в меру своих возможностей: сопровождают, показывают местоположение знаков, интересуются их назначением.

Исследование ранних высотных геодезических знаков государственного нивелирования только начинается: общее количество высотных знаков на территории Российской Федерации составляет около 10 тыс. В нескольких крупных городах отдельные энтузиасты выполняют работы по обследованию

зданий и сооружений, на которых были установлены знаки (см. группу «Геодезические знаки. История и современность» в соцсети Facebook). А обследование линий на территории Московской области уже давно охватило соседние регионы. В настоящее время идет подготовка к разработке геоинформационной системы, которая позволит зарегистрированным пользователям получать сведения об исторических геодезических знаках на картографической основе, а также вносить необходимые изменения в них. Будет создан электронный ресурс для просмотра сведений об исторических геодезических знаках, а также мобильное приложение для их полевого обследования.

В заключение автор считает важным выразить благодарность Анатолию Афанасьеву, Дмитрию Грядуну, Владимиру Гулину, Павлу Бектяшкину и Анне Меркановой, оказавшим посильную техническую помощь и принявшим деятельное участие в осуществлении экспедиций по обследованию геодезических знаков.

Подробнее с материалами, опубликованными в статье, можно познакомиться на канале YouTube «Форум геодезистов USTINOV.FR».



▼ Список литературы

1. Барков Р.Р. Геодезические пункты как объекты культурного наследия // Маркшейдерский вестник. — 2018. — № 5. — С. 27–33.
2. Барков Р.Р. Ранние высотные знаки города Москвы // Маркшейдерский вестник. — 2019. — № 3. — С. 31–39; № 4. — С. 22–30; № 6. — С. 32–39; 2020. — № 1. — С. 23–31.
3. НКТП. Главное геолого-гидрогеодезическое управление. Каталог высот марок и реперов высокоточного и точного нивелирования, выполненных Главным геодезическим управлением и Управлением военных топографов в Европейской части СССР с 1875 г. по 1932 г., 1934.

4. Отчет Гипсометрического подотдела за 1915–1919 годы / Сост. зав. Гипсометрич. подотд. межевой инж. С. И. Коллупайло Нар. ком. зем. Отд. зем. улучшений. Гидротехн. часть Зем. отд. Моск. губ. с. р. и к. д. — М.: лит. Межевого ин-та, 1919. — 51 с.

5. Кашин Л.А. Построение классической астрономо-геодезической сети России и СССР (1816–1991 гг.): научно-технический и исторический обзор — М.: Картоцентр-Геодиздат, 1999. — 192 с.

6. Результаты нивелирных работ, произведенных Военно-топографическим Отделом Главного штаба с 1871 по 1877 год. Записки Военно-топографического Отдела. Часть XXXVIII. — Санкт-Петербург, 1882. — С. 217–241.

7. Геометрические нивелировки Военно-топографического Отдела Главного штаба, возобновленные в 1881 году. Записки Военно-топографического Отдела. Часть XXXV–II. — Санкт-Петербург, 1882. — С. 243–249.

8. Инструкция для производства точных нивелировок в 1883 г. Записки ВТО ГШ. — СПб., 1884. — Ч. XXXIX.

9. Материалы для пополнения каталога высот русской нивелирной сети / Сост. при Воен.-топограф. отд. Гл. упр. Ген. Штаба. — 2-е изд., доп. [Вып.] 1. — Петроград: тип. А.Э. Коллинс, 1916.

10. Каталог высот русской нивелирной сети с 1871 по 1893 год (с отчетной картой) / Сост. Ген. штаба полк. С.Д. Рылъке; [Предисл.: ген.-лейт. Стебницкий]. — Санкт-Петербург: Воен.-топогр. отд. Гл. штаба, 1894.

11. Материалы для пополнения Каталога высот нивелирной сети СССР и Временный каталог высот сибирских нивелировок / составлено при Военно-топографическом управлении Штаба РККА. — М.: [б. и.], 1902–[1931].

12. Инструкция для нивелировок высокой точности, производимых Корпусом военных топографов. — М.: Корпус Военных топографов, 1921. — 43 с.

13. Инструкция по нивелированию высокой точности / ВСНХ-СССР. Высш. геодезич. упр. — М.: Б. и., 1925 (типо-лит. ВТУ им. т. Дунаева). — 89 с.

РЕКОНСТРУКЦИЯ 3D МОДЕЛЕЙ ЗДАНИЙ ПО ДАННЫМ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ МЕТОДОМ РАЗБИЕНИЯ НА СЕКЦИИ

Р.Е. Глуховский («Сигма Метрикс»)

В 1984 г. окончил факультет промышленного и гражданского строительства Московского инженерно-строительного института (в настоящее время — Московский государственный строительный университет) по специальности «инженер-строитель». В 1993–1995 гг. работал в Московском представительстве Autodesk, с 1996 г. — в Московском представительстве Intergraph. С 2015 г. работает в ООО «Сигма Метрикс», в настоящее время — главный специалист ПО.

Тема реконструкции 3D моделей городов и создания на их основе цифровых двойников в последние годы из научных исследований вышла на рынок коммерческой продукции и услуг. Для построения моделей различных объектов в реалистичном виде на значительных по площади территориях потребовалось иметь программное средство, которое позволяет надежно создавать модели в пределах заданной точности с высокой степенью автоматизации.

В статье представлен подход к реконструкции 3D моделей зданий, с помощью которого создавалась 3D модель Новой Москвы — Троицкого и Новомосковского административных округов (ТиНАО) — уровня детализации LOD2 [1] на основе оцифрованных планов зданий и данных воздушного лазерного сканирования. В работе над проектом использовалось программное обеспечение (ПО) BuildingReconstruction (далее — BRec) компании Virtual City Systems GmbH (Германия). В этом ПО реализован подход, который позволяет строить модели из отдельных блоков, используя библиотеку

стандартных параметрических форм крыш [2]. Основой такого подхода является алгоритм разбиения 2D плана здания на непересекающиеся, главным образом, четырехугольные секции. После этого каждой секции присваивается форма крыши, которая лучше всего вписывается в облако точек лазерных отражений данной части здания и хорошо интегрируется с его соседними секциями.

Такой подход многие годы используется в производствен-

ной среде, и уже имеются примеры успешной реализации коммерческих проектов с использованием программы BRec, основанной на данном механизме.

▼ Цели, которые ставились при построении 3D модели города

Окончательной целью проекта было получение реалистичной 3D модели города с детализацией уровня LOD2, как определено в официальном



Рис. 1
Визуализация 3D модели Новой Москвы

стандарте OGC CityGML [3]. На этом уровне детализации здания имеют характерные конструкции крыш и плоские фасады, текстурированные наклонными снимками, полученными в процессе перспективной аэрофотосъемки.

В качестве исходных данных использовались планы зданий, которые были оцифрованы по ортофотопланам, полученным после обработки надирных аэрофотоснимков, и данные воздушного лазерного сканирования (облака точек) этой же территории. Заказчик установил высокие требования к точности планово-высотного положения карнизов и коньков крыш зданий. Это особенно важно при совмещении наклонных аэрофотоснимков с фасадами и крышами при текстурировании (рис. 1).

▼ Принципы реконструкции, заложенные в программе BRec

Авторы алгоритма [4] предположили, что большинство жилых домов состоит либо из одной четырехугольной секции, либо из несколько объединенных секций, с дополнительными меньшими пристройками, которые можно надлежащим образом выделить на плане здания. После того, как такие секции построены, создается общее геометрическое описание крыши путем присвоения каждой



Рис. 4
Результат наложения текстур на реконструированную 3D модель здания



Рис. 2
План здания (слева) и его разбиение на секции (справа)

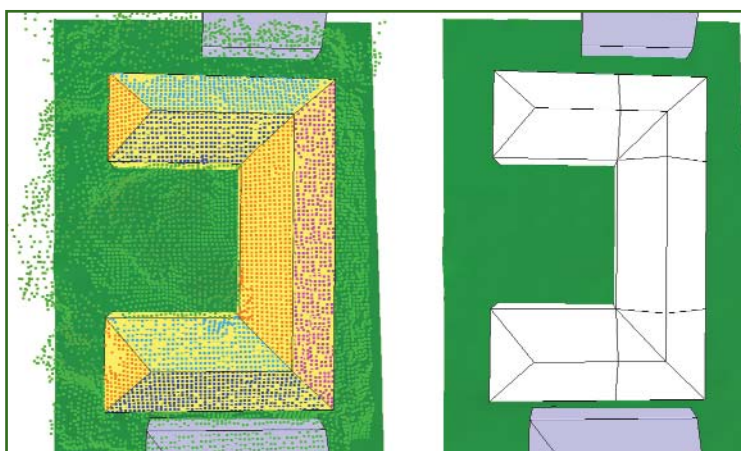


Рис. 3
Облако точек внутри секций окрашено в соответствии с их локальной плоскостью (слева); форма крыши, наилучшим образом вписанная в облако точек (справа)

секции стандартной параметризованной 3D формы. Однако трудности создания правильного фасада и формы кровли каждой секции возрастают с увеличением их количества, сложности формы и расположения. Поэтому генерируется множество непересекающихся, в основном четырехугольных, многоугольников, которые вместе аппроксимируют исходный план здания (рис. 2). Причем при возникновении многоугольников других форм, эти секции смогут иметь формы крыш только из ограниченного перечня.

Затем реконструируется крыша посредством определения ее формы для каждой секции в облаке точек и с учетом соседних секций (рис. 3). После

определения точек облака в пределах секции проводится тестирование всех возможных форм крыш на совпадение с облаком точек. Выбирается та форма, которая лучше всего вписывается в облако точек, а ее параметры подбираются на основе 3D координат точек. Секции, которые предполагаются как крайние, с Т-образным или Х-образным коньками крыш, рассматриваются снова и заменяются, если форма соединения может быть установлена на основе форм соседних секций и их параметров.

После геометрического построения 3D модели здания текстурируются наклонными аэрофотоснимками. Любые несоответствия геометрических

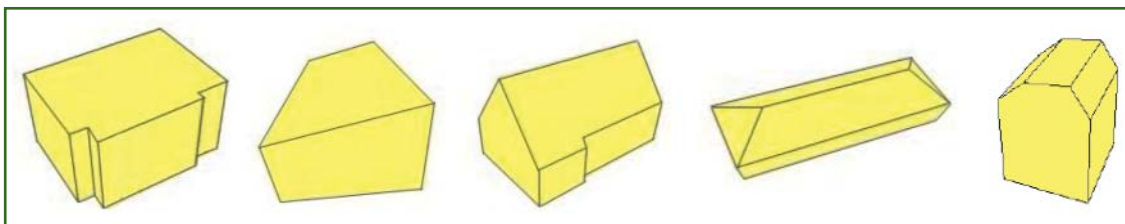


Рис. 5

Формы крыш: плоская, односкатная, двускатная, вальмовая и берлинская

деталей становятся едва заметны в связи с таким довольно ограниченным модель-ориентированным подходом в результате наложения текстур (рис. 4).

▼ Разбиение на секции

Прежде всего, 2D план каждого здания разбивается на секции. Как упоминалось выше, это делается исключительно на основе информации, содержащейся на плане здания. Основная проблема для алгоритма заключается в том, чтобы избежать разбиения плана на слишком большое число мелких секций, для которых становится все труднее строить крышу правильной формы, особенно, если контур здания имеет высокую степень детализации и состоит из множества коротких отрезков.

Согласно общему предположению, что линии коньков и карнизов должны проходить строго горизонтально, для многих форм крыш требуется, чтобы основная форма секции была трапецевидной или ромбовидной формы. В противном случае не все грани крыши будут плоскими и, следовательно, они должны быть разбиты на треугольники, чтобы сформировать допустимые твердые тела. Такое избыточное разбиение на треугольники, как правило, недопустимо, и по возможности его следует избегать. Поэтому в программе слегка корректируются линии разбиения, чтобы обеспечить параллельность и прямоугольность для пар линий с небольшими отклонениями по направлению.

