

#3  
2014

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ПО ГЕОДЕЗИИ, КАРТОГРАФИИ И НАВИГАЦИИ

# ТОПОГРАФ

11 лет



Платиновый спонсор



Золотой спонсор

70 ЛЕТ  
ГУП «МОСГОРГЕОТРЕСТ»

О ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ  
МОСКОВСКОГО РЕГИОНА

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ  
СТРОИТЕЛЬСТВА СТАДИОНА

ПК MAGNET

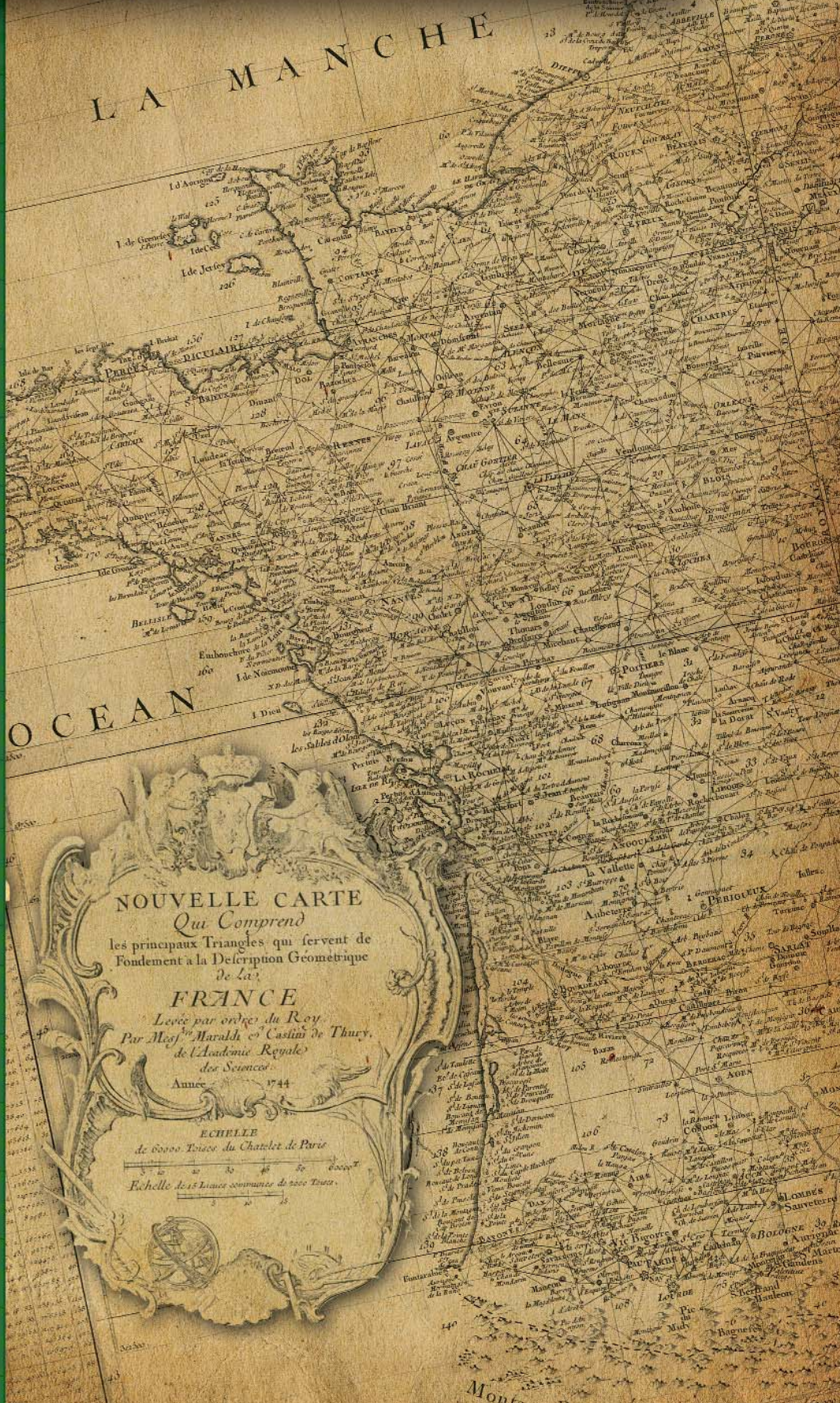
ОБРАБОТКА ДАННЫХ БПЛА  
В ПО UASMASTER

АЭРОФОТОСЪЕМКА  
С МОТОДЕЛЬТАПЛАНА

МОБИЛЬНОЕ СКАНИРОВАНИЕ:  
ОСОБЕННОСТИ TRIMBLE MX2  
ПРИМЕНЕНИЕ RIEGL VMX-450

ИТОГИ КОНФЕРЕНЦИИ  
HxGN LIVE 2014

ЦЕЗАРЬ КАССИНИ И ПЕРВАЯ  
В МИРЕ ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ КАРТА



# ТН-1а/1b

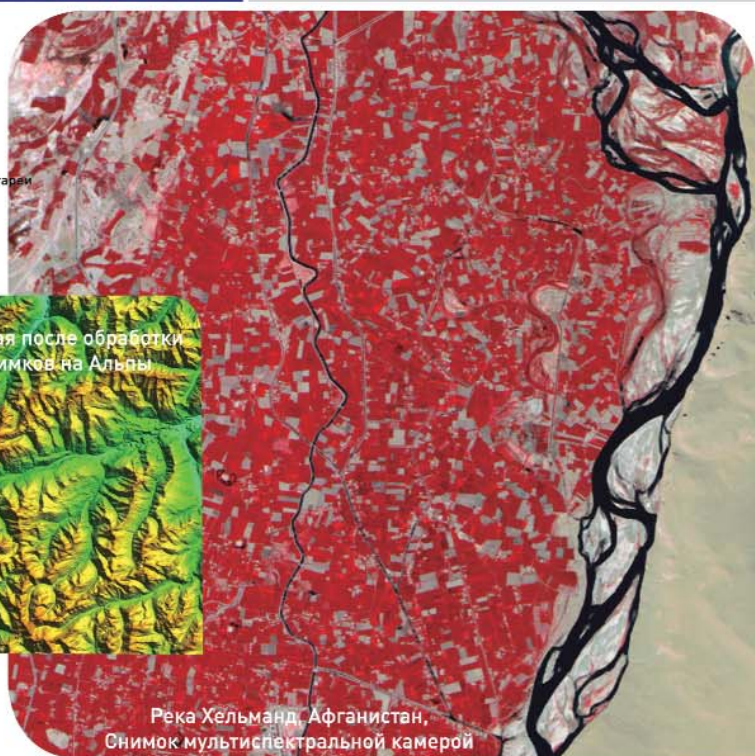
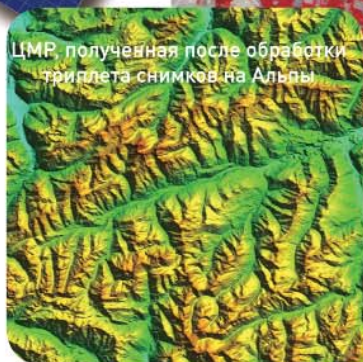
## Китайская спутниковая картографическая группировка

Космические аппараты ТН-1а и ТН-1b — китайские спутники, которые могут получать триплеты космических снимков с разрешением 5 метров для получения информации о рельефе аналогично вышедшему из строя японскому спутнику ALOS. Спутник ТН-1а был запущен 24 августа 2010 года, второй спутник серии ТН-1b выведен на орбиту 6 мая 2012 года. КА идентичны по своим техническим характеристикам и работают по единой программе. Каждый спутник оснащен тремя камерами — стереокамерой для получения триплетов снимков, панхроматической камерой высокого разрешения с разрешением 2 метра и мультиспектральной камерой с разрешением 10 метров. Все три камеры снимают сцены размером 60 на 60км. Спутники могут выполнять съемку практически всей земной поверхности для научных исследований, мониторинга земельных ресурсов, картографии, сельского и лесного хозяйства в пределах 80° с.ш. и 80° ю.ш.

Особенностью съёмки, получаемой со спутников серии ТН-1, является возможность создания карт 1:50000 масштаба без использования дополнительных материалов и планово-высотной основы. При использовании дополнительных опорных точек возможно создание карт 1:25000 масштаба.



- Мониторинг сельского хозяйства
- Инвентаризация лесов
- Мониторинг изменения объектов
- Контроль за водными ресурсами
- Задачи землепользования
- Контроль использования природных ресурсов
- Картографирование масштаба 1:25000 и 1:50 000



Характеристики	ТН-1а и ТН-1b
Разрешение на местности	2 м панхроматической камерой 5 м триплет-стерео камерой 10м мультиспектральной камерой
Размер сцены	60км x 60км
Спектральные каналы	Панхроматический (0.51-0.69) мкм Синий (0.43-0.52) мкм Зеленый (0.52-0.61) мкм Красный (0.61-0.69) мкм Ближний ИК (0.76-0.90) мкм
Точность по орбитальным данным	В плане: 25м CE 90; 15м RMSE По высоте: 10м LE 90; 6м RMSE
Динамический диапазон	8 бит
Время повторного наблюдения	5-9 суток

### **Уважаемые коллеги!**

В этом году исполняется 70 лет со дня образования Государственного унитарного предприятия «Московский городской трест геолого-геодезических и картографических работ» (ГУП «Мосгоргеотрест»).

Датой создания ГУП «Мосгоргеотрест» считается 15 июня 1944 г. В этот день в Москве, разрушенной за три года войны, для ликвидации нанесенного ущерба инженерным системам города и восстановления жилищного фонда и коммунального хозяйства Мосгорисполкомом было принято решение № 13 о создании Московского городского треста геолого-геодезических и картографических работ (Мосгоргеотрест). Трест вошел в состав Управления по делам архитектуры г. Москвы.

С момента образования Мосгоргеотрест из хозрасчетной организации, состоящей из трех отделов численностью в 200 сотрудников, стал крупнейшим изыскательским предприятием, насчитывающим более полутора тысяч специалистов, работающих в тринадцати отделах. В настоящее время ГУП «Мосгоргеотрест» является муниципальной геолого-геодезической службой города Москвы и территориальной организацией по городу Москве и входит в состав Комитета по архитектуре и градостроительству города Москвы.

С историей ГУП «Мосгоргеотрест» можно подробно познакомиться на сайте организации ([www.mgmt.ru](http://www.mgmt.ru)).

Производственная деятельность ГУП «Мосгоргеотрест» всегда была тесно связана с динамикой развития города Москвы — восстановление разрушенного во время Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. хозяйства, реализация десятилетнего плана реконструкции города Москвы 1951 года, развитие территории города в пределах Московской кольцевой автодороги на основании генерального плана развития Москвы 1971 года, реализация генерального плана развития Москвы 2010 года, расширение границ города Москвы за счет присоединенных территорий в соответствии с Постановлением Совета Федерации Федерального собрания РФ 2011 года.

В этих не простых условиях стабильная работа коллектива треста обеспечивалась бережным отношением к традициям, рациональным сочетанием накопленного опыта и постоянным стремлением к внедрению новых инновационных технологий. Специалисты ГУП «Мосгоргеотрест» постоянно делятся своим опытом не только на конференциях и страницах специализированных периодических научно-технических журналов, но и в тематических сборниках. Одним из них является научно-технический сборник, вышедший в 2012 г., «Инженерные изыскания для строительства: практика и опыт Мосгоргеотреста». В нем приведен опыт создания и ведения Единой государственной картографической основы Москвы, формирования и поддержания в актуальном состоянии государственного фонда материалов и данных инженерных изысканий на территорию Москвы и подготовки тематических геологических крупномасштабных карт территории Москвы. Значительное место в сборнике отведено новым технологическим подходам, позволяющим повысить эффективность инженерных изысканий за счет применения геоинформационных технологий, глобальных навигационных спутниковых систем, аэрокосмических съемок, наземного лазерного сканирования, трехмерного картографирования и других решений.

Ряд статей, посвященных выполненным в тресте работам, размещен на страницах нашего журнала. В этих публикациях отражены вопросы нормативно-правового обеспечения развития опорной геодезической сети Москвы, практические работы по геологическому картографированию и дистанционному зондированию территории Москвы, этапы создания единого геоинформационного пространства на территорию Москвы и региональной системы навигационно-геодезического обеспечения города Москвы.

В этом номере размещена статья «Создание современной геодезической основы Московского региона», подготовленная управляющим ГУП «Мосгоргеотрест» А.Ю. Серовым и начальником отдела № 8 ГУП «Мосгоргеотрест» С.Г. Гавриловым.

Редакция журнала поздравляет коллектив ГУП «Мосгоргеотрест» с юбилейной датой и желает ему дальнейших успехов в обеспечении современными пространственными данными о территории города многочисленных организаций Москвы.

**Редакция журнала**



**КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**

**КОМПАНИЯ «СОВЗОНД»**

Ваш спутник в мире информационных технологий

115563, г. Москва, ул. Шипиловская, д. 28А

Тел.: +7 (495) 642-8870, +7 (495) 988-7511

Факс: +7 (495) 988-7533

sovzond@sovzond.ru | www.sovzond.ru

**SOVZOND**



**СОВЗОНД**

Редакция благодарит компании,  
поддержавшие издание журнала:

Trimble Navigation (Платиновый спонсор),  
JAVAD GNSS (Золотой спонсор),  
ГИА «Иннотер», «АртГео»,  
«Совзонд», «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»,  
FOIF, Группа компаний CSoft,  
НАВГЕОКОМ, «Йена Инструмент»,  
«Геодезические приборы»,  
VisionMap, КБ «Панорама»,  
«Ракурс», «Геометр-Центр»,  
Навигационно-геодезический центр

Издатель  
Информационное агентство «ГРОМ»

Генеральный директор  
**В.В. Грошев**

Главный редактор  
**М.С. Романчикова**

Редактор  
**Т.А. Каменская**

Перевод аннотаций статей  
**Е.Б. Краснопевцева**

Дизайн макета  
**И.А. Петрович**

Дизайн обложки  
**И.А. Петрович**

Интернет-поддержка  
**А.С. Князев**

Почтовый адрес: 117513, Москва,  
Ленинский пр-т, 135, корп. 2  
Тел/факс: (495) 223-32-78  
E-mail: info@geoprofi.ru

Интернет-версия  
www.geoprofi.ru

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 «Роспечать» 85153.

Тираж 5000 экз. Цена свободная

Номер подписан в печать 25.06.2014 г.