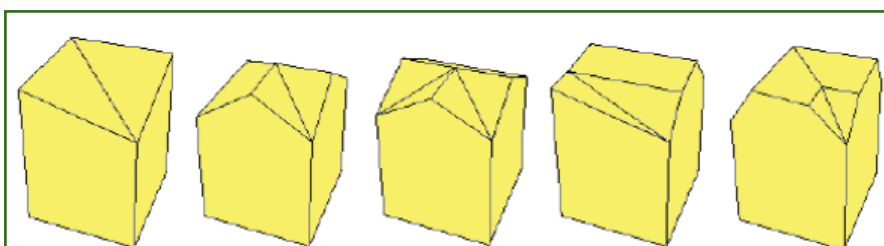


Рис. 6

Примеры форм крыш соединительного типа

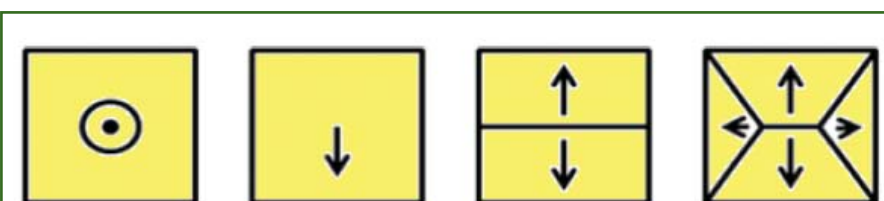


Рис. 7

Направления нормалей к поверхностям плоской, односкатной, двускатной и вальмовой крыш. Нормаль к плоской крыше направлена вверх

▼ Определение формы крыши

После того, как план здания разбит на секции, происходит поиск параметризованных форм крыш для всех секций. Исследуются вектора нормалей к плоскостям, полученным из облака точек.

Формы крыш классифицируются на три типа, которые используются при реконструкции зданий: основные, соединительные и ручные. В то время как формы крыши двух первых типов могут быть определены в автоматическом режиме, последний тип доступен только для редактирования в ручном режиме. К основным формам крыш относятся: плоская, односкатная, двускатная, вальмовая и берлинская (рис. 5).

Поскольку не все дома имеют только одну секцию, возникает необходимость соединять несколько секций с разными формами крыш. На рис. 6 показан небольшой набор возможных форм крыш соединительного типа.

В результате определяется тип крыши секции путем сравнения нормальных векторов точек с гранями крыши всех возможных форм (рис. 7).

Каждый тип крыши определяет одну или несколько частей, размер которых может зависеть или не зависеть от параметров крыши. Например, длина конька вальмовой крыши является переменной величиной и, следовательно, влияет на размер четырех частей крыши. Чем длиннее становится линия конька, тем меньше становятся

две боковые вальмы. Это влияет на точность определения формы крыши.

▼ Оценка параметров

Параметры крыши варьируются от формы к форме. Однако все формы имеют одну высоту карниза и до двух высот конька, которые следует оценивать по облаку точек. Кроме того, контур секции определяет направление линий карниза и конька. Поэтому параметры типовой крыши подбираются, исходя из координат точек, лежащих на коньках и карнизах.

▼ Соединение крыш

Секции, имеющие соседние секции с двух или трех и более примыкающих сторон, исследуются алгоритмом снова. Эти секции являются кандидатами для соединительных форм. На основе типов крыш, параметров и расположения соседних секций определяются совместимые соединительные формы. Затем выбирается та, которая соединяет соседние секции и имеет подходящую конструкцию крыши, и ее параметры определяются из параметров соседних секций.

▼ Редактирование в ручном режиме

Поскольку не все конструкции крыш могут быть полностью построены автоматически, существует необходимость редактирования данных в ручном режиме. В ПО BRes линии разбиения можно копировать, добавлять, удалять, перемещать и вращать. Формы крыш секций автоматически обновляются после каждой манипуляции в ручном режиме, так что оператор может сразу увидеть результат. Как только разбиение на секции приводит к желаемой форме крыши, параметры крыши можно настроить вручную или даже скопировать из других секций. Если в результате разбиения образу-

ется слишком много мелких секций, их количество можно уменьшить с помощью операции объединения.

Несмотря на то, что редактировать модели зданий с использованием линий разбиения не так просто, операторы привыкли к этому достаточно быстро и смогли эффективно воссоздать даже городские доминанты со сложной геометрией. Редактирование в ручном режиме также позволяет создавать более сложные формы крыш, такие как мансарды, купола, цилиндры, и даже некоторые конструкции на крышах, например, слуховые окна, вентиляционные и лифтовые шахты.

▼ Проект по созданию 3D модели Новой Москвы

Одним из проектов, в котором использовалось ПО BRes, был проект по созданию трехмерной виртуальной модели Новой Москвы по данным воз-

душного лазерного сканирования и перспективной аэрофотосъемки. Общая площадь проекта составила 1854 км², число моделей зданий — около 300 тыс. Исходные данные включали цифровую модель рельефа (ЦМР), цифровую модель местности (ЦММ), и контуры зданий, предварительно оцифрованные по ортофотопланам (рис. 8, 9).

Из-за большого количества зданий в ТиНАО и ограничений по срокам проекта построение моделей фотограмметрическим методом было сочтено слишком трудоемким и дорогостоящим. Поэтому было решено использовать только данные воздушного лазерного сканирования. Все модели зданий с уровнем детализации LOD2 имели геопространственную привязку и позже были текстурированы с помощью наклонных аэрофотоснимков.

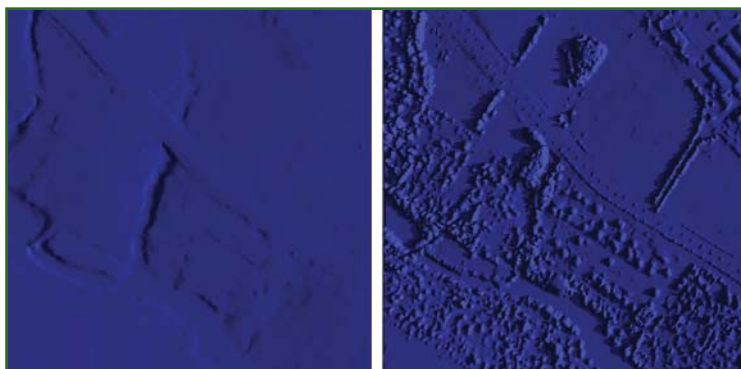


Рис. 8
ЦМР (слева) и ЦММ (справа)

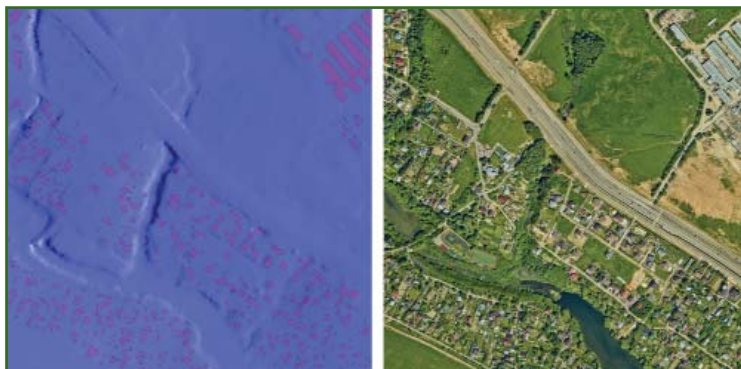


Рис. 9
Контуры зданий (слева) и ортофотоплан (справа)

По мере приобретения опыта операторы достигли производительности построения в ручном режиме 200–300 зданий в день, причем использовать этот режим потребовалось лишь в 20% случаев. Таким образом, компания смогла уложиться в сроки, предусмотренные проектом, которые также включали работу по текстурированию зданий и публикацию проекта в web-приложении.

В процессе выполнения проекта возникло несколько проблем организационного и технического характера. К сожалению, по разным причинам начало работ сильно сдвинулось, поэтому пришлось проводить аэрофотосъемку территории ТиНАО при распутившейся листве. Это привело к техническим трудностям при дешифрировании малоэтажной застройки на территории ТиНАО, в основном состоящей из поселков и садовых товариществ (рис. 10). Кроме того, было получено большое число наклонных аэрофотоснимков с фасадами зданий, загороженными близко стоящими деревьями, т. е. вместо окон и дверей на фасадах часто можно было увидеть лишь зеленые насаждения. Таким образом, текстурирование не всегда помогало рассмотреть архитектурные детали на фасадах и крышах.

▼ Выводы и направления дальнейшей деятельности

В процессе выполнения этого и последующих проектов специалистами компании данный подход, включающий разбиение планов зданий на секции и последующую реконструкцию на основе библиотеки стандартных параметрических форм крыш, доказал свою эффективность. Таким образом, мы убедились, что сделали правильно, выбрав для работы программное обеспечение Building-Reconstruction.



Рис. 10

3D модели зданий с текстурами на ЦМР и ортофотоплане в качестве подложки

В процессе работы над проектом у нас сложились тесные связи с разработчиками из компании Virtual City Systems GmbH. Это помогло в быстром освоении ПО, в исправлении найденных ошибок, но, что важнее, появилась возможность повлиять на развитие программы своими замечаниями и предложениями и продолжить сотрудничество в ряде новых направлений.

В качестве дальнейшего направления развития технологии реконструкции и построения трехмерных виртуальных моделей городов мы видим привлечение систем машинного обучения и нейронных сетей для эффективного распознавания и восстановления контуров зданий по данным воздушного лазерного сканирования и аэрофотосъемки. Это должно существенно ускорить процесс подготовки исходных данных и в целом выполнение проектов.

На повышение качества распознавания контуров зда-

ний и архитектурных деталей на их фасадах должно повлиять применение съемки в ближнем инфракрасном диапазоне для выделения объектов растительности с последующим удалением их из набора данных.

▼ Список литературы

1. Arefi, H., Engels, J., Hahn, M. and Mayer, H., 2008. Levels of Detail in 3D Building Reconstruction from LIDAR Data. In: International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.
2. Virtual City Systems GmbH. BuildingReconstruction. — www.virtualcitysystems.de/en/products/buildingreconstruction.
3. Kolbe, T.H., 2009. Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML. In: Lee, Zlatanova (Eds.): 3D Geo-Information Sciences, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
4. Martin Kada, Laurence McKinley, 2009, 3D building reconstruction from LiDAR based on a cell decomposition approach, In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.

ОБОРУДОВАНИЕ

▼ Новая панель управления Trimble TCU5

На выставке INTERGEO Digital 2020 департамент Trimble Geospatial объявил о выпуске панели управления Trimble TCU5 для тахеометров S серии. Панель управления может устанавливаться как на сам тахеометр для съемки в режиме Autolock, так и на вежу для роботизированной съемки.



Trimble TCU5 работает под управлением ОС Android и имеет сенсорный дисплей высокого разрешения размером 5". Для управления также предназначены 6 физических клавиш: три стандартные Android и три дополнительные (Power, Spider и Enter).

Панель управления Trimble TCU5 имеет оперативную память 2 Гбайта, оснащена расширенной памятью 16 Гбайт и модулем Wi-Fi, который может быть использован для беспроводной синхронизации передачи данных с помощью утилиты Trimble Sync Manager.

В комплект панели управления входит док-станция и USB-кабель для передачи данных. Для проведения съемочных работ служит программа обработки полевых измерений Trimble Access версии 2020.11.

По информации с сайта <https://trimble.club>

▼ Новый приемник ГНСС Trimble R12i

1 сентября 2020 г. департамент Trimble Geospatial объявил о выпуске приемника ГНСС Trimble R12i. Его главной особенностью является новая технология компенсации наклона вехи Trimble TIP высокой чувствительности, которая позволяет выполнять измерения в полевых условиях с точностью и скоростью, недостижимыми ранее другими решениями. Компенсация наклона вехи обеспечивается данными инерциального измерительного модуля, который устойчив к электромагнитным полям и не требует калибровки.

Технология Trimble TIP расширяет возможности RTK-процессора Trimble ProPoint, позволяя быстрее и безопаснее выполнять высокоточные измерения при топографической съемке и разбивочных геодезических работах на строительной площадке в сложных условиях. Повышение производительности достигается за счет исключения необходимости устанавливать веху с приемником в вертикальное положение.

Качество вычислений RTK-процессора Trimble ProPoint в комбинации с технологией компенсации наклона Trimble TIP

обеспечивают Trimble R12i в настоящее время наилучшую точность измерений с наклоном вехи до 30°.