Печать Издательство «Проспект»

## ТЕХНОЛОГИИ

- А.Ю. Серов, С.Г. Гаврилов  
**СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ  
МОСКОВСКОГО РЕГИОНА** 4
- Н.В. Канашин, А.А. Никитчин  
**ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СТРОИТЕЛЬСТВА  
СТАДИОНА ФК «СПАРТАК» В Г. МОСКВЕ** 8
- А.И. Петровский  
**ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС MAGNET КОМПАНИИ  
TOPCON POSITIONING SYSTEMS** 13
- В.Г. Цуканов  
**МОБИЛЬНАЯ СКАНИРУЮЩАЯ СИСТЕМА TRIMBLE MX2** 18
- Н.Э. Рубцова  
**ОБРАБОТКА ДАННЫХ БПЛА В ПРОГРАММЕ UASMASTER  
«СКОРОСТЬ, С КОТОРОЙ ПОЯВЛЯЮТСЯ НОВЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕГО МИРА,  
ПРОСТО ОШЕЛОМЛЯЕТ...»** 30
- А.М. Пация, М.Д. Мухлынина, А.Л. Ясашных, В.Г. Шуляковский  
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО СКАНЕРА В ЦЕЛЯХ  
ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОДОРОЖНЫМ  
ХОЗЯЙСТВОМ** 47
- С.И. Матвеев, У.Д. Ниязгулов, А.А. Гебгарт, В.П. Шевченко  
**КРУПНОМАСШТАБНАЯ ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ  
АЭРОФОТОСЪЕМКА С МОТОДЕЛЬТАПЛАНА** 52

## НОВОСТИ

- ИЗДАНИЯ** 33
- ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ** 33
- ДААННЫЕ** 35
- ОБОРУДОВАНИЕ** 37
- СОБЫТИЯ** 37

## ПУТЕШЕСТВИЕ В ИСТОРИЮ

- Г.Л. Хинкис  
**300 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ЦЕЗАРЯ КАССИНИ —  
СОЗДАТЕЛЯ ПЕРВОЙ В МИРЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЫ** 57

## КАЛЕНДАРЬ СОБЫТИЙ

 62

## ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

 64

При оформлении первой страницы обложки использован фрагмент первой полной топографической карты Франции («Карта Кассини»), предоставленной отделом картографических изданий РГБ.

# СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА

**А.Ю. Серов** (ГУП «Мосгоргеотрест»)

В 1999 г. окончил факультет управления территориями МИИГАиК по специальности «городской кадастр». С 2001 г. работал в МосгорБТИ. С 2012 г. по настоящее время — управляющий ГУП «Мосгоргеотрест».

**С.Г. Гаврилов** (ГУП «Мосгоргеотрест»)

В 1982 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «прикладная геодезия». После окончания института работал на кафедре прикладной геодезии МИИГАиК, с 1996 г. — в ООО ЦПГ «Терра-Спейс». С 1999 г. работает в ГУП «Мосгоргеотрест», в настоящее время — начальник отдела № 8. Кандидат технических наук. Лауреат премии им. Ф.Н. Красовского.

Опорная геодезическая сеть Москвы (ОГС Москвы) развивается с 1928 г., ее пункты расположены на территории Москвы и в прилегающих районах Московской области. В 2001 г. были начаты работы по совершенствованию ОГС Москвы. Их необходимость объяснялась недостаточной плотностью пунктов ОГС Москвы и появлением современных высокоточных геодезических технологий, в первую очередь спутниковых методов определения координат. Были разработаны и введены в действие нормативно-технические документы по развитию ОГС Москвы, создана высокоточная каркасная геодезическая основа города спутниковыми методами и нивелированием I класса [1–3]. К середине 2009 г. обновление ОГС Москвы было завершено и начат мониторинг ее состояния с целью поддержания на заданном уровне плотности сети. По состоянию на январь 2014 г. ОГС Москвы состоит из 46 700 пунктов, 24 560 из которых расположены на территории города Москвы в его старых границах (которые существовали до присоединения новых территорий в 2012 г.).

В 2010 г. была принята Государственная программа «Развитие единого геоинформационного пространства города Москвы», которой помимо мониторинга ОГС Москвы было предусмотрено создание Базовой региональной системы навигационно-геодезического обеспечения города Москвы на основе ГЛОНАСС/GPS (СНГО Москвы). СНГО Москвы представляет собой современную инфраструктуру для определения пространственного положения объектов по сигналам спутников ГЛОНАСС и GPS [4], Интернет-сайт — <http://sngo.mggt.ru>. В настоящее время система состоит из 19 базовых станций ГЛОНАСС/GPS, подсистемы передачи информации и Центра высокоточного позиционирования. Создателем и оператором СНГО Москвы является ГУП «Мосгоргеотрест». Система введена в промышленную эксплуатацию и имеет свидетельство Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) об утверждении типа средства измерений. В 2014 г. для повышения надежности СНГО Москвы на присоединенных территориях планируется разместить две дополни-

тельные базовые станции, в районе городов Троицк и Балабаново (Калужская область).

## ▼ Объединение сетей базовых станций ГЛОНАСС/GPS Московского региона

В порядке реализации плана совместных мероприятий с Правительством Московской области от 26.11.2010 г. в 2012 г. были начаты работы по созданию единой геодезической сети Москвы и Московской области. В 2013 г. завершились работы по объединению сетей дифференциальных базовых станций ГЛОНАСС/GPS, расположенных на территории Москвы и Московской области, а именно: 19 базовых станций СНГО Москвы, 20 станций ССМЗ ФГУП «Госземкадастръемка» — ВИСХАГИ и 14 станций СТП ГУП МО «МОБТИ» (см. рисунок). Пространственные координаты всех станций определены в единой Пространственной местной системе координат Москвы (ПМСК Москвы) [5]. Средние квадратические погрешности (СКП) определения координат базовых станций не превышают 10 мм. Таким образом, получен каталог координат базовых станций систем спутникового позицио-



**Общая схема размещения базовых станций ГЛОНАСС/GPS на территории Москвы и Московской области**

нирования, функционирующих на территории Московского региона, в единой пространственной системе координат с максимально достижимой точностью при современном уровне разви-

#### **Зона действия ПМСК Москвы и введение ГСК-2011**

В соответствии с п. 2.2 Положения о ПМСК Москвы граница распространения этой местной системы координат проходит вблизи следующих населенных пунктов Московской области:

- Зеленоград, Лобня и Пушкино (на севере МО);
- Электросталь и Бронницы (на востоке МО);
- Балабаново (Калужская область), Чехов и Коломна (на юге МО);
- Наро-Фоминск, Звенигород и Истра (на западе МО).

Поэтому в мае 2014 г. проведены работы по определению параметров (ключей) перехода от ПМСК Москвы к ГСК-2011, введенной Постановлением Правительства Российской Федерации от 28.12.2012 № 1463 [7].

тия геодезических методов. Все они включены в состав Каркасной геодезической сети Москвы (КГС Москвы), соответствующей СГС-1 в классификации основных положений о ГГС РФ [6]. Это позволяет использовать базовые станции указанных систем в качестве единой геодезической основы (исходных пунктов) Московского региона для решения любых геодезических задач в единой системе пространственных координат.

#### **Создание каркасной геодезической сети Московского региона**

**Состав и объемы работ.** В 2012 г. начаты работы по созданию каркасной геодезической сети Московского региона. Вдоль основных автомобильных магистралей на участке между Малым Московским кольцом и границей Московской области заложено 225 пунктов, закрепленных грунтовыми реперами, среднее расстояние между ни-

ми составляет 5 км. В 2013 г. были завершены спутниковые измерения на всех вновь заложённых пунктах и 45 существующих пунктах ГГС 1 и 2 класса. Измерения проводились по методике статических наблюдений, дискретность записи измерений составляла 5", угол маскирования — 10°, высоты антенн измерялись до миллиметров. Продолжительность сеанса наблюдений на каждом пункте была не менее двух часов. На 2014 г. запланировано завершение работ по определению нормальных высот пунктов геометрическим нивелированием II и III класса и построение цифровой модели высот квази-геоида на всю территорию Московской области.

#### **Основные результаты математической обработки спутниковых определений.**

С целью исключения из обработки векторов (базовых линий) с грубыми погрешностями проведено предварительное (свободное) уравнивание. Уравнивание выполнялось по фрагментам, в каждом фрагменте фиксировались пространственные координаты одной из базовых станций СНГО Москвы. В ходе уравнивания из состава сети последовательно исключались векторы, нормализованные поправки которых превышали их допустимые значения. После исключения векторов с грубыми погрешностями для дальнейшего уравнивания принят 3341 вектор. Эти векторы уравниваются совместно в ПМСК Москвы. Уравнивание выполнялось с опорой на базовые станции спутниковых систем Московского региона. С целью исключения векторов, не согласующихся с фиксированными координатами станций спутниковых систем Московского региона, в ходе уравнивания последовательно исключались векторы, нормализованные поправки которых превышали их допустимые значения. Было исключено 88

векторов. Для 85% определяемых пунктов средние квадратические погрешности пространственных координат не превышают 6 мм, а оставшиеся находятся в пределах от 6 мм до 9 мм. Таким образом, получен каталог пространственных координат 270 пунктов каркасной геодезической сети Московского региона, в состав которой включены 45 пунктов государственной геодезической сети 1 и 2 классов и 225 новых геодезических пунктов.

**Уравнивание в МСК–50 с опорой на пункты ГГС.** Каталог координат пунктов в пространственной системе необходим для определения координат спутниковыми методами. Но при ведении государственного кадастра недвижимости и выполнении инженерных изысканий на территории Московской области применяют плоскую топоцентрическую систему координат МСК–50. В связи с этим требовалось сформировать каталог координат пунктов каркасной геодезической сети Московского региона в указанной системе отсчета.

Для этого были проведены исследования исходного каталога координат 45 пунктов ГГС 1 и 2 классов в МСК–50. Первоначально было выполнено предварительное уравнивание первой очереди каркасной сети, наблюдавшейся в 2012 г., с опорой на 45 исходных пунктов ГГС с учетом погрешностей исходных данных. Было установлено, что примерно в 40% случаев координаты пунктов ГГС имеют отклонения в диапазоне от 1 до 40 см, максимальное отклонение превышает 2 м. На основании этих данных был сделан вывод о том, что исходный каталог координат 45 пунктов ГГС в МСК–50 содержит грубые ошибки и не соответствует точности современных методов геодезических измерений. Его требуется заменить, без этого эффек-

тивно использовать спутниковые методы для вычисления координат в МСК–50 невозможно (на территории Москвы подобная работа для МСК Москвы была завершена в 2003 г. [1]).

Решение о замене исходного (ранее созданного) каталога пунктов ГГС очень ответственное. Координаты пунктов ГГС из этого каталога в течение ряда лет использовались при выполнении работ различного назначения, требуется, чтобы изменения в координатах пунктов ГГС в новом каталоге были минимальными. Поэтому были проведены исследования по возможности формирования каталога координат пунктов ГГС в МСК–50 на базе каталогов координат этих пунктов в СК–95 и ПМСК Москвы.

Сводные показатели, характеризующие величины отклонений координат исследуемых пунктов ГГС новых каталогов (в

**Исследования способов формирования каталога координат пунктов ГГС в МСК–50**

В МСК–50 координаты 45 пунктов ГГС были определены двумя принципиально разными способами:

1) Пересчетом из СК–95 по алгоритму, представленному в разделе 4.7 монографии [8] и последующего уточнения в ходе уравнивания с учетом погрешностей исходных данных каркасной геодезической сети Московского региона;

2) Преобразованием координат из ПМСК Москвы по алгоритмам и с использованием параметров (ключей) перехода, приведенных в Положении о ПМСК Москвы [5].

СК–95 и ПМСК Москвы) от координат исходного, приведены в табл. 1.

Часть пунктов ГГС признана содержащей грубые ошибки в координатах, величины измене-

**Сводные показатели отклонения координат исследуемых пунктов ГГС новых каталогов (в СК–95 и ПМСК Москвы) от координат исходного** Таблица 1

Показатель	СК–95			ПМСК Москвы		
	dx, м	dy, м	S, м	dx, м	dy, м	S, м
<b>СКП</b>	0,44	0,46	0,64	0,29	0,47	0,55
<b>Разброс</b>	1,80	1,47	0,94	1,20	1,75	1,47

**Величины изменений, внесенных в координаты пунктов ГГС (содержащих грубые ошибки) в новом каталоге** Таблица 2

Название пункта	dx, м	dy, м	S, м
Тиунцово	1,88	1,59	2,46
Жирково	–0,84	0,57	1,02
Климовская	–0,14	–0,61	0,63
Волченки	–0,04	0,99	0,99
Владычино	–0,34	–0,36	0,50
Буево	–0,49	1,56	1,64
Стариково	–0,46	1,24	1,32
Копылово	–0,82	0,60	1,02
Васино	–0,57	0,49	0,75
<b>СКП</b>	<b>0,80</b>	<b>0,99</b>	<b>1,28</b>
Максимальное отклонение			<b>2,46</b>



ний их координат приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 1, показатели практически совпадают — взамен показателей из исходного каталога пунктов ГГС можно ввести любой из них. Новый каталог пунктов ГГС был сформирован пересчетом из пространственных координат ПМСК Москвы с использованием параметров (ключей) перехода, приведенных в Положении [5], по следующим причинам. Указанные параметры перехода получены как результат масштабных работ по созданию геодезического обеспечения СНГО Москвы. Они выведены с использованием обновленного каталога координат пунктов ГГС, расположенных на территории города Москвы и участке МКАД — Малое Московское кольцо. Эти параметры едины для всей зоны покрытия СНГО Москвы. Результаты работ имеют положительное заключение ФГУП «ЦНИИГАиК» (в настоящее время — ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных»).

Уравнивание сети на участке МКАД — Малое Московское кольцо в МСК–50 удалось выполнить при условии минимизации расхождений «старых» и «новых» координат пунктов ГГС. В среднем изменения координат пунктов из нового каталога относительно координат пунктов из исходного каталога составили всего 4 см, а для 94% пунктов линейные смещения не превысили 10 см. Погрешности в координатах пунктов ГГС на участке Малое Московское кольцо — граница Московской области оказались заметно выше. В среднем координаты пунктов ГГС в новом каталоге МСК–50 будут отличаться от координат из исходного на 0,55 м (табл. 1).

#### ▼ Развитие ОГС Москвы на присоединенных территориях

Плотность геодезических пунктов на территориях, присоединенных к Москве в 2012 г., в настоящее время не соответствует нормативным требованиям, установленным для старых границ города, — 20 пунктов на 1 км<sup>2</sup>. СНГО Москвы позволила снизить нормативную плотность геодезической сети на присоединенных территориях по сравнению с Москвой в ее старых границах более чем в 3 раза. В настоящее время на территории «новой» Москвы проводятся работы по развитию ОГС Москвы, плановая плотность — 6 пунктов на 1 км<sup>2</sup>. Всего планируется выполнить измерения на 9100 новых пунктах. Завершение этих работ запланировано на конец 2016 г. Одной из важнейших задач в части создания высотной основы является построение нивелирного полигона I класса точности, на реперы которого будут опираться заполняющие нивелирные сети. В 2013 г. заложены нивелирные пункты, измерения на них запланированы на 2014 г. После совместной обработки результатов нивелирования на всей территории Москвы будет создана высотная основа в соответствии с требованиями федеральных нормативно-технических документов.