Новый приемник Trimble R12i создан в таком же эргономичном корпусе, как и его предшественники — Trimble R12 и R10-2, и унаследовал от них следующие преимущества:

- уникальный алгоритм обработки сигналов ГНСС Trimble ProPoint;

- технологию отслеживания спутников Trimble 360 с 672 каналами;

- повышенную защиту от спуфинга и других внешних и внутренних радиочастотных помех;

- увеличение времени работы в полевых условиях на 30%;

- 6 Гбайт встроенной памяти;

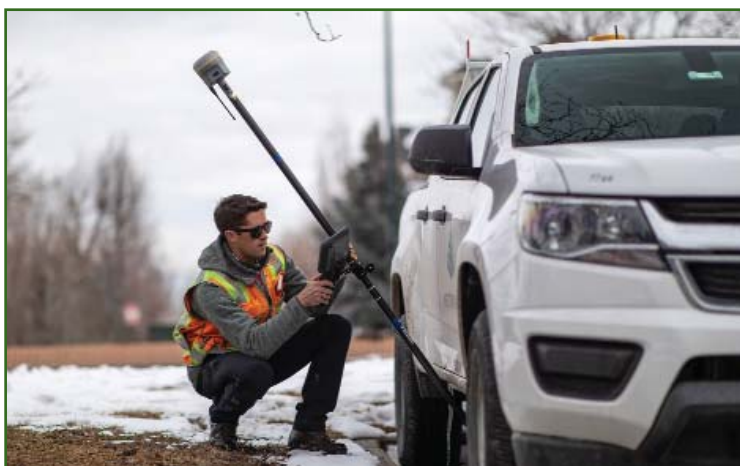
- электронный уровень eBubble;

- технологию Trimble CenterPoint RTX;

- технологию Trimble xFill.

Вместе с приемником Trimble R12i также выпущена новая версия полевого ПО Trimble Access 2020.10, которая работает на контроллерах Trimble TSC7, T10, T7 и TDC600.

По информации с сайта <https://trimble.club>



СОБЫТИЯ

▼ **IX Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы геодезии и геоинформационных систем» (Казань, 2–3 сентября 2020 г.)**

Конференция была приурочена к 100-летию образования ТАССР и прошла в рамках Татарстанского нефтегазохимического форума. Организаторами конференции выступили: Министерство цифрового развития государственного управления, информационных технологий и связи Республики Татарстан, ГКУ «Центр цифровой трансформации Республики Татарстан», ГУП «Центр информационных технологий Республики Татарстан» и Казанский (Приволжский) федеральный университет (К(П)ФУ).

Пленарное заседание состоялось 2 сентября и прошло в МВЦ «Казань Экспо». В нем приняли участие представители: АО «Роскартография», Госкорпорации «Роскосмос», АО «Газпром космические системы», Московского представительства Trimble, Казанского (Приволжского) федерального университета, редакции журнала «Геопрофи», ПАО «Татнефть», ФГУП «Рослесинфорг», ООО «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ», Универси-

тета Иннополис, Министерства имущественных и земельных отношений Нижегородской области, НПП ООО «РАСТР», Института археологии им. А.Х. Халикова Академии наук Республики Татарстан и др.

Секционное заседание состоялось 3 сентября. Первая часть заседания проходила на кафедре астрономии и космической геодезии К(П)ФУ в Городской астрономической обсерватории. Там же сотрудники Московского представительства Trimble и кафедры астрономии и космической геодезии К(П)ФУ провели мастер-класс по работе с современным спутниковым оборудованием ГНСС Trimble — R12 и Spectra Precision — SP80 и SP20. Особый интерес у слушателей вызвал ГНСС-приемник R12, оснащенный передовой технологией обработки спутниковых сигналов Trimble ProPoint. RTK-решение высокого качества было получено даже в сложных условиях — под кроной деревьев и рядом со стенами исторического здания Городской астрономической обсерватории.

Вторая часть секционного заседания прошла в МВЦ «Казань Экспо». С докладами выступили представители К(П)ФУ,



ГБУ «Безопасность дорожного движения» г. Казани, ООО «Эридан», Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского. Доклад Астрономического института имени Улугбека Академии наук Республики Узбекистан был представлен в режиме онлайн по видеосвязи.

Выступления докладчиков на пленарном и секционном заседаниях, проходивших в МВЦ «Казань Экспо», транслировались на канале YouTube выставочного центра.

Редакция журнала «Геопрофи»

▼ **Компания Trimble передала К(П)ФУ высокоточный геодезический спутниковый приемник**

4 сентября 2020 г. состоялась встреча представителей руководства Казанского (Приволжского) федерального университета и компании Trimble —



одного из мировых лидеров в области технологий спутниковой навигации и геодезии. В ней приняли участие проректор по научной деятельности К(П)ФУ Д.К. Нургалиев, глава Московского представительства компании Trimble Г.Г. Мосолов, заведующий кафедрой астрономии и космической геодезии К(П)ФУ И.Ф. Бикмаев и др.

На встрече представители компании Trimble передали в дар К(П)ФУ приемник ГНСС Trimble R10 с радиоантенной и полевым контроллером-накопителем Trimble TSC3. Он позволяет определять местоположение объекта на земной поверхности с точностью до 1 см.

Казанский (Приволжский) федеральный университет и компания Trimble взаимодействуют более 20 лет.

Во время встречи Д.К. Нургалиев отметил, что геодезическое оборудование и программное обеспечение компании Trimble используется в семи институтах К(П)ФУ в учебном процессе и научных исследованиях. И.Ф. Бикмаев уточнил, что оборудование Trimble используется в обучении порядка 200 студентов Института физики и около 300 студентов других институтов К(П)ФУ.

Передавая оборудование, Г.Г. Мосолов выразил надежду, что успешное сотрудничество, которое сложилось с кафедрой астрономии и космической геодезии, будет расширяться с другими кафедрами университета

за счет направлений, связанных с геопространственными технологиями.

Важно отметить, что во время пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 весной этого года, когда все вузы перешли на дистанционное обучение, и геодезическое оборудование невозможно было использовать в учебном процессе, компания Trimble предоставила К(П)ФУ эмуляторы для обучения студентов.

По информации медиапортала К(П)ФУ

II Международная научно-практическая конференция «Геодезия, картография и цифровая реальность» (Сочи, 8–9 октября 2020 г.)

На конференции были обозначены вопросы, ставшие для участников рынка ключевыми с момента проведения I Международной научно-практической конференции «Геодезия, картография и цифровая реальность», состоявшейся в марте 2019 г. Мероприятие было организовано АО «Роскартография» при поддержке ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД». Спонсорами выступили компании МАХАР и «ГЕКСАГОН ГЕОСИСТЕМС РУС». Целью конференции было обсуждение актуальных вопросов отрасли и выработка новых решений по использованию геопространственной информации в реалиях современного цифрового мира. В связи с пандемией коронавирусной инфекции COVID-19, Управление Роспотребнадзора по Краснодарскому краю одобрило проведение мероприятия, ограничив состав участников в количестве 100 человек.

Приветственные адреса участникам конференции направили: начальник Генерального штаба ВС РФ — первый заместитель Министра обороны РФ, генерал армии В.В. Герасимов и генеральный директор

Госкорпорации «Роскосмос» Д.О. Рогозин.

В своем приветствии В.В. Герасимов отметил, что для решения задач по обеспечению обороны государства необходима выработка эффективных решений по созданию и актуализации цифровых топографических и морских карт (планов), развитию геодезических сетей в соответствии с требованиями современного вооружения и военной техники. За последние 20 лет технологические инновации качественно повлияли на развитие геодезического и картографического обеспечения. В совокупности эти изменения становятся эффективными инструментами экономического и социального прогресса.

В 2020 г. формат мероприятия претерпел небольшие изменения. Вместо пленарных заседаний состоялось две дискуссии.

Участниками первой дискуссии стали представители органов государственной власти, учебных заведений и крупных государственных компаний, которые обсудили существующие потребности государства в геопространственных данных, проблемы создания и использования геопространственной информации в интересах государства, а также вопросы образования и подготовки кадров.

В обсуждении приняли участие: А.В. Ребрый, заместитель руководителя Росреестра; А.Е. Прохоренко, заместитель генерального директора по производству АО «Роскартография»; С.В. Козлов, начальник группы советников начальника ГШ ВС РФ; Н.Р. Камынина, ректор МИИГАиК; А.П. Карпик, ректор СГУГИТ; В.А. Заичко, заместитель директора департамента навигационных космических систем (ГЛОНАСС) Госкорпорации «Роскосмос».

Открыл дискуссию А.Е. Прохоренко, остановившись на





gemini

Gemini — представитель нового поколения беспилотных летательных аппаратов для аэрофотосъемки от Geoscan, сочетающий в себе высокую производительность и качество, позволяющий достигать плановую точность фотограмметрической модели 5 см

Кадастр | Картография | Маркшейдерия | Дорожное хозяйство



Плановая точность фотограмметрической модели — 5 см



Время полета до 40 минут



1,5 км² за полет с разрешением 3 см/пикс.



Камера 20,1 МР с APS-C матрицей



Протяженность маршрута до 30 км



Geoscan Planner

GEOSCAN

+7 812 363-33-87

info@geoscan.aero

www.geoscan.aero

Специальное предложение для читателей журнала: сообщите кодовое слово «**Геопрофи**» в заявке на нашем сайте или при звонке по телефону.

Предложение действует до 31.12.2020 г.
Не является публичной офертой.





нормативно-правовом обеспечении отрасли и определении вариантов и потребностей для решения возникших проблем. По его словам, в настоящий момент документы, которые регламентируют отрасль геодезии и картографии, существенно устарели. «Мы научились обрабатывать и получать данные современными средствами, описывать их, систематизировать и сертифицировать, но нам нужно гигантскими шагами наверстывать провал в нормативно-технической документации», — отметил он. Работа в этом направлении ведется, и итоговые результаты, в частности, основы государственной политики Российской Федерации в области геодезии и картографии, будут подготовлены до конца этого года.

В свою очередь А.В. Ребрий добавил, что Росреестр и Роскартография подписали контракт на выполнение научно-исследовательской работы, в рамках которой будет выполнен глубокий анализ всей нормативной базы и представлены предложения по ее переработке. «Также будут разработаны основы государственной политики в области геодезии и картографии. Это документ, который говорит, что государству необходимо делать в этом направлении, куда мы движемся, как мы взаимодействием с рынком, на каких условиях», — уточнил он.

В.А. Заичко подчеркнул, что Госкорпорация «Роскосмос» и

АО «Роскартография» тесно взаимодействуют на протяжении многих лет, и сотрудничество продолжает развиваться. По его словам, в 2020 г. Роскосмос удовлетворил потребности Роскартографии в снимках, полученных космическими аппаратами российской орбитальной группировки, для создания картографической продукции на 98%, что стало рекордом за последние несколько лет.

Н.Р. Камынина и А.П. Карпик рассказали о подготовке специалистов для отрасли и проблемах, возникающих при обучении. При этом каждый из них отметил, что активная работа Роскартографии в 2020 г. по разработке профессиональных стандартов, а также взаимодействие с дочерними обществами и Росреестром позволяют готовить специалистов для решения государственных задач.

С.В. Козлов подчеркнул тесную работу Минобороны РФ, Росреестра и АО «Роскартография», а также необходимость использования не только пере-

дового мирового опыта, но и опыта Военно-топографического управления ГШ ВС РФ по созданию картографической продукции.

Участники первой панельной дискуссии определили ключевую проблему текущего развития отрасли — отсутствие нормативно-правовой базы, которое не способствует эффективному развитию отрасли в русле мировых тенденций. Для ее решения АО «Роскартография» еще в 2019 г. приступило к самостоятельной разработке стандартов картографического производства, а в 2020 г. выполняет НИР «Геокарта» в части:

- комплексного анализа проблемы осуществления геодезических и картографических работ, предложений по основам государственной политики РФ в сфере геодезии и картографии и стратегии развития отрасли геодезии и картографии в РФ на период до 2030 года в целях обеспечения опережающего социально-экономического развития, обороны и безопасности, а также развития международного сотрудничества;

- подготовки рекомендаций по уточнению правил создания и обновления единой электронной картографической основы и требования к периодичности ее обновления;

- подготовки рекомендаций по требованиям к видам и масштабам цифровой картографической продукции, в том числе к



новым видам, а также требования к периодичности обновления, составу и содержанию государственных топографических карт и государственных топографических планов;

— подготовки рекомендаций по уточнению существующих, а также созданию новых нормативно-технических актов, документов по стандартизации (национальных стандартов), сводов правил по созданию и обновлению государственных топографических карт и государственных топографических планов.

Во второй дискуссии приняли участие: А.Е. Прохоренко, М.И. Петухов, руководитель направления «Геопространственные решения» ООО «ГЕКСАГОН ГЕОСИСТЕМС РУС»; В.Н. Адров, генеральный директор АО «Ракурс»; Н.К. Куричев, декан факультета географии и геоинформационных технологий НИУ ВШЭ; И.М. Рутько, начальник Научно-исследовательского



центра топогеодезического и навигационного обеспечения 27-го ЦНИИ МО РФ. Они рассмотрели новейшее оборудование и программное обеспечение для создания геопространственных данных в России, объем рынка, особенности и направления взаимодействия бизнеса и государства.