Таким образом, ввод в действие полученного каталога координат пунктов каркасной геодезической сети Московского региона в МСК–50 исключит «исторические» погрешности, обусловленные технологиями развития ГГС, применяемыми в СССР. Кроме того, это позволит использовать единые параметры (ключи) перехода к МСК–50 и создаст предпосылки для эффективного совместного использования всех сетей дифференциальных базовых станций на территории Московского региона. Результаты описанных выше работ осенью 2013 г. направлены в Управление Росреестра по Московской области.

#### ▼ Список литературы

1. Антипов А.В., Гаврилов С.Г. Совершенствование геодезической сети Москвы // Геодезия и картография. — 2003. — № 9.
2. Антипов А.В., Гаврилов С.Г. Нормативно-техническое обеспечение работ по развитию ОГС Москвы // Геопрофи. — 2003. — № 4.
3. Гаврилов С.Г. Развитие опорной геодезической сети города Москвы // К 65-летию Мосгоргеотреста. Год рождения — 1944. — М.: Москомархитектура, ГУП «Мосгоргеотрест», 2009.
4. Гаврилов С.Г., Черников А.Я., Ефремова И.Б. Опорная геодезическая сеть города Москвы. Создание базовой региональной системы навигационно-геодезического обеспечения города Москвы на основе спутниковых технологий ГЛОНАСС/GPS // Инженерные изыскания для строительства: практика и опыт Мосгоргеотреста. — М.: Издательство «Проспект», 2012.
5. Положение о пространственной местной системе координат города Москвы (ПМСК Москвы). — М., 2011. — [http://mggt.ru/documents/sngo/PMSK\\_Moscow.pdf](http://mggt.ru/documents/sngo/PMSK_Moscow.pdf).
6. Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации. — ГКИНП (ГНТА)-01-006-03. — М., 2004.
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 28.12.2012 г. № 1463 «О единых государственных системах координат».
8. Герасимов А.П., Назаров В.Г. Местные системы координат. — М.: Издательство «Проспект», 2010.

#### RESUME

Results of the studies performed by the Mosgorgeotrest to assess the state of the geodetic datum for the territory of Moscow and the Moscow region are given. It is noted that commissioning the new catalog of the coordinates for the control points of the geodetic network of the Moscow region in the system MSK–50 provides for using common parameters (keys) to move to MSK–50. In addition it will create the preconditions for the effective sharing of all the differential base stations networks currently operating in the Moscow region.

# ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СТРОИТЕЛЬСТВА СТАДИОНА ФК «СПАРТАК» В Г. МОСКВЕ

**Н.В. Канашин** (ПГУПС, Санкт-Петербург)

В 2006 г. окончил Петербургский государственный университет путей сообщения (ПГУПС) по специальности «строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство». После окончания университета работает в ПГУПС на кафедре «Инженерная геодезия», в настоящее время — доцент. Кандидат технических наук.

**А.А. Никитчин** (ПГУПС, Санкт-Петербург)

В 2006 г. окончил Петербургский государственный университет путей сообщения (ПГУПС) по специальности «строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство». После окончания университета работает в ПГУПС на кафедре «Инженерная геодезия», в настоящее время — доцент. Кандидат технических наук.

Одним из необходимых видов работ при возведении инженерных сооружений является геодезический мониторинг их строительства. Актуальность выполнения этих работ подтверждается тем, что в современных нормативных документах им уделено особое внимание [1]. Однако виды применяемых приборов, периодичность наблюдений, методика выполнения измерений и представление результатов зависят от множества условий и, как правило, в каждом случае индивидуальны. В рамках данной статьи показан один из возможных вариантов геодезического мониторинга смещений и деформаций возводимых конструкций на примере строящегося стадиона ФК «Спартак» в г. Москве — «Открытие Арена».

Вместимость стадиона 44 тыс. мест, высота 52 м, размер поля 105x68 м. Специалисты кафедры «Инженерная геодезия» Петербургского государственного университета путей сообщения с июля 2013 г. выполняют работы по геодезическому мониторингу строи-

тельства его кровли. Она представляет собой металлоконструкцию ферменного типа, предназначенную для комфорта зрителей (без укрытия игрового поля). Общий вид строя-

щегося стадиона показан на рис. 1.

Для выполнения геодезического мониторинга на объекте закреплялись пункты, которые образовывали независимые



**Рис. 1**  
Общий вид строящегося стадиона

плановую и высотную мониторинговые сети. Учитывая, что на момент начала измерений бетонные работы на объекте были полностью завершены, эти пункты были закреплены на бетонных конструкциях внутри стадиона. Координаты и высоты пунктов по мере осуществления геодезического мониторинга периодически контро-



Рис. 2

Места закрепления пунктов мониторинговых сетей на объекте

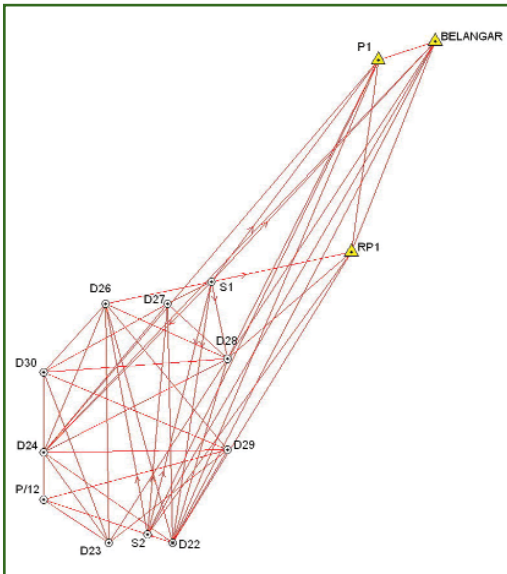


Рис. 3

Схема плановой мониторинговой сети на объекте

лировали. Пункты плановой сети были закреплены пленочными отражателями типа «ОП 50» на бетонном поясе между нижним и верхним ярусами зрительных трибун, а пункты высотной сети — анкерными болтами, расположенными в бетонном поясе по периметру нижнего яруса (рис. 2). Для измерения координат пунктов плановой сети использовался электронный тахеометр SOKKIA SET 550RX, а отметок пунктов высотной сети — цифровой нивелир DINI-07.

Плановая мониторинговая сеть создана как линейно-угловая, где расстояния между пунктами являлись недоступными для прямых измерений и определялись по методике, изложенной в работе [2].

Рассмотрим последовательность определения пространственных координат пунктов на примере одного из циклов геодезического мониторинга (рис. 3). Исходными являлись пункты разбивочной сети строительной площадки (RP1, P1 и BELANGAR), расположенные вне зоны территории строительства и закрепленные пленочными отражателями. Первоначально тахеометр (S1) устанавливали с тем расчетом, чтобы обеспечить видимость на исходные пункты, на часть пунктов плановой мониторинговой сети (D-24-D30, P/12), а

также на отражатель (S2), установленный на штативе, для передачи координат внутрь стадиона. Линейно-угловые измерения выполняли двумя полными приемами с определением недоступных расстояний между исходными пунктами и пунктами мониторинговой сети. После этого отражатель и прибор меняли местами и таким же образом выполняли измерения на пункты плановой мониторинговой сети с определением недоступных расстояний между ними. При этом, для повышения избыточности измерений, описанные выше измерения частично повторяли в ходе геодезического мониторинга кровли.

Математическую обработку измерений проводили в программе CREDO\_DAT версии 3.12. Результаты уравнивания сети показали, что средние квадратические погрешности определения координат пунктов во всех выполненных циклах геодезического мониторинга не превысили 2 мм.

Отметки пунктов высотной мониторинговой сети (Pn7-Pn10, рис. 4) получали по результатам измерений в нивелирных ходах, проложенных по методике геометрического нивелирования II класса от грунтовых реперов (RP1 и RP2), расположенных вне зоны территории строительства. Невязки в

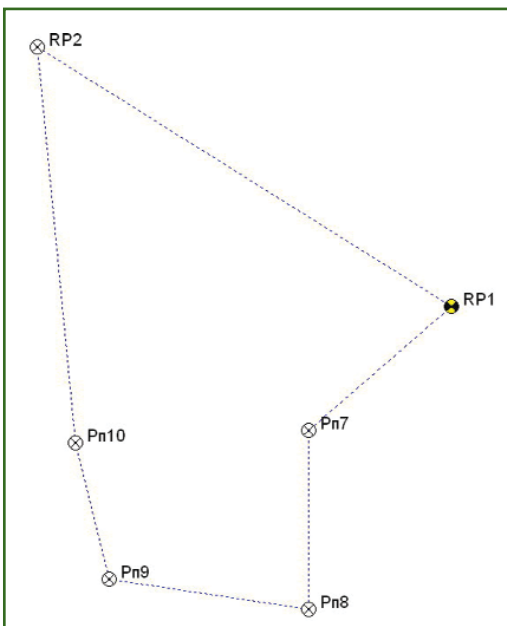


Рис. 4

Схема высотной мониторинговой сети на объекте



Рис. 5

Места закрепления деформационных марок



Рис. 6

Передача отметки на ось вращения зрительной трубы тахеометра

ходах не превысили 1 мм. Математическую обработку измерений выполняли в программе CREDO НИВЕЛИР.

Для определения смещений и деформаций кровли во время строительства заказчиком были определены контрольные точки, которые закрепили пленочными отражателями, выполнявшими роль деформационных марок. Всего было установлено 32 марки, из которых 16 находились на временных опорах, 8 — на металлоконструкциях кровли и 8 — в точках опирания кровли на стены стадиона (рис. 5).

Целью геодезического мониторинга являлось получение информации о пространственном перемещении марок по мере строительства кровли, для чего в ходе каждого цикла наблюдений определяли их пространственные прямоугольные координаты. В ходе полевых работ в каждом цикле наблюдений с точек стояния тахеометра выполняли линейно-угловые измерения одним полным приемом на 3–4 пункта плановой мониторинговой сети и на все видимые деформационные марки. Во время измерений следили за углом падения ви-

зирного луча к плоскости марки. Согласно выполненным в работе [3] исследованиям, этот угол не должен превышать  $65^\circ$  для линий длиной 100 м (что являлось максимальным расстоянием до марок). Отметки деформационных марок определяли методом тригонометрического нивелирования электронным тахеометром. При этом высотное положение оси вращения зрительной трубы прибора на каждой станции измерялось методом геометрического нивелирования от реперов высотной мониторинговой сети с помощью цифрового нивелира (рис. 6).

Электронный тахеометр в каждом цикле измерений устанавливали на новых точках, координаты каждой точки стояния определяли обратной линейно-угловой засечкой на пункты плановой мониторинговой сети. Учитывая небольшое количество деформационных марок, для повышения точности

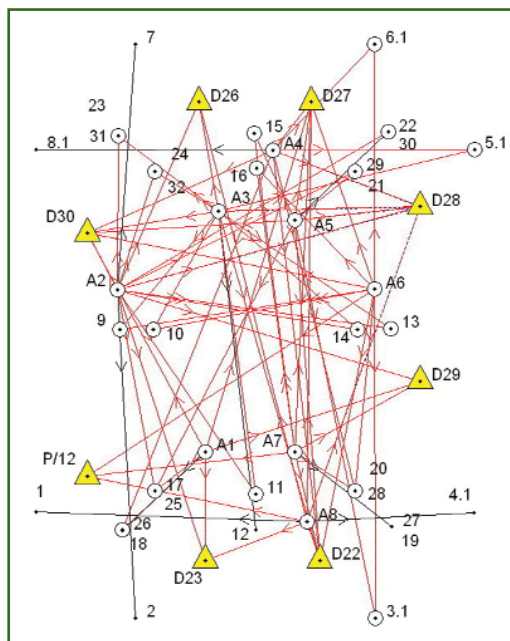


Рис. 7

Схема измерений при геодезическом мониторинге кровли стадиона: D26-D30, P/12 — пункты плановой мониторинговой сети; A1-A8 — точки стояния тахеометра; 1-32 — деформационные марки

наблюдений и надежности получения конечных результатов точки стояния тахеометра имели между собой общие деформационные марки с выполненными на них измерениями.

Математическая обработка полученных результатов проводилась в программе CREDO\_DAT, по результатам которой получали урванненные координаты не только точек стояния тахеометра, но и деформационных марок с оценкой их точности. Средние квадратические погрешности определения координат деформационных марок в каждом цикле наблюдений не превысили 3 мм. Схема измерений, выполненных в одном из циклов геодезического мониторинга, приведена на рис. 7.

Для анализа полученных результатов в программе Microsoft Excel были составлены ведомости, в которые заносились следующие сведения:

— координаты деформационных марок и их отклонения между предыдущим и начальным циклами наблюдений;

— величины крена временных опор и их приращения относительно предыдущего и начального циклов наблюдений;

— вспомогательная информация (дата наблюдений, метеоусловия и др.).

Кроме того, для улучшения наглядности результатов формировались графики смещений в формате DXF, на которых ломаными линиями показывали величины отклонений деформационных марок по трем осям координат относительно начального цикла наблюдений. Ведомости и графики являлись одной из составляющих технического отчета.

В заключение отметим, что изложенная последовательность работ обеспечила надежность и достоверность результатов геодезического мониторинга кровли, не требуя при этом существенного увеличения трудозатрат исполнителей.

#### ▼ Список литературы

1. СП 126.13330.2012 Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84.

2. Толстов Е.Г., Крашеницин Д.В. Оперативный контроль исходной разбивочной сети (на примере строительства второй сцены Мариинского театра) // Современные проблемы инженерной геодезии: труды международной научно-практической конференции. — СПб: ПГУПС, 2009. — С. 144–150.

3. Афонин Д. А. Построение геодезической разбивочной сети, закрепляемой пленочными отражателями // Записки Горного института. — СПб: РИЦ Горного ун-та, 2012. — Т. 199. — С. 301–308.

#### RESUME

One of the essential types of work in the construction of buildings is the geodetic monitoring of displacements and deformations in the being constructed structures. The monitoring methodology, instruments used and the frequency of observation and presentation of the results depend on a variety of conditions and are individual in each case. The article describes an experience of the work when the geodetic monitoring was conducted during the construction of the roof of the stadium of the football club «Spartak» in Moscow.