Участники конференции активно участвовали в обсуждении указанных выше вопросов, анализировали результаты выполненных работ, высказывали предложения по направлениям

дальнейших исследований, технического и технологического развития отрасли:

— развития геодезии, как основы топогеодезической отрасли (системы координат, системы высот, средства и методы измерений и вычислений);

— развития методов дистанционного зондирования Земли (космическая компонента (спутники и наземный сегмент), средства и методы аэрофотосъемки, беспилотная аэрофотосъемка для целей картографирования территорий);



КБ ПАНОРАМА
Геоинформационные технологии

Комплект программ

АРМ градостроителя

- Автоматизация работы органов архитектуры и градостроительства
- Упрощение процессов подготовки и выдачи документов ИСОГД
- Помощь в принятии управленческих решений о развитии городской территории

АО КБ «Панорама» Россия, г. Москва
тел.: +7 (495) 739-0245,
panorama@gisinfo.ru

Узнайте больше
о «АРМ Градостроителя»
здесь: gisinfo.ru/urban



— развития средств и методов фотограмметрической обработки материалов дистанционного зондирования Земли;

— научно-обоснованного планирования картографических работ на территории РФ;

— разработки новых видов картографической продукции (как цифровой, включая 3D-модели, так и аналоговой).

Эти направления детально рассматривались во второй части конференции на тематических секциях: «Роль картографии в государственном управлении», «Картография и жизнь: использование картографической продукции», «Дистанционное зондирование Земли и фотограмметрия»; «Картография, геоинформатика, кадастр»; «Научные аспекты картографии: образование, исследования, инновации».

С докладами выступили представители государственных, акционерных и частных организаций и компаний, а также учебных заведений: НИУ ВШЭ, СГУГиТ (Новосибирск), Госкорпорация «Роскосмос», ООО «ГЕКСАГОН ГЕОСИСТЕМС РУС», АО «Ракурс», АО «Аэрогеодезия» (Санкт-Петербург), ООО «НПК Фотоника» (Санкт-Петербург), ООО «АртГео», АО «НовгородАГП» (Великий Новгород), АО «Северо-Кавказское аэрогеодезическое предприятие» (Ставрополь), ООО «АГМ Системы» (Краснодар), АО «Роскартография», АО «РКС», ООО «ИКС» (Санкт-Петербург), АО «Кадастръёмка» (Иркутск), ООО «ТиГео», 3DProscan, Московское представительство компании Trimble, КБ «Панорама», ООО «ГеоСкан» (Санкт-Петербург), АО «УСГИК» (Екатеринбург), МИИГАиК.

Дополнением к конференции стала выставка оборудования и программного обеспечения, которое представляли: ООО «НПК Фотоника», ООО «ТиГео», 3DProscan, ООО «АртГео» и ООО «ИКС».

Следующая конференция состоится в 2021 г., в Иркутске, и будет приурочена к 75-летию образования АО «ВостСибАГП».

С докладами участников можно ознакомиться по ссылке: <https://www.ros-cartography.ru/conf/materialy-konferenczii/>

По информации АО «Роскартография»

Технологии JAVAD в учебном процессе Московского колледжа геодезии и картографии

В настоящее время в Московском колледже геодезии и картографии (МКГиК) в соответствии с программой предусмотрено изучение двух учебных курсов по глобальным навигационным спутниковым системам (ГНСС). Студенты по специальности «прикладная геодезия» проходят обучение по курсу «Создание опорных геодезических сетей спутниковыми методами», а по специальности «аэрофотогеодезия» — по курсу «Спутниковые технологии в геодезических работах».

Реализация этих учебных курсов предусматривает изучение оборудования и программного обеспечения, основанного на ГНСС-технологиях, как российских, так и зарубежных производителей, которое находит широкое применение на практике.

В 2019 г. ООО «Джавад Жи Эн Эс Эс» выступило с предложением об оказании помощи колледжу в этом вопросе и предоставило два современных ГНСС-приемника JAVAD для внедрения в учебный процесс.

В 2020 г. было заключено соглашение о сотрудничестве между ООО «Джавад Жи Эн Эс Эс» и Московским колледжем геодезии и картографии. Для успешного овладения студентами передовыми спутниковыми геодезическими технологиями соглашением предусматривается предоставление колледжу на правах безвозмездной аренды



оборудования JAVAD и обучение преподавателей колледжа работе с ним.

Процесс изучения приемников ГНСС и программного обеспечения, а также практической работы с предоставленным оборудованием можно условно разделить на три этапа.

Первый этап включает теоретический курс, направленный на изучение спутниковых приемников и программного обеспечения преподавателями колледжа: Д.А. Кожемякиной, Е.В. Масловым, В.А. Шороховой и К.Ю. Ивановым.

Второй этап предусматривает практические работы — проведение измерений на местности с помощью приемника ГНСС JAVAD TRIUMPH-2 и камеральную обработку полученных результатов.

А третий и самый главный этап — обучение студентов специальностей «прикладная геодезия» и «аэрофотогеодезия» работе с ГНСС-приемниками JAVAD.

Руководство колледжа считает, что такое сотрудничество обязательно принесет положительные результаты, поскольку учебное заведение получает квалифицированных преподавателей, а производственные компании — техников-геодезистов, способных работать с современным ГНСС-оборудованием.

Е.В. Лузин
(МКГиК)

СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ДЛЯ ИХ РЕСТАВРАЦИИ

Е.В. Петрова («Фотометр»)

В 2014 г. окончила факультет прикладной космонавтики и фотограмметрии МИИГАиК по специальности «исследование природных ресурсов аэрокосмическими средствами». С 2017 г. работает в ООО «Фотометр», в настоящее время — инженер-фотограмметрист.

Технология получения пространственных данных, основанная на такой научно-технической дисциплине как фотограмметрия, позволяет решать широкий спектр задач — от создания цифровой модели местности до информационной модели отдельных объектов в виде регулярной сетки и реалистичной трехмерной модели городов. Она уже давно стала составной частью рабочих процессов геодезистов, маркшейдеров, строителей и проектировщиков по всему миру, в том числе в России. И это не случайно, ведь фотограмметрический метод имеет следующие достоинства: гарантированную точность и объективность измерений, получение значительного объема данных с минимальными затратами по времени и высокую степень автоматизации при их обработке. На объектах, где зачастую человеку опасно находиться, можно дистанционно выполнить аэрофотосъемку, используя беспилотный летательный аппарат, а обработку и измерения провести в камеральных условиях.

Специалисты ООО «Фотометр» на протяжении пяти лет используют программу Context Capture компании Bentley Systems для фотограмметрической обработки данных при определении объемов горных пород на открытых месторождениях, фасадной съемке, создании трехмер-

ных моделей объектов культурного наследия и выполнении других проектов по материалам аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов (<https://fotometr.com>).

Выбор Context Capture был вызван тем, что трехмерные модели, созданные в этой программной среде, на наш взгляд, являются лучшими. Сотрудничество наших компаний началось в 2016 г., и тогда же компания «Фотометр» получила статус официального партнера Bentley Systems и авторизацию на серию программных средств Reality Modeling. Это позволило подробнее изучить и протестировать программу, выявить ее недочеты и локализовать для российских пользователей. С тех пор технология, основанная на программе Context Capture, была внедрена в десятки горнодобывающих предприятий, а компания «Фотометр» пока что единственная в России получила и имеет статус партнера с возможностью обучения.

Особенно интересно выполнять проекты по созданию трехмерных моделей объектов культурного наследия и приятно осознавать, что эти реалистичные модели, являясь «цифровыми двойниками», еще и вносят свой вклад в сохранение памятников истории.

В Кронштадт, расположенный на острове Котлин, специалисты компании отправились именно с

такой целью — получить трехмерные модели трех объектов культурного наследия, находящихся в акватории Финского залива — фортов «Петр I», «Александр I» и «Кроншлот», каждый из которых оказался уникальным не только с исторической точки зрения, но и по сложности измерений (рис. 1).

Основной задачей проекта было в короткие сроки получить трехмерные облака точек сооружений на этих объектах фотограмметрическим методом. Эти облака точек, совмещенные с облаками точек лазерных отражений, полученных наземным лазерным сканером, были необходимы для создания обмерных чертежей при реставрации и реконструкции сооружений. Требовалась высокая точность, поэтому применялись два метода получения данных: фотосъемка (с воздуха и земли) и наземное лазерное сканирование. Работа могла быть выполнена и с помощью только одного метода — лазерного сканирования, если бы не расположение фасадов фортов со стороны водной поверхности, съемку которых наземным лазерным сканером можно осуществить только в зимний период при наличии крепкого льда, либо во время засушливого летнего сезона. Однако измерения необходимо было провести весной, когда лед уже таял с большой скоростью.



Рис. 1

Расположение фортов «Петр I», «Александр I» и «Кроншлот» в акватории Финского залива (снимок Google Earth)

Для нас это был не первый опыт совместной работы с компаниями, которые занимаются лазерным сканированием. Особенность таких проектов заключается в получении трехмерного облака точек, не только удовлетворяющего требованиям фотограмметрической обработки по плотности, но и с точной геопространственной привязкой, необходимой для его объединения с облаком точек лазерных отражений.

На тот момент в авиапарке компании был только квадрокоптер DJI Phantom 4 Pro V2.0, не оснащенный геодезическим ГНСС-приемником, и перед нами встала еще одна задача. Необходимо было спланировать маршруты полетов так, чтобы изображения внешних и внутренних фасадов были связаны

между собой — имели достаточное перекрытие для обработки этих изображений в одном (объединенном) блоке данных, и правильно расположить маркеры на фасадах для объединения большого числа снимков.

Обычно все начинается с подготовительных работ, которые включают: удаленную рекогносцировку объекта, насколько это возможно, планирование маршрутов полетов и составление проекта планово-высотной привязки. План маршрутов для данного проекта составлялся в программе OpenRoads Designer (рис. 2). Для этого можно также использовать программы MicroStation или Context Capture Editor, а также любые другие планировщики полетов.

На объекте проект маршрутов корректировался и дополнялся

проектом планово-высотной привязки. Первоначально проводилось размещение маркеров опорных точек на фасаде. В данном проекте в качестве опорных точек использовались распечатанные на листе А4 окружности с секторами (не принципиально какого именно вида будут маркеры — можно использовать, например, круги черного цвета). Координирование маркеров, закрепленных на фасаде, выполнялось тахеометром.

В качестве маркеров наземных опорных точек использовались обычные пластиковые тарелки красного цвета, которые надежно закреплялись на земле. Координаты этих точек (центров тарелок) определялись из спутниковых измерений.

При обработке координаты всех опорных точек вычислялись в условной системе координат.

На всех объектах проводился сбор структурированных наборов данных. Они включали изображения, полученные с квадрокоптера при аэрофото съемке камерой, расположенной в надири, и перспективной аэрофото съемке камерой, направленной под углом от 30° до 50° к горизонтальной плоскости (для съемки фасадов), и цифровым фотоаппаратом Samsung NX100 при наземной съемке фасадов.

Наземная фотосъемка была добавлена в план работ,

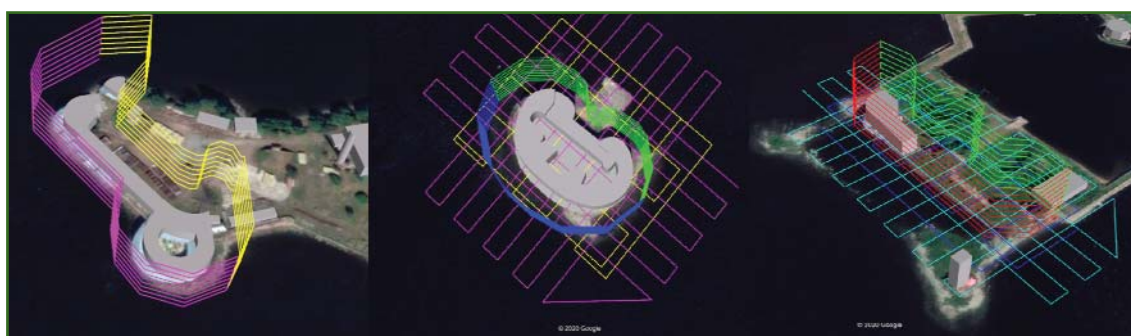


Рис. 2

Маршруты, запланированные в программе OpenRoads Designer и загруженные в Google Earth



Рис. 3
Пример размещения опорных точек на фасаде форта «Петр I»

поскольку отсутствовала возможность выполнить аэрофотосъемку внутренних фасадов сооружений на низких высотах из-за наличия вышек и эстакад. Именно на такой высоте на фасадах располагалась основная часть опорных точек, без которых нельзя было осуществить привязку к используемой системе координат.