**geometer-center.ru**  
**(495)955-28-51**

**Комплексные инженерные изыскания**  
**Поставка оборудования и ПО**  
**Обучение, консультации, поддержка**

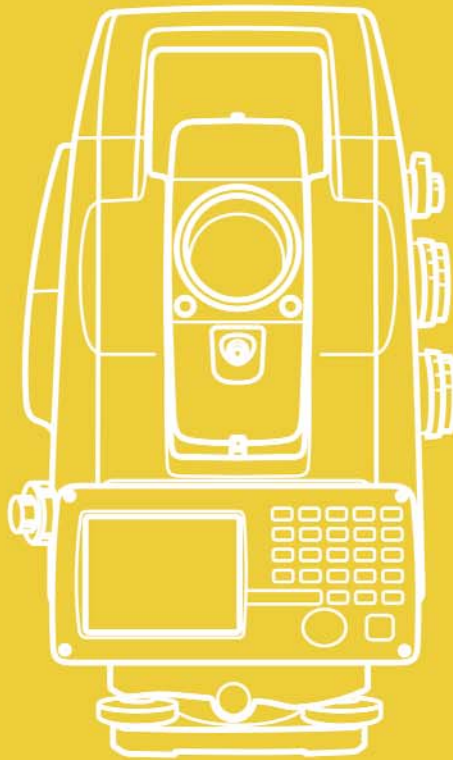
**ГЕОМЕТР**  **Центр**



# ЗАО «Геодезические приборы» Санкт-Петербург

## Методическая поддержка

обучение  
консультации  
повышение  
квалификации



## Сервисное обслуживание

техническая  
поддержка  
ремонт  
страхование

Комплексная  
ПОСТАВКА

**SOKKIA**

**ТОРСОЛ**

**VEGA**  
CONSTRUCTION INSTRUMENTS

ЗАО «Геодезические приборы»  
г. Санкт-Петербург  
ул. Большая Монетная д.16  
office@geopribori.ru

(812) 363-43-23  
(812) 363-19-46



[www.geopribori.ru](http://www.geopribori.ru)

# ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС MAGNET КОМПАНИИ TOPCON POSITIONING SYSTEMS

А.И. Петровский («ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»)

В 1990 г. окончил горно-нефтяной факультет Всесоюзного заочного политехнического института по специальности «горный инженер — маркшейдер». Во время учебы в институте и после его окончания работал в ОАО «Метротоннельгеодезия». Принимал участие в возведении храма Христа Спасителя в Москве и обеспечении сбойки Северомуйского тоннеля на БАМе. С 1997 г. работает в ЗАО «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ», в настоящее время — ведущий инженер по ГНСС.

В мае 2014 г. вышла очередная версия программного комплекса (ПК) MAGNET компании Topcon Positioning Systems (США), который пришел на смену программному обеспечению TopconTools и TopSURV. В этом программном комплексе воплощены все возможности его предшественников и значительно расширена функциональность.

При разработке ПК MAGNET были учтены требования большинства исполнителей к процессам обработки полевых данных. Теперь основные операции значительно упрощены, что позволяет максимально быстро освоить программу начинающим пользователям.

ПК MAGNET включает две программы: MAGNET Office Tools и MAGNET Field, каждая из которых имеет собственный набор модулей для решения поставленных задач.

Программа **MAGNET Office Tools** предназначена для решения задач в камеральных условиях, к которым относятся обработка и уравнивание измерений, выполненных различными геодезическими приборами, формирование отчетов и экспорт данных в другие программы.

В MAGNET Office Tools реализован интерфейс на основе Microsoft Office с развернутыми лентами выполняемых действий (рис. 1).

Данная программа позволяет обрабатывать и уравнивать результаты измерений, полученные приемниками ГНСС Topcon и Sokkia, а также статические данные из файлов приемников других производителей, таких как Trimble, Leica, Septentrio, Ashtech, без преобразования их в обменный формат RINEX (рис. 2). Также поддерживается загрузка данных в формате RINEX различных версий.

Помимо обработки результатов ГНСС-измерений, имеется возможность расчета и уравнивания данных, полученных с помощью электронных тахеометров и цифровых нивелиров как по отдельности, так и совместно с данными ГНСС-измерений.

Встроенный модуль Autodesk RealDWG, предназначенный для беспрепятственного обмена данными с AutoCAD Civil 3D, позволяет передавать результаты измерений в программное обеспечение Autodesk одним нажатием кнопки (рис. 3).

Пользователь может настроить интерфейс MAGNET Office Tools под собственные требования. При импорте «сырых» данных в проект для представления таблиц создаются закладки:

— «Точки» (для точек с координатами);

— «Сеансы наблюдений» (для наблюдений на этих точках), причем при работе с при-

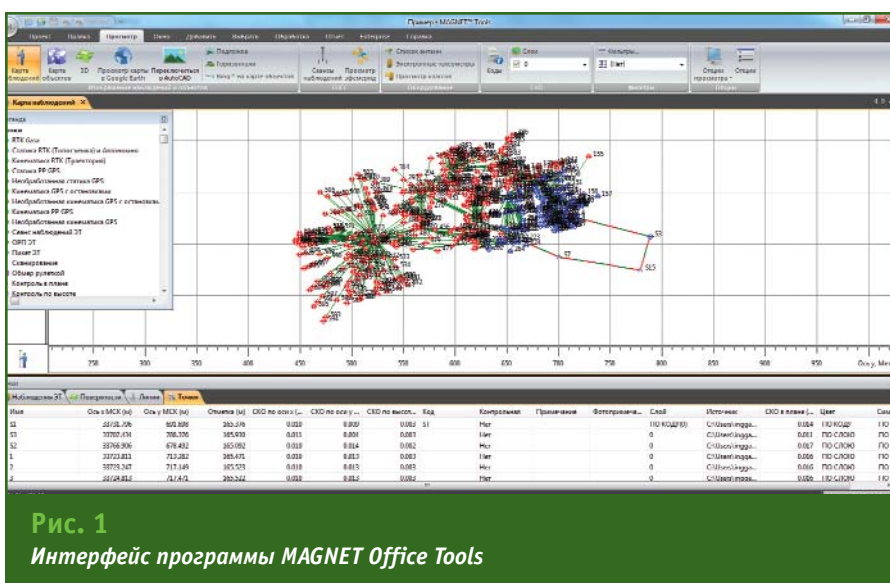
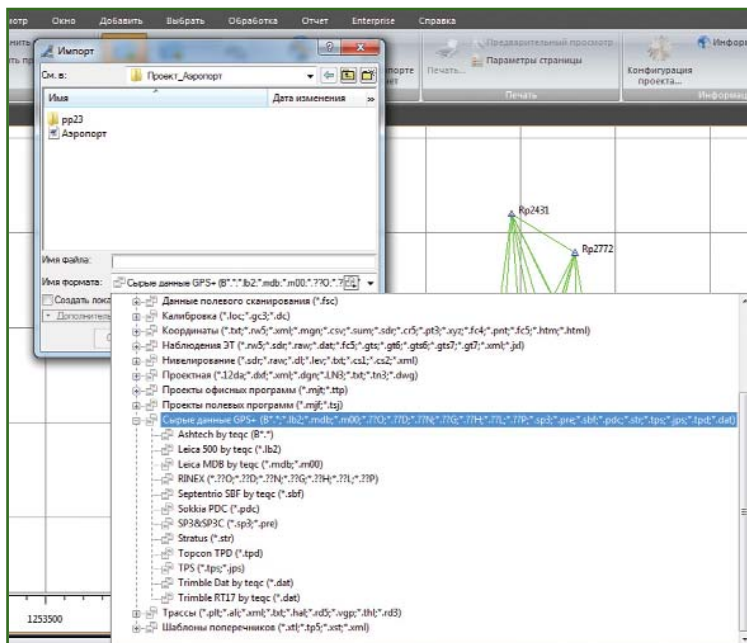


Рис. 1  
Интерфейс программы MAGNET Office Tools



**Рис. 2**  
Ввод результатов измерений в программу MAGNET Office Tools

емниками ГНСС — «Векторы GPS», а при работе с помощью электронных тахеометров — «Наблюдения ЭТ».

Эти закладки можно менять местами в зависимости от предпочтений исполнителя.

По мере добавления различных функций, в частности, решения обратной геодезической задачи, вычисления площадей объектов, программа автоматически добавляет соответствующие закладки.

Содержимое всех закладок можно видоизменять, при необходимости добавляя или удаляя столбцы данных, что позволяет максимально быстро получать необходимую информацию.

Различные типы измерений, добавляемые в проект, различаются по цветовой легенде. Например, необработанные («сырые») измерения, выполненные приемниками ГНСС, отображаются серым цветом; обработанные значения этих измерений, выполненные без ошибок, — зеленым цветом; если измерения выполнены с ошибками, то их цвет будет красным (рис. 4).

Если в программу загружен проект, созданный в поле с по-

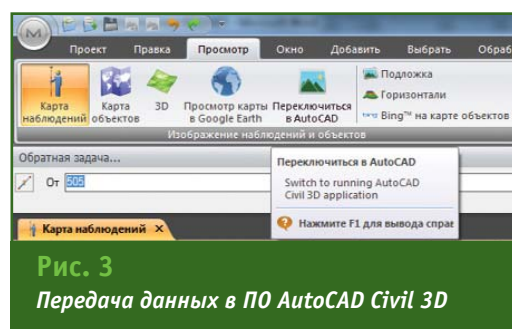
мощью программы MAGNET Field по результатам измерений, выполненных в режиме реального времени, то такие векторы будут иметь синий цвет, при условии, что они не содержат ошибок.

Также каждый тип измерений отображается по-разному. Например, статические наблюдения

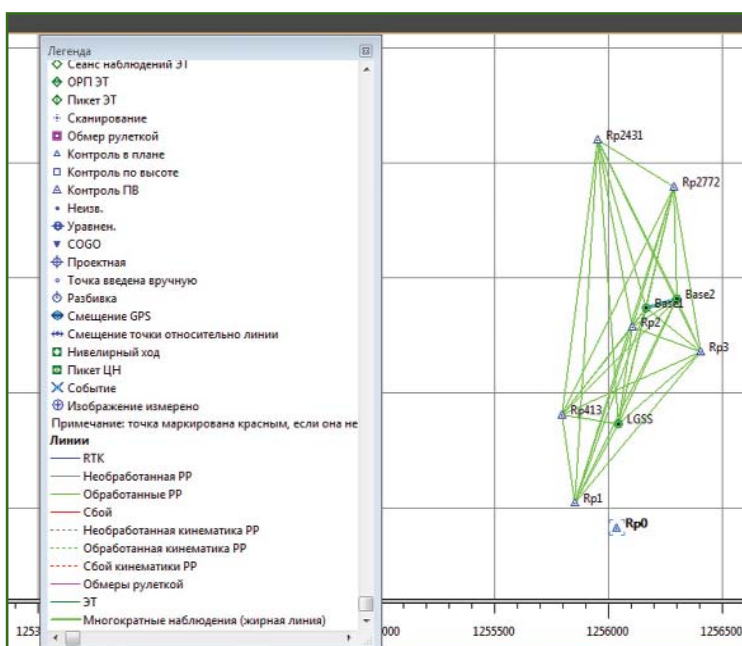
изображаются сплошной линией, а в режиме «кинематика» — пунктирной.

Для визуализации объектов, кроме используемой ранее программы Google Планета Земля (Google Earth), добавилась встроенная функция автоматической загрузки космических снимков из картографического сервиса Microsoft Bing Maps, в которой помимо просмотра этих снимков имеется возможность выполнять прорисовку отснятых объектов (рис. 5).

Программа **MAGNET Field** предназначена для решения задач в полевых условиях при съемке ситуации и рельефа с использованием различных геодезических приборов. Нали-

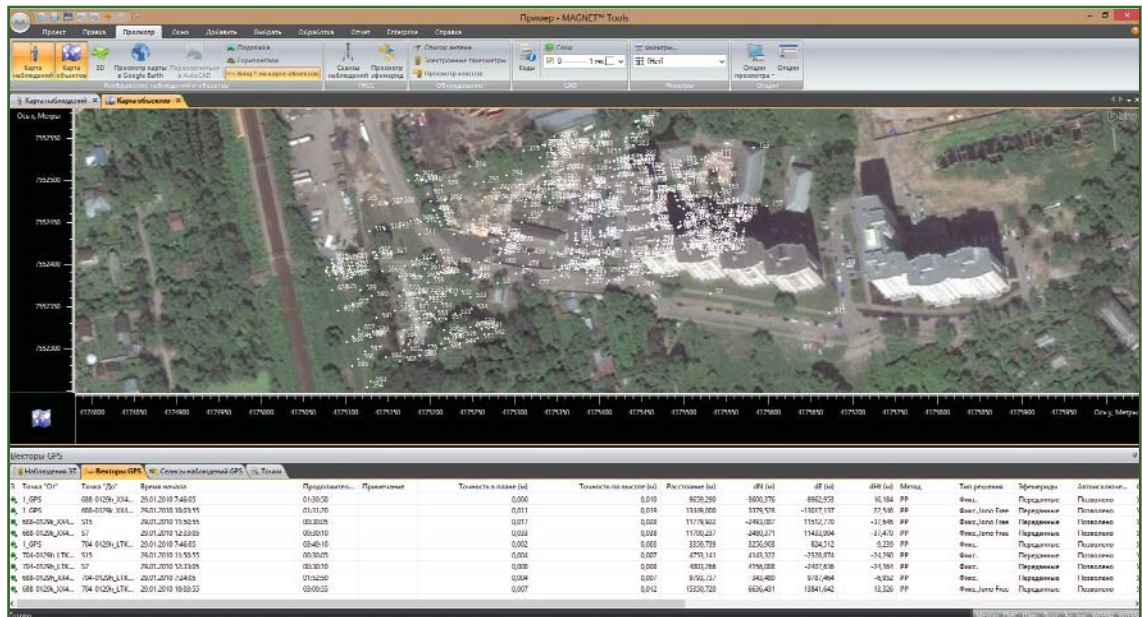


**Рис. 3**  
Передача данных в ПО AutoCAD Civil 3D



**Рис. 4**  
Пример отображения результатов измерений в MAGNET Office Tools





**Рис. 5**  
Космический снимок, загруженный из программы Microsoft Bing Maps

чие единого программного обеспечения в полевом контроллере, используемом с различными типами приборов, позволяет легко обмениваться данными между приемниками ГНСС и электронными тахеометрами без дополнительной конвертации. Для этого достаточно перенести файл проекта из одного устройства в другое. Все необходимые данные, включая параметры используемой системы координат, будут автоматически внесены в базу данных устройства.

Программа MAGNET Field может устанавливаться как на специализированные полевые контроллеры Topcon и Sokkia, так и на устройства с операционными системами Windows Mobile и Windows. В частности, MAGNET Field поддерживает работу на операционной системе Windows 8 Pro, устанавливаемой на планшетные компьютеры различных производителей.

В программе MAGNET Field предусмотрена упрощенная схема подключения к приемникам ГНСС с помощью Bluetooth в зависимости от режима их использования. При первом подключении достаточно указать

один из приемников в качестве базового, и при каждом последующем подключении к базе будет выбираться именно этот приемник без потери времени на его поиск и выбор.

Появилась возможность запуска базовой станции на платформе приемников Topcon или Sokkia с установленной в них SIM-картой со статическим IP-адресом по протоколу TCP/IP. Если ранее эта функция поддерживалась только с помощью ввода специальных команд через терминал программы Topcon Receiver Utility, то в программе MAGNET запуск выполняется напрямую, путем выбора в списке моделей устройств TCP/IP.

По сравнению с программой TopSURV значительно упрощен выбор модемов (USB или GSM). Теперь модемы разделены по устройствам: встроенные или внешние.

В MAGNET Field имеется возможность определения координат недоступных объектов с использованием внешних лазерных дальномеров, подключенных к контроллеру с помощью Bluetooth или с помощью ручного ввода их показаний. Теперь достаточно измерить при-

емником ГНСС координаты двух точек на одной линии вблизи недоступного объекта и выполнить на каждой точке измерения лазерным дальномером до недоступного объекта. После этого точка отобразится на карте наблюдений проекта и в списке координат появятся значения ее пространственных координат.

Появилась возможность вычерчивания точек, полилиний и площадных объектов непосредственно на карте проекта, что позволяет исполнителю по результатам съемки объединить отдельные пикеты в объекты, которые будут переданы в программу для оцифровки данных, где потребуются только заменить условный знак объекта.

Помимо этого, при работе с топографическими кодами происходит автоматическое вычерчивание объекта в соответствии с выбранным кодом. Исполнителю достаточно выбрать нужный код и указать номер объекта, которому принадлежит сохраняемый пикет.

В программе MAGNET Field реализована новая технология «Гибрид» (Hybrid Positioning), которая дает возможность од-



Рис. 6

*Измерения спутниковым приемником ГНСС и роботизированным тахеометром по технологии «Гибрид»*

новременно использовать спутниковые приемники ГНСС и роботизированные электронные тахеометры. Это позволяет повысить эффективность и производительность съемочных работ в местах с неблагоприятными внешними условиями (рис. 6).

Технология «Гибрид» включает в себя четыре компонента:

- комбинированный захват (Hybrid Lock) — осуществляет поворот прибора в сторону расположения призмы, повторное отслеживание призмы, запись большего количества измерений и максимально быстрый захват призмы;

- комбинированная засечка (Hybrid Resection) — обеспечивает быструю установку приборов на объекте, получение пространственных координат в режиме статики и RTK для контроля;

- переключатель гибрида (Hybrid Switch) — позволяет быстро переключаться между приемником ГНСС и электронным тахеометром;

- автоматическая калибровка (Auto-localization) — позволяет быстро перейти от абсолютных геодезических координат к условной системе координат, использовать карты Bing Maps, многоточечное опре-

деление местонахождения и работает с системами позиционирования в режиме RTK и NMEA.

Программный комплекс MAGNET, включая MAGNET Field, имеет широкий спектр форматов импорта и экспорта данных. Выполняется импорт и экспорт в виде множественных данных в форматы DXF и DWG, векторный формат данных ГИС (shape-файлы), форматы MicroStation, формат ASCII и настраиваемый пользователем текстовый формат координат точек.

Встроенная библиотека систем координат и исходных геодезических дат, позволяет работать в любой точке планеты. Помимо этого, программа дает возможность создавать любые пользовательские проекции на основании существующих систем координат, связанных с WGS-84, а также выполнять калибровку (локализацию) местных систем координат, не имеющих связи с WGS-84 по нескольким точкам.

В MAGNET Office Tools можно вычислять параметры исходных геодезических дат по выполненным измерениям и координатам этих пунктов в каталоге, при условии, что известны параметры системы координат, используемой при формировании

координат пунктов в данном каталоге.

Перенос данных из MAGNET Field в MAGNET Office Tools происходит путем открытия проектов MAGNET Field без дополнительной конвертации. При этом все данные по системам координат, библиотекам топографических кодов переносятся и сохраняются в базе данных программы.

Программа MAGNET Office Tools поддерживает загрузку проектов TopconTools и TopSURV, что позволяет перенести ранее накопленную информацию быстро и без потерь.

В целом программный комплекс MAGNET существенно расширяет возможности исполнителя для выполнения полевых работ и камеральной обработки результатов измерений, максимально автоматизируя все процедуры работ.

Оценить возможности программного комплекса MAGNET можно, скачав дистрибутив программы с сайта [www.gsi.ru](http://www.gsi.ru) в разделе «Поддержка — Скачать». Демонстрационная версия MAGNET Office Tools позволяет открывать и просматривать ранее созданные проекты, а также загружать измерения с электронных тахеометров и проекты MAGNET Field, ограниченные 5 точками. Демонстрационная версия MAGNET Field обладает полным функционалом всех модулей и позволяет работать с проектами до 25 точек.

#### RESUME

The MAGNET software capabilities are described. This package issued in May 2014, has replaced the TopconTools and TopSURV programs and not only embodied the capabilities of these software packages but significantly widened their functionality. Information on the MAGNET software is available in more detail on [www.gsi.ru](http://www.gsi.ru) where you can download the demo version.

# IP-S2 (Compact+)

СИСТЕМЫ  
МОБИЛЬНОГО  
СКАНИРОВАНИЯ

 **ТОРСОЛ**



ГНСС Антенна  
Прием сигналов ГЛОНАСС/GPS

360° камера (панорамная)  
высокого разрешения

Блок управления IP-S2

Пять лазерных сканеров



Портативный  
компьютер с  
Программным  
обеспечением

Датчик пройденного пути  
(одометр)



[www.gsi.ru](http://www.gsi.ru)



**ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ**  
инструменты и технологии для геодезии и строительства

# МОБИЛЬНАЯ СКАНИРУЮЩАЯ СИСТЕМА TRIMBLE MX2

В.Г. Цуканов («Технокауф»)

В 2001 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «космическая геодезия». После окончания университета работал в ЗАО НПП «НАВГЕОКОМ», с 2008 г. — в ООО «Геотехинжиниринг». С 2011 г. по настоящее время — генеральный директор ООО «Технокауф».

Компания Trimble была основана в 1978 г. Ее штаб-квартира расположена в г. Саннивейл, штат Калифорния (США). Компания является одним из мировых лидеров в области технологий определения местоположения, предусматривающих сочетание систем спутниковой и инерциальной навигации, оптико-электронных приборов и средств беспроводной связи с прикладным программным обеспечением и дополнительными сервисами. Решения, предлагаемые компанией, ориентированы на практическое использование в таких областях, где требуется высокоточное позиционирование или определение местоположения, включая геодезию, картографию, кадастр, строительство, сельское хозяйство, гидрографию, морскую навигацию и др.

В течение более 35 лет Trimble создает уникальные средства позиционирования. Зарегистрировано свыше 1000 патентов. Компания осуществляет систематизированное расширение спектра средств измерений, программного обеспечения и технологий путем стратегических приобретений с тем, чтобы новейшие технологии позиционирования стали доступны широкому кругу специалистов во всем мире.

В настоящее время решения Trimble используются в 150 странах мира. Это достигнуто благодаря активной работе сотрудников компании в сочета-

нии с высокоэффективной сетью дилеров и партнеров по дистрибуции.

Рассматриваемая в данной статье мобильная сканирующая система Trimble MX2 с точки зрения организационной структуры относится к деятельности дивизиона Imaging — подразделения Trimble. Дивизион предлагает разнообразные решения для сбора, обработки и анализа геопривязанных пространственных данных, которые хорошо сочетаются с другими предложениями компании Trimble, например, для высокоточных измерений, мобильного сбора данных, а также с беспроводными технологиями и программами Trimble Survey и GIS для геодезических измерений и сбора данных для ГИС. Такой подход позволяет обеспечить специалистов, работающих с геопространственными данными, комплексными полевыми и офисными решениями.

## ▼ Назначение системы

11 июля 2013 г. компания Trimble представила новую мобильную сканирующую систему Trimble MX2, позволяющую осуществлять сбор и визуализацию пространственных данных. Она предназначена для трехмерного картографирования объектов местности и инженерных сооружений, топографической съемки и решения инженеринговых задач.

Система Trimble MX2 устанавливается на любом транспорт-

ном средстве, например на автомобиле. При движении автомобиля одновременно выполняется сканирование прилегающей территории и позиционирование траектории движения, что обеспечивает получение трехмерного массива точек лазерных отражений с их пространственной привязкой (геопространственные данные). За счет совмещения геопространственных данных, получаемых системой Trimble MX2, с технологиями цифровой фотограмметрии, точного спутникового позиционирования, моделирования рельефа, анализа снимков, обработки полевых данных в офисных программах, достигается комплексное решение для преобразования геопространственных данных в геопространственную интеллектуальную информацию. Полученные таким образом трехмерные информационные модели позволяют повысить производительность и качество принятия решений для различных пользователей, включая изыскательские, проектные, строительные и ГИС ориентированные сервисные компании, государственные и муниципальные организации, коммунальные и транспортные предприятия.

## ▼ Состав системы и технология мобильного сканирования

Внутри защищенного корпуса системы Trimble MX2 (рис. 1) расположены: приемник ГНСС,



**Рис. 1**  
Общий вид системы Trimble MX2

инерциальный навигационный модуль (ИНС) Trimble Applanix, блок питания, радиоприемник для работы в режиме RTK. Снаружи находятся: одна или две спутниковые антенны, радиоантенна, один или два сканирующих блока, оснащенные лазером класса 1. Количество спутниковых антенн, сканирующих блоков и других элементов в компоновке системы зависит от комплектации.

Опционально может быть установлена цифровая фотокамера с обзором 360°. Система поставляется вместе с программным обеспечением Trimble Trident, предназначенным для сбора и подготовки данных.

Мобильное сканирование — это динамический процесс. На движущемся автомобиле одновременно работают несколько приборов и систем (рис. 2):

- вращающиеся на 360° сканирующие блоки, которые посылают лазерные импульсы и получают отраженные от окружающих предметов сигналы, создавая набор трехмерных данных в виде точек лазерных отражений;

- система спутникового позиционирования, обеспечивающая пространственную привязку траектории движения автомобиля;

- инерциальная система, которая корректирует и уточняет данные спутникового позиционирования в трудных условиях приема сигнала;

- цифровая фотокамера G360, выполняющая непрерывную фотосъемку в цвете, с помощью пяти камер, расположенных по периметру и одной сверху;

- система синхронизации лазерных отражений, данных ГНСС и ИНС, а также фотоизображений.

Результатом сканирования является трехмерное «облако точек» вдоль маршрута съемки. Технология мобильного лазерного сканирования допускает повторную съемку по одному и тому же маршруту, что позволяет повысить плотность получаемого «облака точек».

#### ▼ Особенности конфигурации

При оснащении системы пользователь может выбрать один или два сканирующих блока. Для работ по составлению модели рельефа или определению объемов горных выработок достаточно одной, тогда как для трехмерного картографирования, съемки дорожного полотна система из двух сканирующих головок значительно эффективнее. При наличии двух сканирующих головок система позволяет сканировать до 72 тыс. точек в секунду и имеет конфигурацию «бабочки», что сводит к минимуму образование «мертвых» зон (не снятых сканером) в «облаке точек».

Помимо этого систему можно дооснастить дополнительной антенной ГНСС. В подобной конфигурации основная спутниковая антенна располагается непосредственно на корпусе сканера Trimble MX2, а дополнительная — крепится на балке и выносится вперед на максимально возможное расстояние (рис. 2). Эффективность решения с двумя антеннами по-настоящему можно оценить при работе в условиях высокоэтажной застройки и при съемке дорог, проходящих по лесным участкам.

В любой конфигурации сканера можно выполнять съемку в режиме RTK с помощью радиомодемов, работающих в УКВ-диапазоне. Возможность постобработки полученных материалов является опцией.

Стоит отметить еще две опции. Для получения панорамных снимков на систему устанавливается цифровая фотокамера G360. Для контроля данных, получаемых системой позиционирования, на колесо автомобиля может монтироваться датчик измерения расстояния, пройденного автомобилем (DMI — Distance Measuring Indicator). Этот датчик полезен при сложных условиях приема сигналов ГНСС.

Таким образом, набор опций позволяет создать конфигура-



**Рис. 2**  
Система Trimble MX2, установленная на автомобиле

цию системы, предназначенную для решения конкретных задач пользователя. При этом подобная система остается открытой для последующей модернизации.

#### ▼ Программное обеспечение

Система Trimble MX2 совместно с программным обеспечением Trimble Trident представляют собой законченное технологическое решение, позволяющее получать продукцию в виде трехмерных цифровых моделей.

Программа Trimble Trident 6.1 поддерживает формат данных системы Trimble MX2 и служит для обработки результатов мобильного сканирования. Программа доступна в виде набора модулей. Они позволяют быстро трансформировать «облако точек» в трехмерную цифровую модель, обеспечивают точное позиционирование объектов и создание необходимых для работы слоев и др. Среди функций программы следует отметить: встроенный прямой импорт траектории и инструмент Trimble Coordinate System Manager для управления системами координат. Кроме того, модули программного обеспечения Trimble Trident подходят для анализа данных мобильных лазерных сканеров и пространственной привязки снимков.

#### ▼ Порядок работы

##### Развертывание системы.

Одной из основных отличительных черт системы Trimble MX2 является прочный корпус в сочетании с небольшим весом (от 17 до 25 кг) и высокой эргономичностью. Развертывание системы сравнимо с использованием другого традиционного геодезического оборудования. Она легко собирается и устанавливается, практически, на любой автомобиль, например «гольф-класса». Пользователю нет необходимости содержать специальный гараж для авто-

мобиля с установленным на нем сканером. В отличие от крупногабаритных систем данный комплекс может быть установлен на крыше автомобиля перед началом работ и демонтирован после их завершения. И делать это можно ежедневно. Секрет в том, что некоторые системы калибруются после установки на автомобиль, на котором планируются их использовать. Тем самым весь автомобиль превращается в «измерительное устройство». Особенностью Trimble MX2 является то, что система калибруется на заводе. Это позволяет хранить систему в автомобиле или отдельно, в зависимости от предпочтений пользователя или в соответствии с внутренними инструкциями организации.

Для выполнения работ достаточно двух исполнителей: водителя и оператора. Оператор располагается внутри автомобиля и управляет работой системы при помощи программного обеспечения, установленного на ноутбук. Кроме того, в автомобиле размещается небольшой интерфейсный адаптер, размером со смартфон.

**Пространственная привязка.** Геодезическая привязка данных осуществляется при помощи спутниковых приемников. Позиционирование возможно в режиме RTK и в режиме кинематики с постобработкой. Для уточнения и контроля привязки на сложных участках дополнительно закладываются контрольные точки, координаты которых определяются инструментально. Закладка точек должна соответствовать условию прямой оптической видимости между лазером сканирующего блока и контрольной точкой.