Рассмотрим каждый объект по отдельности более подробно.

Форт «Петр I», соединенный дамбой с островом Котлин, стал первым объектом работ и имел наиболее удобное расположение. На его фасаде были закреплены 24 опорные точки (рис. 3), а на земле — 6. Этот процесс занял около часа. В работах принимали участие два специалиста, что позволило проводить аэрофотосъемку с квадрокоптера и съемку фасадов фотоаппаратом одновременно. Сразу после установки маркеров выполнялись полеты. Первоначально была осуществлена перспективная аэрофотосъемка фасадов, качество которой напрямую зависит от погодных условий. Необходимо было выполнить аэрофотосъемку внешнего фасада (со стороны залива) пока солнце скрыто за облаками и не поднялся сильный ветер.

Также возникла еще одна проблема — потеря связи меж-

ду квадрокоптером и пультом управления оператора, чему препятствовало главное сооружение форта. Поэтому оператору большую часть времени при съемке внешнего фасада пришлось находиться на крыше.

В это же время выполнялась наземная съемка внутреннего фасада фотоаппаратом. Она проводилась по двум маршрутам на расстояниях 5 и 10 м от фасада с интервалом в полметра. По каждому маршруту было проведено два прохода. При первом проходе объектив фотоаппарата располагался горизон-

тально, а при втором — на 15–25° выше горизонтальной плоскости. Процесс фотосъемки занял 3,5 часа. В результате было получено 5369 фотографий.

Далее проводилась камеральная обработка в программе Context Capture. Следует отметить, что интерфейс программы удобен и понятен, и работа в ней не требует глубоких профессиональных знаний в области фотограмметрии. Чтобы начать обработку, нужно просто загрузить изображения, полученные камерой квадрокоптера и фотоаппаратом, без назначения системы координат. Несмотря на то, что снимки с квадрокоптера имеют данные о координатах, а снимки с цифрового аппарата не ориентированы в пространстве, обработка проводилась в одном блоке. В данном проекте перекрытия между снимками, полученными при аэрофотосъемке и при наземной съемке были достаточными для нахождения необходимого количества ключевых связующих точек в процессе аэротриангуляции, которая включала два этапа.

На первом этапе осуществлялось выравнивание снимков без использования опорных точек,

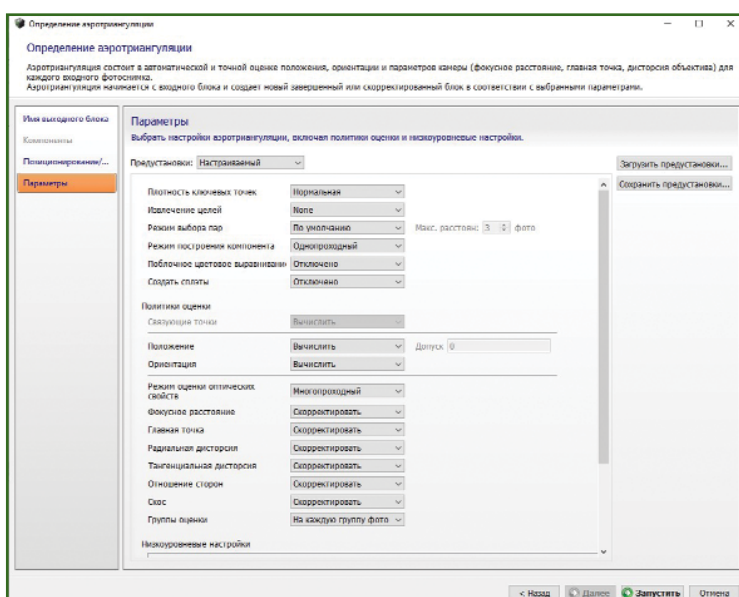


Рис. 4
Первый этап. Установка параметров аэротриангуляции

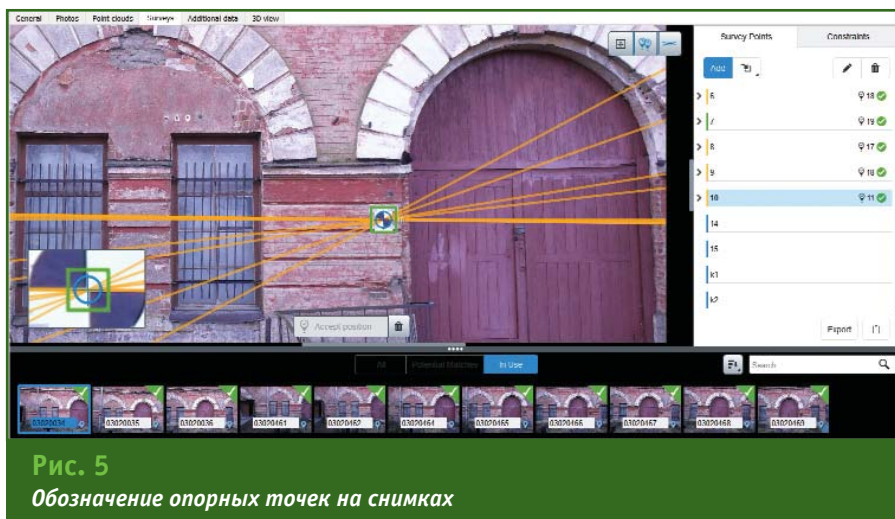


Рис. 5

Обозначение опорных точек на снимках

при этом настройки выставлялись по умолчанию за исключением двух параметров оптических свойств камеры.

Программа предлагает не рассчитывать соотношение сторон и скос — параметры оптических свойств камеры. Мы рекомендуем их скорректировать.

В итоге используется следующий набор настроек в меню программы.

Выбирается режим «Использование метаданных для жесткой регистрации, с использованием неточных метаданных» (метаданные с приемника навигационного типа квадрокоптера), и устанавливаются параметры аэротриангуляции (рис. 4).

Запускается процесс обработки, и после его завершения приступают ко второму этапу аэротриангуляции, на котором проводится привязка снимков к системе координат. Для этого загружается каталог координат опорных точек, и выбирается система координат, в данном проекте была выбрана — локальная (метры).

Каждая опорная точка отмечалась не менее чем на 5 снимках (рис. 5).

В меню в режиме «Позиционирование/геоассоциирование» для коррекции выбирается строка «Опорные точки» (рис. 6). Настройки аэротриангуляции остаются прежними, как и на

первом этапе (в некоторых случаях можно сохранить уже вычисленные параметры оптических свойств камеры, полученные на первом этапе, или данные калибровки камеры).

Запускается второй этап аэротриангуляции, после завершения которого проверяются требования к вычисленным ошибкам на опорных точках, установленные в задании на выполнение работ. В данном проекте были получены значения ошибок на опорных точках в диапазоне от 0,02 до 3,0 см, что удовлетворяло установленному допуску.

После этого необходимо нажать кнопку «Новая реконструкция» (рис. 7) и в меню выбрать параметры построения модели. Следует обратить внимание на систему координат и выбрать геометрическую точность модели из предлагаемых четырех: «Средняя», «Высокая», «Ультра» и «Экстра». Последние два показателя можно применять при использовании профессиональных камер. Для данного проекта была установлена «Высокая». Также очень важно правильно выбрать режим мозаики (деление реконструируемой модели на части — тайлы), который задается в соответствии с мощностью используемого персонального компьютера, а точнее объема его оперативной памяти. Для этого в меню выбирается режим «Адаптивная мозаика» и указывается 50% от объема оперативной памяти (рис. 8). Этим трех настроек достаточно, чтобы начать построение модели. После нажатия кнопки «Запустить новую обработку» и создание «3Д сетки» программа автоматически создаст модель (рис. 9).

Обработка данных по форту «Петр I» длилась 6 суток на пер-

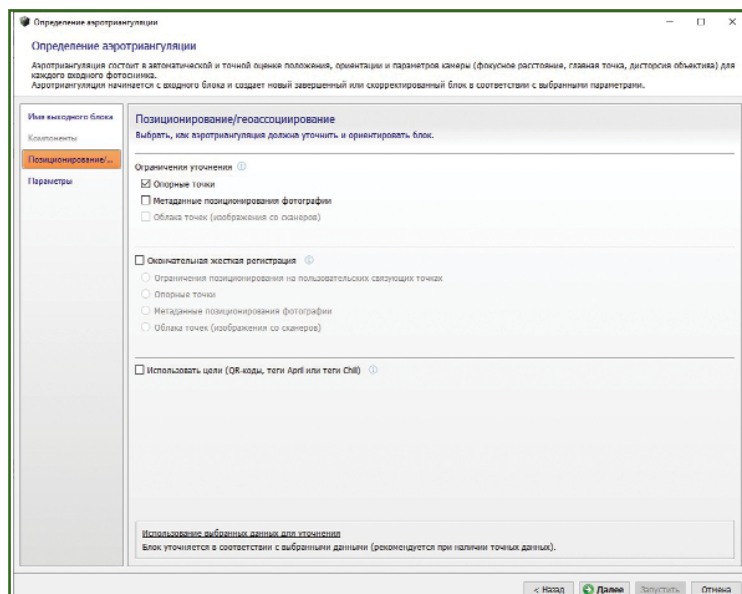


Рис. 6

Второй этап. Настройки в режиме «Позиционирование/геоассоциирование»

сональном компьютере с параметрами: процессор — Intel Core i9 7980-XE, видеокарта — NVIDIA GeForce 1080 Ti, объем оперативной памяти — 128 Гбайт.

Вторым объектом в проекте был форт «Александр I», наиболее сложный для измерений из трех сооружений за счет овальной формы. Он представлял собой трехэтажный морской форт казематированного типа с множеством декоративных элементов и небольшим внутренним двором. Было понятно заранее, что внутри двора такого размера с помощью квадрокоптера не удастся получить изображения фасада достаточного качества, поэтому был запланирован большой объем работ по наземной фотосъемке.

Кроме того, дополнительные трудности добавило объявление штормового предупреждения, в связи с чем начало работ отодвинулось на полмесяца. Поэтому добравшись до объекта, наши специалисты сделали всю работу максимально быстро — за один день. В итоге было замаркировано 41 опорная точка на фасаде, 8 опорных точек на крыше и 5 наземных опорных точек, что заняло 1,5 часа. Благодаря хорошему состоянию внешних элементов форта — старинных чугунных лестниц, проходящих через все этажи с выходом на крышу, опорные точки на фасаде были размещены на уровне трех этажей (рис. 10). Аэрофотосъемка и наземная фотосъемка заняли 4 часа. Оператор квадрокоптера, как и при измерениях форта «Петр I», во время части полетов находился на крыше. Было получено 4489 снимков с пространственным разрешением от 0,03 до 2,3 см в 1 пикселе.