**Сканирование.** Управление сканированием и сохранение данных ведется с помощью программы Trident Capture. Сканирование осуществляется в

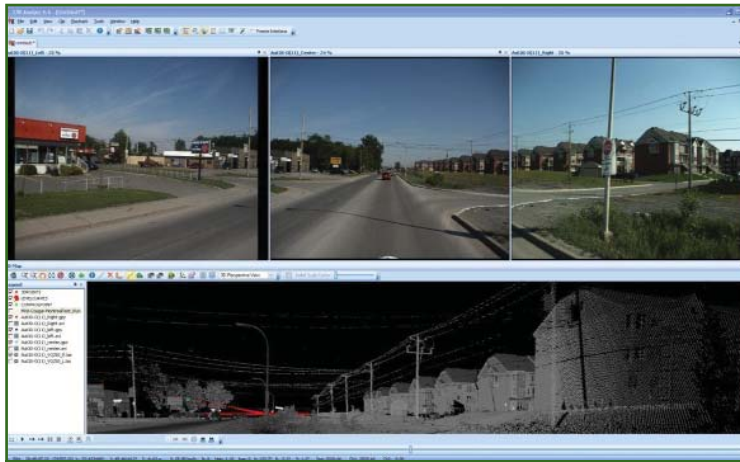
полосе шириной до 250 м относительно траектории движения автомобиля при скорости не более 70 км/ч. Точность дальномера сканера составляет 1 см на расстоянии до 50 м.

**Обработка данных.** Обработка данных выполняется в программе Trident Imaging Hub. Наиболее важными функциями программы являются: автоматическое распознавание и нанесение дорожной разметки, структурных линий (бровка и подошва), осевой линии, а также дорожных знаков, опор ЛЭП и связи, быстрое создание слоев редактируемых объектов для дальнейшего использования в ГИС и САПР, автоматическое создание профиля и поперечных сечений.

#### ▼ Области применения

Результатом мобильного лазерного сканирования являются, прежде всего, «облака точек» в цвете и фотоизображения. «Облака точек» можно просматривать в бесплатной программе Free Trident Viewer, по ним можно строить отдельные сечения и цифровые модели рельефа. Предусмотрен просмотр панорамных фотоизображений при инспектировании. Полученные в результате сканирования данные можно использовать при создании и ведении ГИС-проектов. Все это и определяет области применения системы Trimble MX2.

**Съемка автомобильных дорог.** Самым распространенным применением системы является съемка протяженных линейных объектов, например автодорог и ЛЭП (рис. 3). «Облака точек» содержат лазерные отражения дорожного полотна и объектов прилегающей инфраструктуры в полосе съемки. Данные можно использовать для целей инвентаризации придорожных объектов (рис. 4), оценки качества разметки дорожного полотна (рис. 5), создания топог-



**Рис. 3**  
Пример съемки опор ЛЭП и дорожного освещения

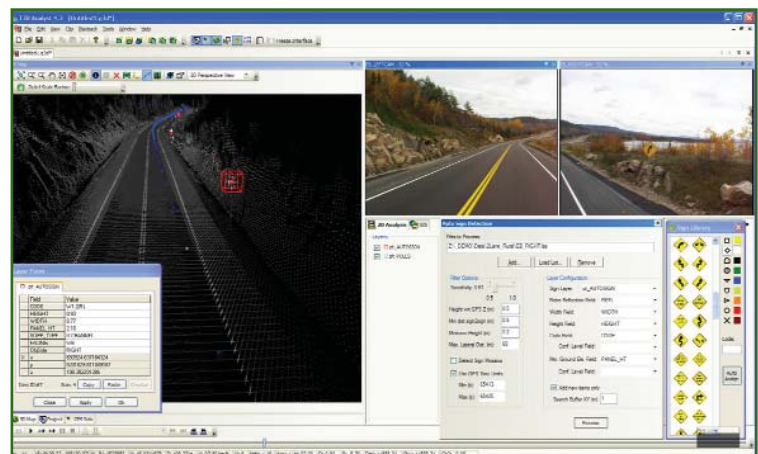
рафической основы перед реконструкцией или при выполнении исполнительной съемки. Среди преимуществ такой съемки: высокая производительность полевых работ, отсутствие необходимости остановок на дороге, повышение безопасности работ, сбор информации о состоянии объектов инфраструктуры, возможность проведения измерений до любого объекта в «облаке точек», просмотр панорамных фотоматериалов, измерение высот пролетов мостов и других габаритов (рис. 6), фиксация и координирование всей дорожной ситуации.

**Определение объемов земляных работ и вычисление запасов сырья в карьерах.** Метод мобильного сканирования позволяет быстро получить «облако точек» насыпи (или выемки) с целью определения формы, объема и мониторинга возможных изменений. Данные сканирования в виде файла в формате LAS экспортируются в широко используемую на практике программу Trimble Business Center, где можно провести их анализ, построить горизонтали и рассчитать объем. Следует отметить, что система мобильного сканирования Trimble MX2 хорошо защищена от внешних воздействий, харак-

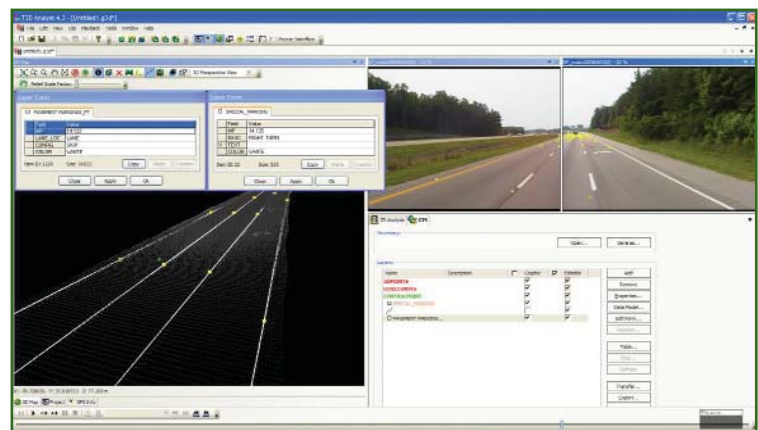
терных для карьеров и горных выработок. Степень пылевлагозащитности прибора составляет IP65. Для максимальной производительности можно ис-

пользовать режим съемки RTK — это уменьшает объем камеральных работ и снижает сроки получения конечной продукции.

**Мониторинг состояния железных дорог.** Конструкция сканера MX2 позволяет устанавливать его на железнодорожные составы, используемые для диагностики состояния железнодорожного полотна. Вместе с «облаком точек» лазерных отражений всегда доступны цифровые фотоизображения для визуального контроля. Система позволяет выполнять быструю съемку элементов железнодорожного полотна и прилегающих объектов инфраструктуры для решения различных задач: планирования пере-



**Рис. 4**  
Инвентаризация дорожных знаков



**Рис. 5**  
Инвентаризация разметки дорожного полотна

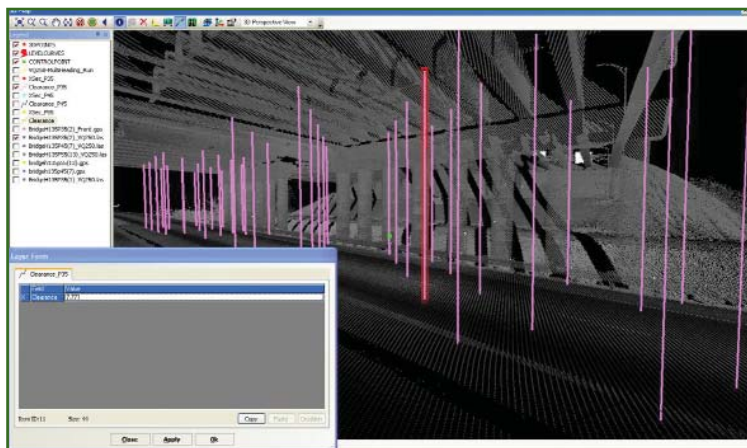


Рис. 6

Пример измерения габаритов пролета моста

мещения тяжелых крупногабаритных грузов, отслеживания осевой линии, просмотра видео по всему маршруту движения, ведения обновления и пополнения базы данных о придорожных объектах инфраструктуры, измерения габаритов контактной сети и определения высоты пролетов мостов и эстакад, построения продольных профилей и поперечных сечений.

#### ▼ Преимущества технологии мобильного лазерного сканирования

Trimble MX2 расширяет возможности специалистов, работающих с геопространственными данными, так как система характеризуется операционной совместимостью и универсальным дополнением к семейству мобильных систем сбора данных компании Trimble, простотой в использовании, высокой производительностью и привлекательным соотношением цены и качества. С ее помощью возможна эффективная реализация наиболее сложных проектов.

Основными преимуществами технологии трехмерного лазерного сканирования принято считать высокую скорость сбора данных и избыточность полевых измерений, что напрямую влияет на экономию зат-

рат. Эти преимущества относятся и к мобильным системам сканирования, но с тем добавлением, что скорость съемки равна скорости движения автомобиля (40–70 км/ч). Что касается характерных особенностей данной системы, то к ним добавляются новые преимущества — защищенная, прочная и легкая конструкция с низким энергопотреблением, возможность конфигурирования под конкретную задачу, компактность и универсальность хранения.

Организации, уже имеющие опыт работы с оборудованием компании Trimble, легко смогут встроить мобильную сканирующую систему MX2 в производственный процесс. Данные сканирования совместимы с геодезическими данными, полученными опико-электронными и спутниковыми приборами, а современные программы позволяют выполнять их совместную обработку. Компании, только формирующие геодезические подразделения, смогут подобрать средства измерений и программное обеспечение наиболее эффективным образом, будучи уверенными в совместимости их со сканирующей системой Trimble MX2. Начало полевых работ с помощью системы Trimble MX2 возможно уже через 2–3 дня после ввода в

эксплуатацию и тренинга персонала.

Экономическую необходимость покупки мобильной сканирующей системы легко оценить исходя из предстоящих объемов работ. Система Trimble MX2 повышает производительность съемки на порядок. По экспертным оценкам минимум в 10 раз увеличивается скорость сбора данных по сравнению с наземным сканированием или тахеометрической съемкой. Мобильный сканер становится необходим, когда требуется резко увеличить объем работ, не прибегая к увеличению штата сотрудников или привлечению многочисленных субподрядчиков. Срок возврата инвестиций, вложенных в новое оборудование, может составить от одного до трех полевых сезонов, в зависимости от рентабельности проектов и плотности графика работ.

Мобильную сканирующую систему Trimble MX2 можно приобрести через дилерскую сеть компании Trimble. В Российской Федерации партнером Trimble по направлению мобильных, воздушных и наземных сканирующих систем является компания «Технокауф» ([www.trimblegnsss.ru](http://www.trimblegnsss.ru)). В настоящее время заключены первые контракты на поставку данной системы. Это означает, что уже в этом полевом сезоне будут получены данные, как минимум, с двух мобильных систем.

#### RESUME

The new mobile scanning system Trimble MX2 is described together with its possible configurations to solve various tasks as well as how to work with it. The system advantages are noted including the principle ones. These are the quick deployment requiring no scanner calibration procedure and the interoperability with the existing means by the Trimble company for the spatial data collection.





# ОБРАБОТКА ДАННЫХ БПЛА В ПРОГРАММЕ UASMASTER

Н.Э. Рубцова (Компания «Совзонд»)

В 2012 г. окончила факультет прикладной космонавтики и фотограмметрии МИИГАиК по специальности «аэрофотогеодезия». В настоящее время — инженер-фотограмметрист компании «Совзонд».

В последнее время в сфере аэрофотогеодезии становится все более популярным и обсуждаемым применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для целей создания топографических карт и планов. Ключевыми факторами подобной тенденции является оперативность получения данных и относительно низкая стоимость реализации подобных проектов. Таким образом, съемка небольших территорий в целях крупномасштабного картографирования с помощью беспилотных летательных аппаратов может конкурировать с классической аэросъемкой или космической съемкой по временным и экономическим показателям.

Конечно, помимо преимуществ, съемочные данные с БПЛА характеризуются рядом особенностей, что делает несколько затруднительным применение классических методов для их фотограмметрической обработки. Существует масса негативных факторов: использование некалиброванных бытовых камер со шторно-щелевыми затворами без компенсации сдвига изображений, нестабильное поведение летательного аппарата в воздушном пространстве, неспециализированное бортовое оборудование (зачастую на БПЛА устанавливают только приемник GPS без инерциальной системы и не применяют дифференциальную коррекцию). Все это накладывает определенный отпечаток на подход к обработке таких данных.

Поэтому параллельно с ростом интереса к съемке с помощью БПЛА разработчики современных цифровых фотограмметрических систем (ЦФС) все чаще добавляют в программы специальные алгоритмы и наборы функций для работы с такими данными.

## ▼ Обработка данных БПЛА в ПК Inrho

Среди широко известных фотограмметрических решений одним из наиболее производительных является программный комплекс (ПК) Inrho компании Trimble. Это полнофункциональная фотограмметрическая система, позволяющая решать широкий спектр задач, связанных с обработкой снимков. Рассмотрим более подробно возможности по обработке данных с БПЛА, предлагаемые в ПК Inrho.

В Inrho специальные алгоритмы для обработки материалов, полученных с БПЛА, были реализованы, начиная с версии 5.5 (релиз 14 ноября 2012 г.). В текущей версии программы 5.7.1 (релиз май 2014 г.) расширены функциональные возможности по обработке фотограмметрической продукции путем добавления опций, предназначенных для оптимизации уже существующих алгоритмов и учитывающих некоторые особенности данных с БПЛА.

Прежде всего, реализована полная поддержка данных, получаемых с помощью БПЛА компании Trimble. Например, для БПЛА Trimble UX5 или Trimble X100 в

файл проекта Inrho автоматически через конвертор загружаются снимки, информация о камере и данные об ориентации камеры. Для других беспилотных летательных систем используются стандартные функции импорта при определении проекта.

Стратегия, предложенная разработчиками именно для работы с данными с БПЛА, заключается в итерационной обработке этих данных.

Первоначально в модуле MATCH-AT выполняется уточнение элементов внешнего ориентирования через функцию автоматического извлечения связующих точек на одном уровне пирамид изображений загруженных в проект снимков. (Пирамида изображений — это коллекция изображений, получаемая из исходного изображения путем его последовательного сжатия, пока не будет достигнута минимальная точка (такой точкой может быть один пиксель). Этот термин широко используется в разнообразных приложениях компьютерного зрения. — Прим. ред.) При этом задается достаточно грубая точность автоматических измерений на снимках (превышающая в 100 раз размер пикселя) и GPS-данных (10 м по x, y, z). Согласно этим показателям параметрам измерений присваивается вес при уравнивании проекта. Таким образом, на начальном этапе обработки устанавливается высокая степень недоверия результатам измерений.

Алгоритм извлечения связующих точек несколько отличает-

ся от стандартного алгоритма, когда эти точки извлекаются на высоких уровнях пирамиды изображений и уточняются по мере приближения к исходному разрешению снимков. Процесс последовательного уточнения заменяется избыточностью измерений для конкретной области проекта за счет использования всех доступных комбинаций стереопар для данной области проекта. Кроме того, размер матрицы поиска не ограничен. Разумеется, это приводит к увеличению времени вычислений. Основными параметрами уточнения элементов внешнего ориентирования являются:

- уровень пирамиды изображений;

- ограничение области поиска (задается в средних базисах фотографирования) для сокращения количества снимков, на которых ведется поиск соответственных точек;

- значение допуска поперечного параллакса для исключения ошибочных отождествлений.

После анализа полученного решения (в том числе интерактивного измерения недостающих связующих точек с помощью инструмента Multi Photo Measurement Tool, например в областях с низкой текстурой изображения) выполняется уравнивание. При этом используется алгоритм поиска выбросов, точность измерений на снимках принимается в 2 раза больше одного пикселя, а точность GPS-данных остается прежней (10 м по  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ).

Далее выполняются измерения на всех опорных точках с помощью инструмента Multi Photo Measurement Tool (возможен автоматический, полуавтоматический и интерактивный режимы измерения связующих и опорных точек).

При наличии достаточного количества и грамотном расположении опорных точек на следующем этапе выполняется ка-

либровка камеры в модуле inBlock. Задается точность измерений согласно следующим рекомендациям: точность измерений на снимках равна размеру пикселя; точность данных GPS — 10 м по  $x$ ,  $y$  и  $z$ ; точность опорных точек по  $x$  и  $y$  составляет  $1/8$  GSD (ground sample distance — размер пикселя на местности); точность опорных точек по  $z$  —  $3/8$  GSD. Начиная с версии Inpho 5.5, модуль inBlock разделен на два режима: для калибровки и для строгого уравнивания.

В результате получаем уравненный блок с новой калиброванной камерой (все координаты точек пересчитаны согласно полученному значению главной точки). При этом в некоторых случаях, когда приближенные параметры камеры существенно отличаются от реальных, измерения большого количества связующих точек могут быть ошибочными. В таких случаях рекомендуется после получения более точных параметров камеры удалить все имеющиеся связующие точки и запустить их повторное измерение. Конечно, если БПЛА был оснащен точным бортовым оборудованием, проводились измерения углов ориентации с помощью инерциальной системы и выполнена калибровка камеры, можно использовать стандартную обработку проекта в Inpho.

Следующий этап, на котором потребовались усовершенствования алгоритмов обработки данных традиционной аэро съемки, — это автоматическое извлечение цифровых моделей рельефа (ЦМР). Для начала напомним, что, начиная с версии 5.5, в ПК Inpho реализован новый алгоритм извлечения плотных «облаков точек» (с плотностью вплоть до точки на пиксель) — Cost-Based Matching (CBM). Концептуально, это реализация алгоритма попиксельного отождествления (Semi-Global Matching), несколько мо-

дифицированного разработчиками программы, например, в CBM отсутствует шаг предварительного выравнивания яркости пикселей изображений. Рассмотрим работу алгоритма CBM на примере стереопары двух снимков: первоначально по известным элементам внешнего ориентирования выполняется расчет базисных (эпилярных) линий, т. е. линий, где поперечные параллаксы точек отсутствуют. Далее снимки трансформируются таким образом, чтобы базисные линии располагались параллельно оси  $x$ , это ограничивает поиск соответственных точек с двух направлений до одного. Далее некоторому пикселю с левого изображения ищется парный пиксель среди некоторого множества  $n$  пикселей соответственной базисной линии на правом. При этом для всех пар пикселей вычисляется некоторая корреляционная функция, так называемая «стоимость». В результате имеем множество значений «стоимостей» в виде куба диспаратета (неравенства «стоимостей»), основание которого соответствует размеру матрицы изображения, а высота —  $n$ . Минимальное значение «стоимости» соответствует максимальной корреляции. Вычислив для каждого пикселя основания это минимальное значение, получаем карту глубины (каждый пиксель отображает расстояние от точки фотографирования до объекта), которая затем пересчитывается в «облако точек», отображающее реальную поверхность. Подобные вычисления выполняются по нескольким направлениям, таким образом статистические методы обработки позволяют исключить возможные выбросы в результирующем «облаке точек».

Для обработки данных БПЛА появилась специальная настройка оптимизации этого автоматического алгоритма — UAS. Использование оптимизации увеличивает число участвующих

моделей (стереопар) с 1 до 6. То есть при создании «облака точек» будут использованы несколько моделей для измерения одной точки (рис. 1). Логично, что при этом будет создано больше точек, но потребуются значительно больше времени для обработки. Кроме того, при использовании такого типа оптимизации MATCH-T DSM увеличивает минимальный угол заделки до 9°, т. е. при создании «облака точек» не используются пары с коротким базисом, которые снижают результирующую точность по высоте.

Остальные модули работают как обычно. Далее можно в интерактивном или автоматическом режиме выполнить редактирование, классификацию, фильтрацию полученного «облака точек» в модуле DTMaster и с помощью инструмента DTMToolkit. А затем, используя полученную ЦМР или цифровую модель местности (ЦММ), построить ортофото (истинное орто) и мозаику (истинную мозаику) с помощью модулей OrthoMaster и OrthoVista.

Стоит отметить, что все упомянутые модули ПК Inpho запускаются с помощью пакетного задания — batch-файла (инструмент DTMToolkit может быть использован через командную строку, начиная с версии 5.6.0). Таким образом Inpho предлагает пользователям возможность создания однокнопочного решения типа «черный ящик».

Конечно, применение такого подхода не гарантирует, что программа позволит в полностью автоматическом режиме (нажатием одной кнопки) получить результаты, удовлетворяющие точности топографических планов. Разработчики по-прежнему советуют тщательно подходить ко всему процессу получения конечной продукции, начиная с создания проекта аэро съемки. Например, распределение опорных точек должно быть аналогичным традиционной

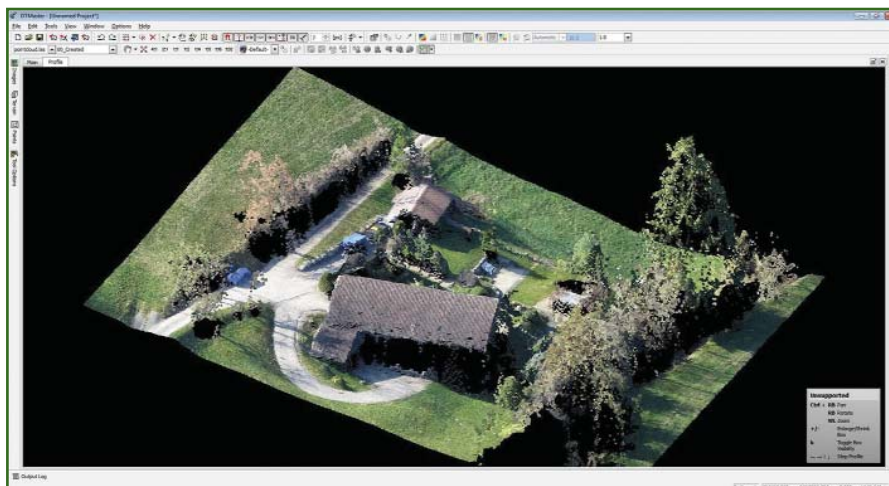


Рис. 1

Пример автоматически полученного «облака точек» по результатам аэро съемки с БПЛА

аэро съемке. Здесь также нужно учесть некоторые специфические требования, если необходимо получить качественный результат. Например, продольное перекрытие снимков должно составлять порядка 80–90%, чтобы в покрытии не было «дыр» в результате «болтанки» самолета в воздухе. Далее в работу включается оператор, который должен правильно определить проект, выбрать характеристики точности всех параметров, участвующих в уравнивании, принять решение о качестве уравненного блока/модели высот, отредактировать выбросы вручную. Но у такого подхо-

да, когда оператор контролирует каждый этап обработки, есть и противники, поскольку в этом случае, при относительно низкой стоимости аэро съемки, камеральная обработка требует дорогостоящего ПО и специальных знаний.

▼ Программа UASMaster

Учитывая специфику проектов и требования некоторых клиентов по обработке данных с БПЛА, не использующих все функциональные возможности модулей Inpho, компанией Trimble было принято решение о создании отдельной программы. В конце 2013 г. компания анон-

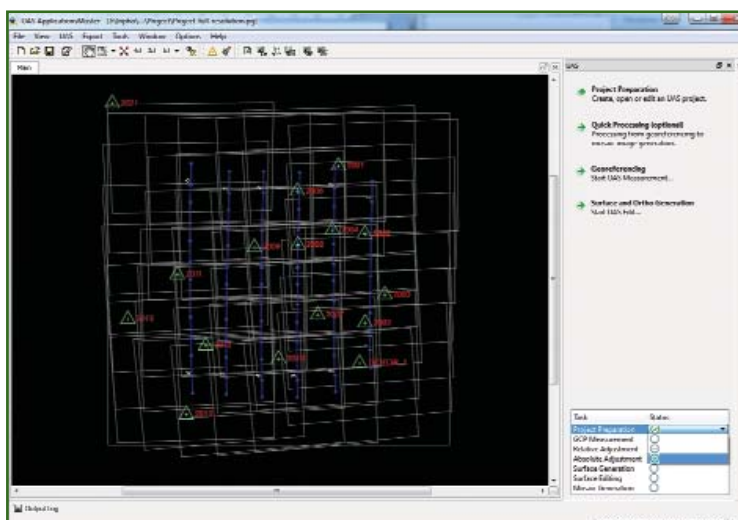


Рис. 2

Интерфейс программы UASMaster

сировала выход новой и самодостаточной программы для обработки данных с БПЛА UASMaster (рис. 2). Программа является своего рода мостиком между обработкой в режиме «черного ящика» и обработкой в интерактивном режиме.

Интерфейс программы UASMaster — иконки функций, названия инструментов и т. п. остались без изменений по сравнению с модулями Inrho и хорошо знакомы специалистам, работающим в этом программном комплексе. Но все окна программы, что весьма ценно для новых пользователей, дополнены новой вкладкой UAS, которая является своего рода инструкцией, определяющей последовательность использования инструментов. Дополнительно, для самоконтроля, появилось окно заполнения статусов.

Как было сказано выше, при создании программы использовался опыт разработки ПК Inrho. Фактически это тот же программный комплекс, но с ограниченными возможностями. Введены следующие ограничения: максимальный проект из 6000 снимков, камера с разрешением не более 40 Мпикселей, создание на весь проект единого «облака точек» и единой мозаики.

Внутри программа остается модульной. В окне UAS Applications Master (аналог Applications Master) выполняется создание проекта, задаются опции конвертирования проекта и снимков, происходит загрузка всей исходной информации и формирование проекта. В программе сохранен подход Inrho для инструментов импорта данных в проект, т. е. могут быть загружены практически любые данные (как с БПЛА самолетного типа, так и вертолетного). Нужно отметить, что разработчики тестировали программу перед ее релизом на различных данных, предоставлен-

ных партнерами компании Trimble, в том числе аэросъемке с воздушного шара, а также по результатам съемки территории различными камерами (обработка велась в среде единого проекта). UAS Applications Master также является ядром программы для запуска последующих этапов обработки.

Фототриангуляция выполняется в окне UAS Measurement (аналог Photo Measurement Tool). Здесь произошли максимальные изменения. В последнее время области компьютерного зрения и фотограмметрии идут рука об руку, и в результате в фотограмметрических программах появляются новые алгоритмы отождествления изображений, автоматического распознавания объектов и т. д. Разработчики ПК Inrho также следят за последними тенденциями и инновациями, и таким образом в UASMaster был реализован алгоритм автоматического извлечения связующих точек по всей области перекрытия (а не только в зонах Ван Грuberа) с помощью оператора SIFT. Это позволяет получать высококачественный результат взаимного ориентирования блока при минимальном вмешательстве оператора. Добавлены различные стратегии, в зависимости от полноты и качества исходной информации (учитывается разрешение снимков, точность и наличие информации от бортовых систем). Связующие точки можно извлекать следующим образом:

— на исходном разрешении снимков с помощью инструмента Full Resolution (рекомендуется применять при размере пикселя более 4 мкм);

— на загубленном в 2 раза разрешении — Half Resolution (при небольших размерах пикселя);

— на низком разрешении — Low Resolution (для грубого уточнения элементов внешнего ориентирования).

Кроме того, угловые элементы внешнего ориентирования можно уточнить для блоков с неизвестными или очень грубыми элементами внешнего ориентирования с помощью инструмента Half Resolution Approx 2D.

Чем аргументированы предлагаемые варианты извлечения точек на разных уровнях пирамиды? Например, для аэросъемки с высоты 70 м с помощью БПЛА Trimble UX5 со встроенной камерой Sony NEX-5R (разрешение 16,1 Мпиксель) размер пикселя на местности составит 2 см. Для камер с меньшим разрешением размер пикселя на местности будет больше. Учитывая качество изображений, не стоит ожидать пространственную точность объектов местности <2 см, хотя теоретически обработка на исходном разрешении (Full Resolution) должна давать точность меньше пикселя. Поэтому для камер с небольшим разрешением рекомендуется выполнять обработку с загубленным в 2 раза разрешением с помощью инструмента Half Resolution. В этом случае обработка будет выполнена гораздо быстрее, а результирующая точность — сопоставима с результатом обработки на исходном разрешении.

После измерения опорных точек доступно уравнивание с параллельной калибровкой камеры. При этом в зависимости от полноты исходной информации (какие параметры камеры были известны) можно выбрать соответствующую стратегию обработки. Калибровка камеры с помощью метода первого приближения — First Approximation используется при отсутствии информации о дисторсии камеры. Уравнивание с калибровкой позволяет получить первую модель дисторсии камеры, и, следовательно, уточнить проекции опорных точек (проще измерить). Экстенсивная калибровка — Extensive должна быть выполнена для всех камер, независимо от

ее качества. Для этой калибровки требуется предварительная модель дисторсии для ее уточнения. Будет выполнено пять последовательных калибровок. Уточнение с помощью инструмента Refine следует использовать, если после калибровки в режиме Extensive были измерены дополнительные опорные точки. Новые опорные точки могут оказывать влияние на модель камеры и, следовательно, должны быть учтены в калибровке.

Опционально можно выполнять уравнивание блока одним из трех методов: Default, Weak и Weak Approx.2D. Все три варианта уравнивания являются необязательными. Они необходимы только при повторном измерении точек, после проверки измерений или для изменения параметров уравнивания. Метод Default следует использовать только в случае, если камера откалибрована, и измерены новые или повторно измерены некоторые связующие или опорные точки. Метод Weak применяется, если камера не откалибрована или конфигурация блока неустойчива, например для предварительного поиска ошибочных измерений опорных точек. Метод Weak Approx.2D может использоваться для снимков, для которых не выполнялось автоматическое определение связующих точек, и которые должны быть подключены к остальной части блока после выполнения ручных измерений.

По сути, встроенные алгоритмы являются гарантом получения надежных результатов даже оператором без знания фотограмметрии и какого-либо опыта в обработке данных. Тем не менее, оставлены возможности интерактивного измерения связи для особо проблематичных областей («смаз» какой-либо области проекта, большие области с однородной текстурой и т. п.). Ручное редактирование или создание новых измерений возможно в моно и стерео режимах; так

же доступны режимы интерактивного, автоматического и полуавтоматического измерений. Инструменты анализа данных с помощью таких графических инструментов, как эллипсы ошибок, остаточные невязки и т. п., доступны в полном объеме. Окно информации о статистической оценке также осталось без изменений. Таким образом пользователям доступен полный набор инструментов ПК Inpho для экспертизы и редактирования уравниваемого блока (рис. 3). Кроме того, реализована новая интересная функция: в окне наглядного монтажа инструмента UAS Measurement можно выделить несколько снимков, и при запуске какого-либо этапа обработки все вычисления будут выполнены только для этих снимков.