Камеральная обработка на объекте отличалась от обработки по форту «Петр I» из-за неоднородности данных: снимки внешнего фасада, крыши и земли были получены с воздуха, снимки двух первых этажей

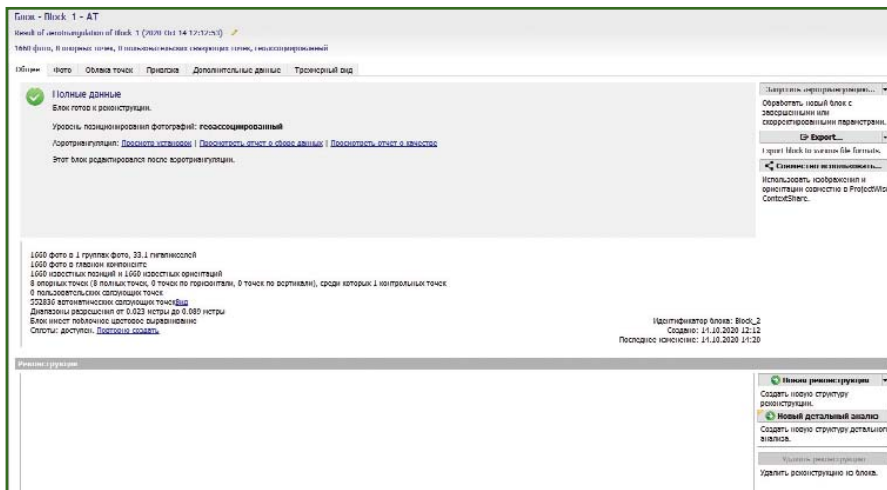


Рис. 7
Моделирование. Общий вид с кнопкой «Новая реконструкция»

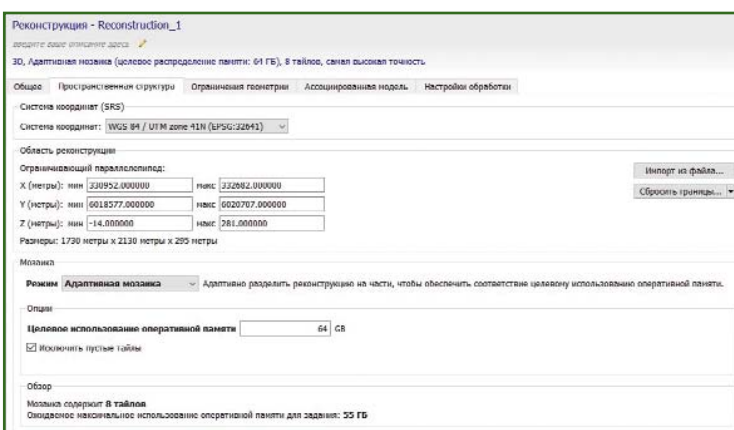


Рис. 8
Моделирование. Назначение режима «Адаптивная мозаика»

внутреннего фасада и снимки внешнего фасада у главного входа — с земли. Изображения разделили на две группы в соот-

ветствии с методом получения данных (с воздуха и земли). Это привело к тому, что обрабатывалось три блока: снимки с квад-



Рис. 9
Трёхмерная модель форта «Петр I» в программе Context Capture



Рис. 10
Опорные точки на фасаде форта «Александр I» и на земле

рокоптера, снимки внутреннего фасада и снимки внешнего фасада у главного входа фотоаппаратом с земли.

Каждый блок изначально выравнивался по связующим точкам, набранным автоматически, а затем преобразовывался в локальную систему координат по опорным точкам. Очень важно было набрать достаточное количество корректных опорных точек на каждый блок не только для того, чтобы обеспечить наименьшую погрешность с облаком точек лазерных

отражений, но и для получения цельной трехмерной модели без расслоений по фотограмметрическим данным. Блок, состоящий из снимков с воздуха, преимущественно привязывался по наземным опорным точкам и опорным точкам на крыше сооружения, а проверялся по опорным точкам, находящимся на уровне третьего этажа (рис. 11).

Второй этап аэротриангуляции — этап геопривязки — проходил с сохраненными параметрами оптических характеристик

камеры, начиная с фокусного расстояния и заканчивая расчетом скоса. Перед этим важно убедиться, что первый этап аэротриангуляции дал корректные результаты. Объединив геопривязанные блоки, проводить общую аэротриангуляцию уже нет необходимости, можно сразу приступить к построению модели.

При создании (реконструкции) модели из общего блока выставлялись параметры, приведенные при обработке данных форта «Петр I».

Объем объединенного блока составил 94 Гпикселя (общее число пикселей всех изображений).

Максимально возможный объем данных для обработки в программе Context Capture для персонального компьютера составляет 300 Гпикселей — это примерно 14 000 изображений, полученных с квадрокоптера.

Построение трехмерной модели форта «Александр I» выполнялось на том же персональном компьютере, характеристики которого приведены выше, и заняло 8 суток (рис. 12).

Чтобы ускорить обработку данных, можно добавить в ком-

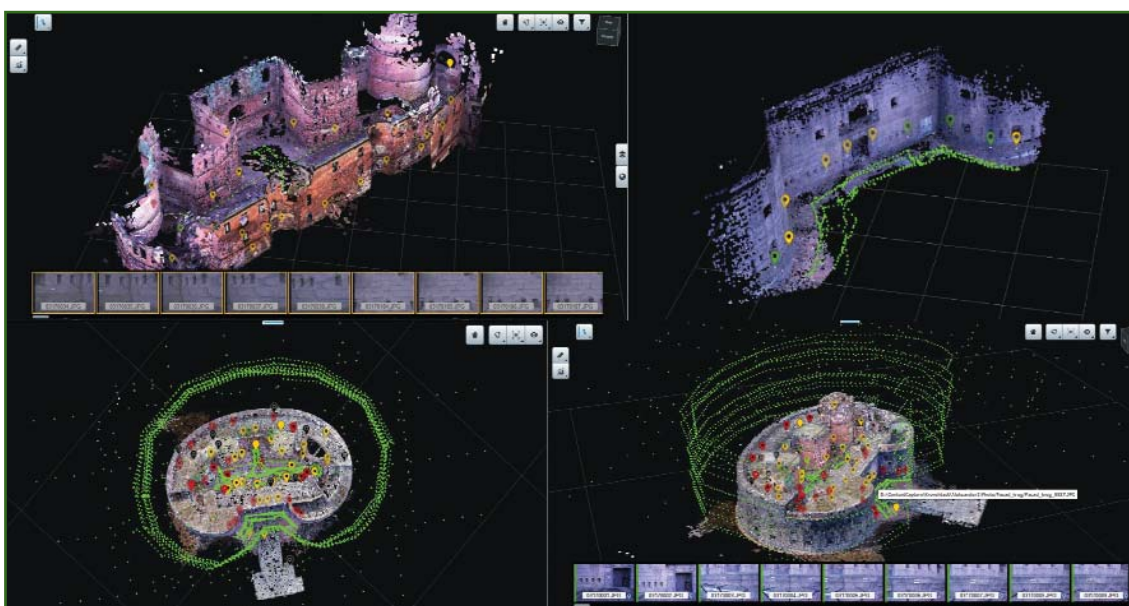


Рис. 11
Отдельные блоки после выравнивания (вверху), общий набор данных после объединения (внизу)

плектацию ПК дополнительную видеокарту либо распределить обработку на два компьютера. Во втором случае должна обеспечиваться высокая скорость передачи информации между оборудованием для хранения и, соответственно, оборудованием для обработки данных.

Следующий объект — **форт «Кроншлот»** — имел самое значительное по площади и по размеру сооружение. Работы на нем проводились на следующий день после съемки форта «Александр I». Погода порадовала относительно слабым ветром, но, к сожалению, светило яркое солнце, которое создавало блики от снега и поверхности Финского залива. Такие погодные условия не самые лучшие, поскольку большую часть перспективной аэрофотосъемки приходится проводить против солнца. Оператору квадрокоптера пришлось потрудиться, меняя почти для каждой фотографии параметры выдержки и светочувствительности, чтобы получить максимально не засвеченные изображения.

Несмотря на значительные размеры, сооружение имело несложную архитектуру, поэтому 13 опорных точек на фасаде и 5 опорных точек на земле были установлены за 40 минут. Близко растущие деревья не позволяли квадрокоптеру опуститься низко, поэтому было сделано большое количество снимков фотоаппаратом с земли. Здание находилось в аварийном состоянии, что не давало возможности разместить опорные точки на уровне второго этажа. Общее время, затраченное на фотосъемку, составило 3 часа. В результате было получено 4165 снимков.

Данные по форту «Кроншлот» обрабатывались одним блоком в два этапа, с аналогичными настройками, приведенными выше. Построение трехмерной модели заняло порядка 7 суток.



Рис. 12
Трехмерная модель форта «Александр I» в программе Context Capture

По мере готовности трехмерные модели сооружений фортов в виде раскрашенного трехмерного облака точек передавались компании, которая проводила лазерное сканирование. Облако точек, полученное фотограмметрическим методом, имеет немало шумов. Как правило, причиной их возникновения является наличие оконных проемов с застеклением и без, водоемов и любых отражающих поверхностей. В данном проекте на фасадах сооружений имелось большое количество окон. Программа автоматической фотограмметрической обработки всегда пытается извлечь максимум информации и простроить сетку по тому, что находится на изображении, например, то, что видно через оконный проем. Но, в основном, облако получается «чистое», с нерегулярной плотностью точек.

При совмещении облаков точек, полученных фотограмметрическим методом и с помощью лазерного сканирования, наблюдалось расхождение в плане в пределах 1 см (от 0,7 до 0,8 см), что вполне удовлетворяло требованиям, установленным заказчиком. По объединенным облакам точек создавались обмерные чертежи и

планы, которые на момент построения трехмерной модели сооружения форта «Кроншлот», уже использовались для проектирования.

Такой небольшой, но важный вклад фотограмметрического метода в решение поставленной задачи сделал возможным выполнить ее в срок, предоставив недостающие данные с требуемой точностью. Совместное использование двух методов уже давно практикуется по всему миру не только когда дело касается объектов культурного наследия, но и строительства, промышленных предприятий.

С каждым годом, кроме работы на предприятиях горной отрасли, компания «Фотометр» создает все больше «цифровых двойников» памятников культуры, цехов химических или металлургических предприятий, представляющих собой трехмерную модель или объемную триангуляционную сетку, которые позволяют выполнять точные измерения реставраторам, проектировщикам и работникам эксплуатационных организаций в офисе, не выезжая на объекты.

Подробнее с материалами, опубликованными в статье, можно познакомиться на канале YouTube компании «Фотометр».



ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ДУГА СТРУВЕ. ВИРТУАЛЬНАЯ ВСТРЕЧА НА БЕРЕГАХ АЛТА-ФЬОРДА

А.С. Богданов (Санкт-Петербургская ассоциация геодезии и картографии)

В 1974 г. окончил Ленинградский топографический техникум, в 1984 г. — географический факультет Ленинградского государственного университета по специальности «физико-географ», в 2000 г. — Северо-западную Академию государственной службы при Президенте РФ. После окончания техникума работал в Ленинградском топографическом техникуме, а с 1996 г. — в Комитете по архитектуре и градостроительству Ленинградской области. С 2001 г. по 2015 г. работал в Комитете по градостроительству и архитектуре г. Санкт-Петербурга. В настоящее время — начальник Управления ведения фонда пространственных данных и инженерных изысканий Санкт-Петербургского ГКУ «Центр информационного обеспечения градостроительной деятельности». Президент Санкт-Петербургской ассоциации геодезии и картографии. Кандидат технических наук. Заслуженный работник геодезии и картографии РФ.

В.И. Глейзер («Геодезические приборы», Санкт-Петербург)

В 1968 г. окончил Ленинградский электротехнический институт (в настоящее время — Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет) по специальности «гироскопические приборы и устройства». После окончания института работал инженером в ЦНИИ «Аврора», а с 1971 г. — во Всесоюзном НИИ горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ), занимая должности от старшего научного сотрудника до заведующего лабораторией и главного метролога. С 2001 г. работает в ООО «Геодезические приборы», в настоящее время — заместитель генерального директора. Заведует кафедрой геоинформационных технологий (на базе ООО «Геодезические приборы») факультета землеустройства и строительства Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, профессор. Преподаватель дополнительной образовательной программы СПб ГБОУ СПО «Петровский колледж».

*Дуга, дуга меридиана
Соединила на века,
Холодный берег океана
И теплый, где Дунай река!*

*Соединила нас и земли
Десятка европейских стран.
Труды и ныне не померкли
Прошедших тот меридиан!*

*Спешат года, спешат века,
А мы встречаемся нередко,
Чтоб сохранить наверняка
Наследие великих предков!*

(Из «Посвящение Дуге Струве» [1], А.С. Богданов, В.И. Глейзер)

Среди основных проектов, составляющих сферу деятельности Санкт-Петербургской ассоциации геодезии и картографии (далее — Ассоциация), на протяжении многих лет особое место занимает проект по изучению и развитию памятника ЮНЕСКО «Геодезическая дуга Струве» (далее — ГДС) [2, 3].

В 2005 г. был создан Международный Координационный комитет по управлению памятником ЮНЕСКО «Геодезическая дуга Струве» (далее — Комитет). В него вошли представители десяти европейских государств: Норвегии, Швеции, Финляндии, Российской Феде-

рации, Эстонской Республики, Латвийской Республики, Литовской Республики, Республики Беларусь, Украины и Республики Молдовы, на территории которых находятся обнаруженные и внесенные в список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО пункты ГДС. Ассоциация принимает активное участие в заседаниях Комитета и занимается популяризацией геодезических измерений, выполненных на пунктах ГДС, в том числе расположенных на территории Российской Федерации на острове Гогланд.

Заседания Комитета проходят один раз в два года. На них

рассматриваются проекты и работы, выполняемые странами, входящими в Комитет, определяются новые задачи по изучению и пропаганде памятника ГДС и выбирается страна, представитель которой становится председателем Комитета на следующие два года и на территории которой проходит очередное заседание Комитета.

В 2016 г. председателем Комитета впервые был избран представитель Российской Федерации, а 8-е заседание Комитета прошло в Санкт-Петербурге с 12 по 14 сентября 2018 г. [3]. По его итогам полномочия по уп-



Рис. 1

В.Ф. Шкуров, представитель РФ (слева), передает полномочия председателя Комитета по управлению памятником ГДС Перу Христиану Братхейму, представителю Норвегии

равлению памятником ГДС на 2019–2020 гг. были переданы Норвегии, а председателем Комитета стал ее представитель — Пер Христиан Братхейм (Per Christian Bratheim) — рис. 1.

9-е заседание Комитета планировалось провести в период с 15 по 18 сентября 2020 г., в городе Алте (Норвегия), примерно в 15 км от которого находится вспомогательный пункт ГДС «Лилль Райпас» (Lille Raipas). В программу встречи также входило посещение самой северной точки ГДС — пункта «Фугленес» (Fuglenes),

расположенного в городе Хаммерфесте на берегу Баренцева моря.

Однако этим планам не суждено было сбыться. Очная встреча участников 9-го заседания Комитета, в связи с объявленным в большинстве стран карантинном, не состоялась. По предложению председателя Комитета Пера Христиана Братхейма было решено провести заседание в режиме онлайн в формате видеоконференции. Мероприятие прошло 16 сентября 2020 г., с 10:00 до 13:00 часов по московскому времени,

на корпоративной платформе Microsoft Teams (рис. 2).

На заседании присутствовали официальные представители стран, входящих в Комитет: Норвегии, Швеции, Финляндии, Эстонии, Латвии, Литвы и Украины. В качестве наблюдателя в мероприятии принял участие начальник отдела международного сотрудничества Управления стратегического развития Росреестра А.Ю. Мухин. Присутствовали также представители различных организаций из других стран, в том числе члены Санкт-Петербургской ассоциации геодезии и картографии А.С. Богданов и В.И. Глейзер.

Модератором заседания выступил Пер Христиан Братхейм, он же и открыл его. Согласно согласованной ранее программе, участники онлайн-мероприятия вкратце рассказали о последних новостях, касающихся ГДС в их странах.

Представитель Финляндии Юрки Пуппонен (Jurki Puupponen) рассказал, что памятники Всемирного наследия ЮНЕСКО в стране рассматриваются как импульс для развития местных туристических сервисов, и привел в качестве примера результаты



Рис. 2

Участники 9-го заседания Комитета

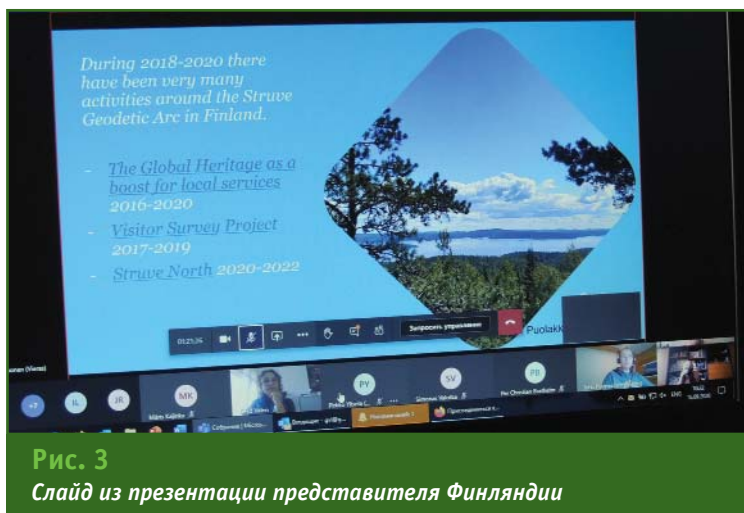


Рис. 3
Слайд из презентации представителя Финляндии

исследования туристских потоков и проект «Струве Север».

В Финляндии семь памятников Всемирного наследия ЮНЕСКО, шесть из которых относятся к культурному наследию, а один — природный. Ассоциация памятников Всемирного наследия ЮНЕСКО в Финляндии ведет разработки в следующих направлениях (рис. 3):

- создан и обновляется объединенный web-сайт;
- формируются услуги культурного туризма на национальном уровне;
- рассчитаны индикаторы устойчивого туристического интереса;
- намечены направления дальнейшего развития.

Проект «Струве Север», касающийся северной части ГДС (11 пунктов на территории Финляндии, Швеции и Норвегии), позволяет совершить виртуальное путешествие во времени и пространстве к пунктам ГДС, познакомиться с пунктами, не вошедшими в список памятника ЮНЕСКО ГДС, расширить свой познавательный опыт. Летом 2020 г. в Финляндии были проведены мероприятия, посвященные 15-летию признания «Геодезической Дуги Струве» памятником Всемирного наследия ЮНЕСКО. Данному событию были посвящены различные публикации в печатных изданиях и сети Интернет. Кроме

того, был запущен проект «Паспорт Струве». Посетителям пунктов ГДС предлагают сделать фотографию на пункте и опубликовать ее в Instagram с определенным хештегом.

Представитель Латвии Иварс Лиепин (Ivars Liepin) рассказал, что на территории страны найдено 16 пунктов ГДС, действует Совет Струве, состоящий из 17 членов. Совет является инициатором большой образовательной работы со школьниками, включающей теоретическую и практическую «полевую» части, организует образовательные мероприятия в Летних школах ЮНЕСКО, проводит День культурного наследия.

В 2019 г. был обновлен и реконструирован пункт ГДС «Нессауле-Калнс» (Nessaule-

kalns), а 15 июня 2020 г. в историческом музее города Екабпилса, в котором расположен пункт ГДС «Якобштадт» (Jakobstadt), открылась комната Струве (рис. 4).

В будущем планируется выполнить следующие работы (подробная информация на <http://struvearc.wikidot.com>):

- завершить реконструкцию полевой обсерватории у пункта «Бристен» (Bristen);
- создать виртуальный тур и провести реконструкцию пункта «Сесту-калнс» (Sestu-kalns);
- поставить новые информационные знаки у пункта «Оп-пекалнс» (Oppekaln);
- открыть туристический маршрут между пунктами ГДС в Видземе — исторической области в центральной Латвии;
- продолжить организацию и проведение образовательной работы со школьниками в полевых условиях.

Представитель Литвы Симонас Валотка (Simonas Valotka) отметил, что 2020 г. в стране объявлен годом Всемирного наследия ЮНЕСКО. В связи с этим проводилась рекламная компания для ознакомления с памятником ГДС (рис. 5), которая включала:

- размещение рекламных постеров на туристических автобусах;



Рис. 4
Комната Струве в историческом музее города Екабпилса (слайд из доклада представителя Латвии)

— публикацию статей в местных СМИ;

— создание фильма, посвященного ГДС, и его трансляцию на национальном телевидении;

— изготовление рекламных плакатов с информацией о четырех объектах культурного наследия, находящихся на территории Литвы, подготовленные комиссией ЮНЕСКО Литвы.

Он также рассказал, что в Литве создана рабочая группа, включающая представителей органов власти, ЮНЕСКО и научного сообщества, для сохранения пунктов памятника ГДС, планирования и управления его развитием.

Слаженная работа группы позволила:

— нанести местоположение пунктов ГДС на карту Литвы на национальном портале пространственной информации (<https://www.geoportal.lt>);

— обновить информационные стенды в местах расположения пунктов ГДС. Теперь информация представлена на литовском и английском языках;

— разработать Интернет-сайт, посвященный ГДС (<http://struve.vgtu.lt/en>), разработчик — Вильнюсский технический университет имени Гедиминаса. Он содержит информацию по истории измерений на Дуге меридиана с 1816 по 1855 гг., 3D-модель местности, на которой расположены пункты ГДС, информацию об ученых — геодезистах и астрономах, принимавших участие в измерениях на Дуге меридиана, видео об истории и важности памятника ЮНЕСКО ГДС;

— организовать выставку «Литва в посылке» (организатор — ЮНЕСКО Литвы), представленную 10 коробками, содержимое которых рассказывает о памятниках всемирного наследия ЮНЕСКО, расположенных на территории Литвы. Одна из коробок посвящена ГДС;



Рис. 5
Слайд из доклада представителя Литвы

— издать монографию «Мировое наследие ЮНЕСКО: Геодезическая Дуга Струве. Измерения, анализ, сохранение и увековечивание». Монография подготовлена профессорами Вильнюсского технического университета имени Гедиминаса.

В планах рабочей группы:

— идентификация местоположения 15 пунктов ГДС на территории Литвы и обозначение их местоположения на местности специальными знаками;

— разработка мобильного приложения с элементами дополненной реальности. Находясь на пункте, с помощью приложения можно увидеть расположение других пунктов, направления на них и результаты выполненных измерений;

— включение пункта ГДС, расположенного в Аникшяйском региональном парке, в туристический маршрут, протяженностью 1 км. На маршруте планируется установить 5 информационных стендов с заданиями по линейным и угловым измерениям, скамейки на точках с панорамным обзором, модель ГДС с геодезическими пирамидами.

Представитель Норвегии

Герда Иохан Вален (Gerd Johanne Valen) остановилась на итогах решения основных задач в 2018–2020 гг., касающихся сегмента ГДС, расположенного на территории страны:

— сохранение Памятника Меридиану на пункте «Фугленес» в городе Хаммерфесте (установлен в 1854 г. — Прим. ред.) и окружающей территории;

— поддержание пешеходных горных троп, ведущих к пунктам Беальясварри/Мувраварри (Bealjášvárri/Muvravárri) и «Лилль Райпас»;

— превращение пункта «Лилль Райпас» в информационный и образовательный центр на открытом воздухе;

— проведение встреч с местными властями, нацеленных на необходимость сохранения Памятника Меридиану на пункте «Фугленес» и защите окружающей его территории от масштабного строительства;

— начало проекта по документированию всех пунктов Дуги меридиана на территории Норвегии. Вся информация, включая визирные линии, заносится в базу данных (рис. 6).

Норвегия, как и Финляндия, участвует в проекте «Струве Север». Куратором проекта от Норвегии является Мерете Эдегард (Merete Edegard) из Музея Алты.

Еще один проект связан с созданием информационного и образовательного центра, посвященного ГДС. Его ведет Ульф-Терье Найхейм Элиассен (Ulf-Terje Nyheim Eliassen) в Хам-



Рис. 6
Слайд из доклада представителя Норвегии

мерфесте. Есть надежда, что проект будет одобрен Министерством климата и окружающей среды Норвегии и реализован к 2023 г.

В 2020 г. были изданы две книги, одна из которых посвящена истории создания Памятника Меридиану, а другая — рассказывает обо всех 8 памятниках Всемирного наследия ЮНЕСКО, расположенных на территории Норвегии.

Представитель Украины Александр Николаевич Софиенко напомнил, что ГДС — один из трех объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО на территории страны. Всего на территории Украины находится 63 пункта Русско-Скандинавского градусного измерения, из которых 51 пункт входит в 258 основных треугольников, а четыре — в памятник ЮНЕСКО.

Работы по выявлению и обновлению пунктов ГДС на территории Украины начали специалисты Научно-исследовательского института геодезии и картографии в 2003 г. Они включали проведение высокоточных спутниковых геодезических определений, вычисление координат пунктов ГДС. После подготовки исходных данных выполнялся инструментальный поиск центров и подготовка научной и технической информации о пунктах.

Госгеокадастр Украины в марте-апреле 2019 г. провел комплекс измерений для определения координат пунктов ГДС. В ходе инспектирования выяснилось, что все исследуемые пункты существуют, не повреждены и находятся в удовлетворительном состоянии. Были исследованы пункты в Хмельницком и Одесском районах. Пункты, включенные в мировое наследие ЮНЕСКО, находятся в хорошем состоянии. Всего в Хмельницком районе было обследовано 17 пунктов, а в Одесском — 10.

Украина также активно занимается пропагандой памятника ГДС. Создан официальный веб-сайт, посвященный ГДС, содер-

жащий всю информацию об охраняемых пунктах.

Представитель Швеции Дэн Норин (Dan Norin) рассказал о том, что на территории страны, в ее северной части, имеется 4 пункта, включенных в памятник ЮНЕСКО (рис. 7). Существует координационный совет, который действует в соответствии с планом по управлению памятником, разработанным на пять лет, с 2018 по 2023 гг. В настоящее время выполняются три проекта, связанные с ГДС, один из которых — «Струве Север».

В рамках этих проектов проводятся следующие мероприятия:

- внедрение культурных и туристических услуг и сервисов;
- создание панорамных фотографий геодезических пунктов с обзором на 360° и 3D-моделей местности;
- включение геодезических пунктов в пешеходные туристические маршруты;
- проведение семинаров;
- организация детской театральной постановки;
- разработка логотипа.

Среди других новостей можно отметить находку оригинального теодолита XIX века (1834 г.), который, вероятнее всего, использовался для угловых измерений на ГДС, а также статьи Карла Скогмана «Швед-

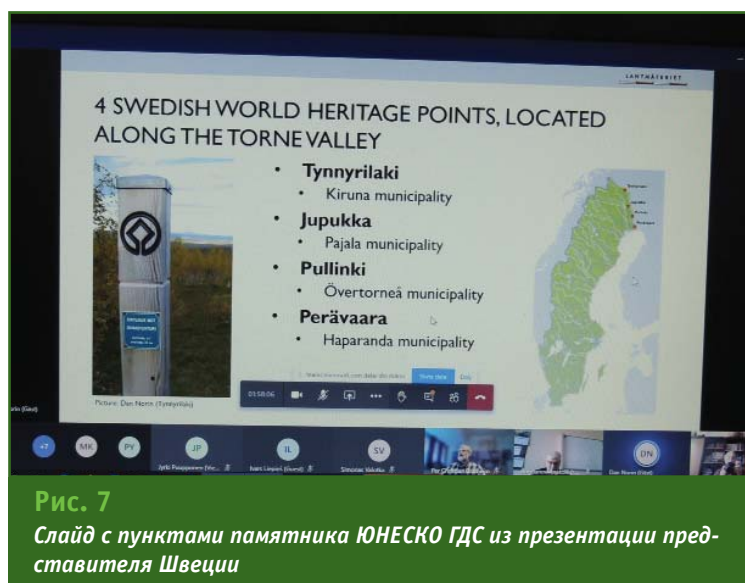


Рис. 7
Слайд с пунктами памятника ЮНЕСКО ГДС из презентации представителя Швеции

ско-норвежские градусные измерения 1845–1852 гг.», опубликованной в 1862 г.

Доклад на тему «Работы Санкт-Петербургской ассоциации геодезии и картографии по популяризации объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Геодезическая Дуга Струве» (рис. 8), был подготовлен А.С. Богдановым и В.И. Глейзером. Перевод текста доклада на английский язык выполнила Н.В. Мишакова.

Видеотрансляция заседания Комитета проходила в офисе ООО «Геодезические приборы» — коллективного члена Ассоциации. Синхронный перевод выступлений участников выполнялся К.Д. Богдановой, а техническая поддержка — В.В. Галкиным, сотрудниками Санкт-Петербургского ГКУ «Центр информационного обеспечения градостроительной деятельности» — коллективного члена Ассоциации (рис. 9).

В докладе была отражена работа Ассоциации, проведенная в период с 2018 по 2020 гг., в рамках проекта, связанного с памятником ЮНЕСКО:

- участие в Третьей всероссийской научно-практической конференции «Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. Наука и образование» (Санкт-Петербург, 6–8 ноября 2019 г.). На конференции Ассоциацией была организована секция «История геодезии», на которой выступили: Е.В. Журавлева, А.С. Богданов, В.А. Светличный, В.Б. Капцюг, Р.Р. Барков и Ю.И. Прядко. Доклады этой секции были опубликованы в материалах конференции и в журнале «Изыскательский вестник» № 22 [4];

- разработка интерактивной карты «Объект культурного наследия ЮНЕСКО «Геодезическая Дуга Струве» в формате web-портала [5] совместно с Санкт-Петербургским государственным университетом при грантовой поддержке Русско-

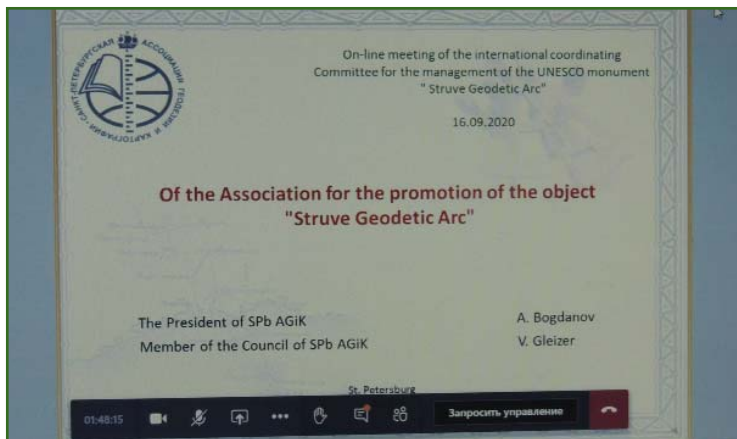


Рис. 8

Титульный лист презентации Санкт-Петербургской ассоциации геодезии и картографии



Рис. 9

Участники 9-го заседания Комитета: В.И. Глейзер, А.С. Богданов и К.Д. Богданова (слева направо)

го географического общества (РГО). Информация на web-портале представлена на русском, английском и, частично, на белорусском языках;

- создание фильма «Объект культурного наследия «Геодезическая Дуга Струве». Продолжение исследований» [6] (рис. 10);

- создание фильма «Интерактивная карта «Геодезическая Дуга Струве», посвященного 175-летию Русского географического общества [6]. Фильм рассказывает об истории восстановления пунктов Дуги Струве на территории Российской Федерации (остров Гогланд), о разработке web-портала и навигации по нему [5].

В планах Ассоциации обновление и расширение web-портала с интерактивной картой «Объект культурного наследия ЮНЕСКО «Геодезическая Дуга Струве» [5], в том числе:

- включение геодезических пунктов, находящихся на архипелаге Шпицберген, которые установлены в ходе российско-шведских экспедиций 1898–1901 гг. Современные данные о пунктах Дуги Свальбард на островах Шпицбергена получены по результатам экспедиций, проведенных в 2014–2016 гг. под руководством М.Г. Малахова, председателя Рязанского отделения РГО;

- размещение материалов о двух градусных измерениях по

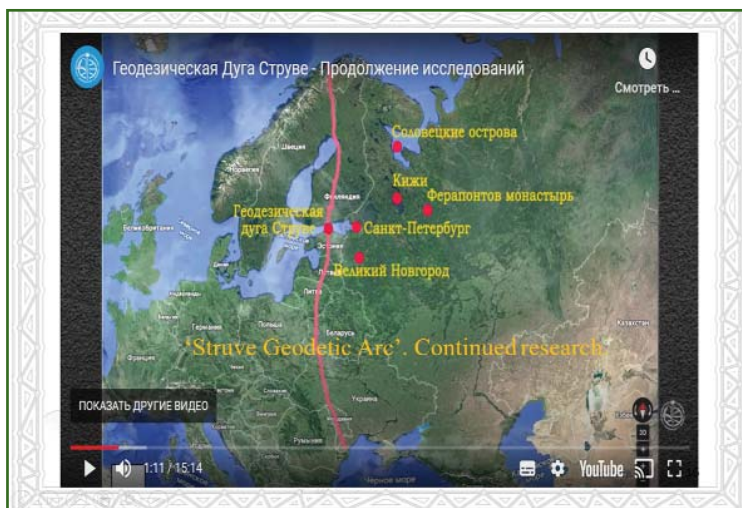


Рис. 10

Кадр из фильма «Геодезическая Дуга Струве. Продолжение исследований» [6]

параллелям 47° с. ш. и 52° с. ш., выполненных под руководством генерал-майора М.П. Вронченко и капитана И.И. Жилинского в XIX веке. Проект приурочен к 200-летию со дня образования Корпуса военных топографов, которое будет отмечаться в 2022 г., и поддержан директором Музея истории Корпуса военных топографов В.В. Фроловым и руководством факультета топогеодезического обеспечения и картографии Военно-космической академии (ВКА) им. А.Ф. Можайского. Работы проводятся преподавателями и курсантами факультета ВКА совместно с преподавателями и студентами

Санкт-Петербургского государственного университета;

— создание интерактивного ресурса, на котором будет размещена информация о геодезических и картографических работах, выполненных Корпусом военных топографов и Военно-топографическим управлением за 200 лет существования военно-топографической службы в России.

23 сентября 2020 г. Топонимическая комиссия Санкт-Петербурга поддержала предложение Ассоциации о присвоении наименований Струве и Меридианная двум улицам нового квартала, расположенного вблизи Пулковской обсерватории (рис. 11). Улица Струве будет названа в честь Василия Яковлевича Струве и Отто Васильевича Струве — двух величайших астрономов XIX–XX вв., директоров Пулковской обсерватории. Меридианная улица получит название в память о градусных измерениях, выполненных в XIX веке. После выхода постановления Правительства Санкт-Петербурга на карте города появятся две улицы, наименования которых будут тесно связаны с памятником ЮНЕСКО «Геодезическая Дуга Струве».

Во второй части конференции были рассмотрены органи-

зационные вопросы, важные для последующей работы Комитета, в том числе продлены полномочия представителя Норвегии в качестве председателя Комитета на 2021 г.

9-е заседание Международного координационного комитета по управлению памятником ЮНЕСКО «Геодезическая дуга Струве» продемонстрировало сохраняющийся интерес к этому уникальному объекту всемирного культурного наследия. Несмотря на обстоятельства, которые в настоящее время препятствуют очному общению, ученые и специалисты находят возможность обмениваться опытом, обсуждать стоящие перед ними задачи и находить пути их решения. Уникальный памятник Дуге меридиана, по-прежнему, открывает много возможностей для дальнейших поисков и исследований. Более того, его изучение заставляет подходить к решению задач по сохранению и пропаганде геодезического культурного наследия глубже и шире. Именно этим руководствуется в своей деятельности Санкт-Петербургская ассоциация геодезии и картографии.

▼ Список литературы

1. Посвящение Дуге Струве. Богданов А.С., Глейзер В.И. // Изыскательский вестник. — 2020. — № 22. — С. 63–64.
2. Изыскательский вестник. Специальный выпуск к 235-летию со дня рождения К.И. Теннера и 225-летию со дня рождения В.Я. Струве. — 2018. — № 21. — 80 с.
3. Богданов А.С. Геодезическая дуга Струве — один из основных проектов Санкт-Петербургской ассоциации геодезии и картографии // Геопрофи. — 2018. — № 4. — С. 4–7.
4. Изыскательский вестник. — 2020. — № 22. — 208 с.
5. Интерактивная карта «Объект культурного наследия ЮНЕСКО «Геодезическая Дуга Струве». — <https://struvearc.ru>.
6. Санкт-Петербургская ассоциация геодезии и картографии. — <https://www.agikspb.ru>.



Рис. 11

Улицы Струве и Меридианная в новом квартале вблизи Пулковской обсерватории

Trimble
@trimble_russia

Журнал «Геопрофи»
@geoprofi_2020

ГБУ «Мосгоргеотрест»
@mosgorgeotrest

«Геокурс»
@geokurs

КБ «Панорама»
@kbrpanorama

«ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»
@gsi.ru

Spectra Geospatial
@spectrageospatial

ГК «Геоскан»
@geoscan.aero

«ГНСС плюс»
@gnssplus_official

Bentley Systems
@bentleysystems

INTERGEO EXPO
@intergeo_expo

Вестник инженерных изысканий
@izyskateli



ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ NIKON. ВСЁ, ЧТО ВЫ ОЖИДАЛИ. И ДАЖЕ БОЛЬШЕ.

Геодезические приборы Nikon сделаны на совесть, реализуя лучшие в отрасли технические решения. Новое поколение электронных тахеометров Nikon – модельный ряд приборов с превосходной оптикой, оснащенных, в том числе, дублирующим дисплеем и функцией автофокусировки, и полностью отвечающих ожиданиям профессионалов, обеспечивая высокое качество и производительность измерений.

Требуется ли высокая точность электронного тахеометра Nikon XF HP или гибкость приборов серий Nikon N/K, все они созданы для того, чтобы помочь геодезистам выполнить работу быстрее, более качественно и с меньшими трудозатратами. Геодезические приборы Nikon поставляются и обслуживаются дилерской сетью Spectra Geospatial и Nikon. Обратитесь к авторизованному дилеру или посетите сайт spectrageospatial.com для выбора оптимального решения, соответствующего требованиям производственных задач.

SPECTRA[®]
GEOSPATIAL

Узнайте больше на spectrageospatial.com

R12i

ПРИЁМНИК ГНСС



Инерциальная
компенсация
наклона

Взгляд на съемку под другим углом

Новая ГНСС/ИНС система **Trimble® R12i** с уникальным процессором **Trimble ProPoint™** и инерциальной системой компенсации наклона вехи **Trimble TIP™**.

Trimble.com/R12i