Нужно отдать должное разработчикам программы. Даже при наличии в проекте «смазанных» снимков, грубых значений координат центров фотографирования, неполных сведений о камере, небольшой матрице фотоаппарата и неоптимальном распределении опорных точек по площади проекта ожидаемая точность может составить до 0,7 пикселя.

После уравнивания блока можно переходить к этапу создания конечной продукции фотограмметрической обработки: ЦМР, ЦММ и ортомозаик в окне

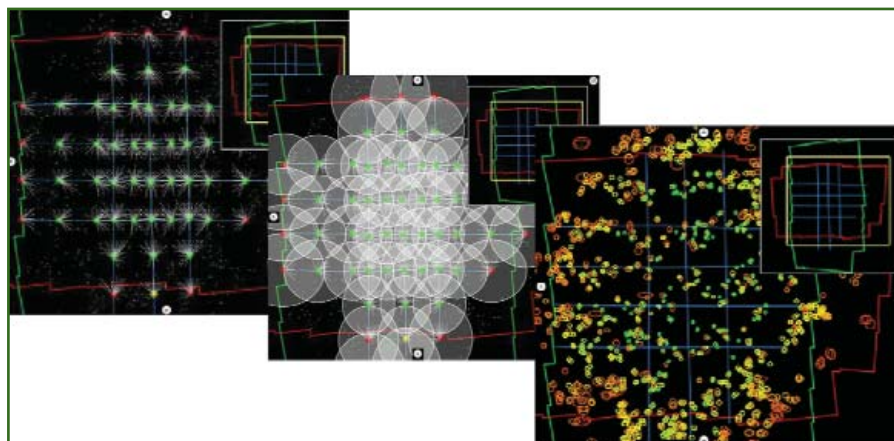
UAS Edit. Создание моделей высот выполняется по пирамидам изображений, с последовательным уточнением и увеличением степени детализации. При создании ЦМР используются два основных алгоритма отождествления: наименьших квадратов (LSM — least squares matching) и объектно-ориентированный (FBM — feature based matching). При создании ЦМР с различным шагом сетки возможно использование следующих инструментов:

- Detailed — детальная сетка с шагом 27xGSD по уровню 0;
- Smooth — гладкая сетка с шагом 30xGSD по уровню 1;
- Smoother — более гладкая сетка с шагом 30xGSD по уровню 2.

При создании ЦММ используется метод Cost-Based Matching. Возможно автоматическое извлечение цветного облака точек, по которому потом рассчитывается модель высот, с плотностью до точки на пиксель. При этом скорость обработки составляет порядка 3 секунд на снимок, а результирующая точность по высоте — 1–2 пикселя.

Для ЦММ доступны следующие инструменты, позволяющие настроить требуемую результирующую плотность:

- Dense — плотная сетка с шагом три GSD по уровню 0;
- Medium — средняя сетка с шагом три GSD по уровню 1;



**Рис. 3**

Оценка качества уравнивания с помощью различных графических инструментов

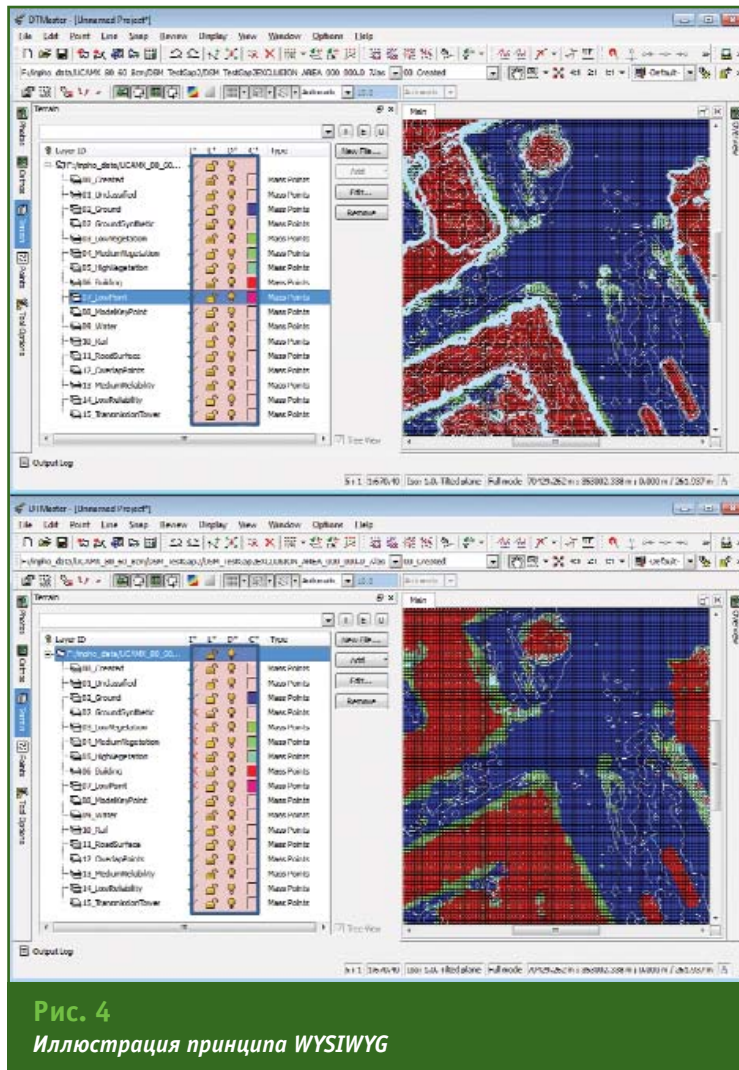


Рис. 4  
Иллюстрация принципа WYSIWYG

— Sparse — редкая сетка с шагом три GSD по уровню 2.

В этих инструментах используются уже протестированные в классическом ПК Inpho и доказавшие свою эффективность и надежность алгоритмы интерполяции, фильтрации шумов и выбросов. Кроме того, остались возможности редактирования и оцифровки структурных линий, объектов и т. п. в 3D.

После создания ЦМР формируется ортофотомозаика с автоматическим выравниванием по цветам и возможностью отслеживания и заполнения невидимых областей (для создания истинных ортомозаик). При этом используются многократно протестированные алгоритмы автоматического построения линий шивки на основе объектно-ориентированного подхода. Для

создания выровненной по цвету и интенсивности мозаики радиометрическая коррекция выполняется в автоматическом режиме как для отдельного снимка (удаление бликов, эффектов виньетирования), так и для группы снимков. Скорость обработки составляет порядка 4 секунд на снимок. Реализован очень удобный подход к использованию имеющейся в проекте высотной информации: WYSIWYG (What You See Is What You Get). То есть можно включать/отключать часть информации в ЦМР и оценивать, как это повлияет на конечный результат обработки (рис. 4).

Стоит отметить, что в окне UAS Edit существует функция определения области обработки с помощью полигона произвольной формы.

В программе есть возможность использовать одну из двух стратегий режима Quick Processing («черного ящика»): Full Resolution или Preview. В результате получается уравненный блок, матрица высот и ортомозаика на весь проект. Если проект имеет достаточно полные исходные данные, можно запустить алгоритм Full Resolution. Для получения более грубого и общего решения используется алгоритм Preview.

Безусловно, при наличии соответствующих лицензий, проект можно экспортировать в стандартную среду ПК Inpho для выполнения более сложных операций, на которые в новой программе UASMaster существуют ограничения, например для деления на тайлы цифровых моделей рельефа в DTMToolkit или ортомозаик в OrthoVista, преобразования форматов моделей высот и т. п.

Подводя итог, хочется еще раз отметить, что программа UASMaster — это отчасти абсолютно новое ПО, нацеленное на решение специфических задач по обработке данных с БПЛА, но в то же время в нем используются все лучшее, проверенное опытом, из существующих решений в ПК Inpho по обработке данных аэрофотосъемки в целом. Несмотря на кажущуюся сложность программы и множество функций, выполнять обработку может практически любой пользователь, даже не имеющий специального фотограмметрического образования.

#### RESUME

Capabilities on processing the data from unmanned aerial vehicles (UAVs) are introduced for the both full-featured photogrammetric system Inpho and new UASMaster issued at the end of 2013. The UASMaster software inherited the best, proven experience of the existing solutions of the Inpho package to process aerial photosurveying data. However the software has some limitations.

# «СКОРОСТЬ, С КОТОРОЙ ПОЯВЛЯЮТСЯ НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕГО МИРА, ПРОСТО ОШЕЛОМЛЯЕТ...»\*

Со 2 по 5 июня в Лас-Вегасе (США) проходила IV ежегодная международная конференция пользователей HxGN LIVE 2014. Более 4 тысяч пользователей технологий геопространственных измерений, экспертов и специалистов из 80 стран представили на ней все технологические направления концерна Hexagon AB для сбора, обработки и визуализации геопространственных данных. В состав концерна Hexagon входят такие бренды, как Leica Geosystems, Intergraph, Z/I Imaging, Hexagon Geospatial (ERDAS Inc.) и Hexagon Metrology.

Открыли конференцию глава концерна Hexagon Ола Роллен и президент Leica Geosystems Юрген Дольд.

О. Роллен рассказал о взаимосвязи стремительно меняющегося мира с изменениями бизнеса: «Скорость, с которой появляются новые технологии для измерения окружающего мира, просто ошеломляет. И для многих компаний встает вопрос о реакции на эти новые вызовы: совершенствовать ли старые решения или создавать совершенно новые? И в то время как первый выбор «подтягивает» к сегодняшним реалиям прошлое, совершенствуя его, делая быстрее и дешевле, второй выбор — создает будущее, изобретает новую реальность». Концерн Hexagon идет по второму пути — создания будущего, подчеркнул О. Роллен и объяснил, как технологии, разрабатываемые кон-

церном, превращают простые измерительные данные в реальную экономическую выгоду для промышленных предприятий и государственных структур.

Ю. Дольд в своем выступлении раскрыл в подробностях тему экономической и общественной значимости геопространственных технологий. В частности, он говорил о возможностях последних разработок корпорации: системы Leica Nova, в которой интегрированы технологии оптико-электронных измерений и 3D лазерного сканирования, нового решения Leica Unlimited, способного принимать сигналы любых ГНСС, а также о преимуществах системы мобильного сканирования Leica Mobile и инновационного комплекса Aibotix, созданного на основе уникального 6-винтового беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Все эти решения, в совокупности с программами для обработки и визуализации данных, интегрируются между со-



Президент Leica Geosystems Ю. Дольд



Президент концерна Hexagon О. Роллен

бой и образуют своего рода широкий и прочный мост между реальным и цифровым миром. И точно так же, как настоящий мост — неотъемлемая часть инфраструктуры, которая экономит средства, совершенствует логистику, ускоряет и обслуживает транспортные потоки намного эффективнее, чем паромная переправа, интегрированные технологии Leica Geosystems приносят ощутимую экономическую выгоду промышленным предприятиям.

Выступления руководителей концерна задали тон всему мероприятию: в течение трех дней участники — пользователи технологий и эксперты — представляли доклады о проектах, реализованных с помощью интегрированных технологических решений Hexagon, знакомились с новыми разработками и достижениями в отрасли. Так, например, гостям конференции было представлено программное обеспечение (ПО) компании MicroSurvey, которая также вхо-

\* Статья подготовлена пресс-службой компании НАВГЕОКОМ.





БПЛА Aibot X6

дит в группу Hexagon. Это ПО позволяет быстро загружать и обрабатывать данные съемки со всего оборудования Leica Geosystems, включая сканеры и Leica Nova.



Новый мобильный сканер Leica Pegasus:Two

Также на выставке была продемонстрирована новая версия мобильного сканера Leica Pegasus:Two. Главной особенностью решения является возможность работы с наземным сканером Leica ScanStation P20. Кроме того, участники смогли оценить преимущества компактной версии мобильного сканера, смонтированного на тележке,



Мобильный сканер, смонтированный на тележке

что позволяет проводить съемку в местах, где проезд на автомобиле затруднен.

Одна из важных особенностей конференции HxGN LIVE — возможность неформального общения между ведущими специалистами из разных стран. Здесь выходят на первый план такие важные темы, как обмен опытом и налаживание деловых связей — по итогам конференции зачастую подписываются крупные контракты между компаниями, представители которых познакомились на HxGN LIVE. Желающие также имели возможность пройти тренинги и курсы по работе с оборудованием и программным обеспечением, представленным концерном Hexagon. Каждый участник, безусловно, мог извлечь для себя максимальную пользу от посещения конференции, сформировать собственную программу участия.

Крупнейшая секция в блоке Geosystems — HDS или «Лазерное сканирование» является основателем всей конференции. Департамент лазерного сканирования проводил ежегодную конференцию пользователей, начиная с 2005 г.

«Узнав, что далеко не все клиенты получают максимальную отдачу от оборудования и программного обеспечения для лазерного сканирования, — рассказывает Джефф Якобс, старший вице-президент по стратегическому маркетингу компании Leica Geosystems, — мы решили пригласить всех пользователей в одно место, чтобы они могли поучиться друг у друга, сравнить, что и как у них работает, а что — нет и почему, и таким образом получить максимальную отдачу от своих инвестиций. Этим мероприятием стала Всемирная конференция пользователей технологий 3D лазерного сканирования Leica Geosystems. Мы получили положительные отзывы, участники остались очень довольны и извлекли много пользы из мероприятия. Поэто-

му в следующем году мы провели конференцию с тем же акцентом: помочь нашим клиентам стать еще более успешными».

После приобретения концерном Hexagon компании Intergraph в 2010 г., было принято решение проводить ежегодную глобальную конференцию, охватывающую все интегрированные производственные линии концерна.

Расширенный в 2014 г. блок Geosystems состоял из четырех основных направлений:

- лазерное сканирование (HDS) — одно из важнейших направлений конференции (50 докладов);

- геопространственные решения: воздушное и мобильное сканирование, цифровые решения визуализации, 3D визуализация от Leica Geosystems и Z/I Imaging;

- геодезия, инфраструктура и строительство (основной акцент был сделан на усовершенствовании рабочего процесса в традиционной съемке, мониторинге и измерениях);

- автоматизированное управление дорожно-строительной техникой, решения для горнодобывающей промышленности.

Также на HxGN LIVE были представлены доклады, посвященные новым приложениям, например, для сканирования внутренних интерьеров зданий для BIM или сканирования крыш административных зданий и получения точной исполнительной документации при проектировании систем солнечных батарей. Была рассмотрена передовая практика рабочих процессов геодезиста — как на полевом, так и на камеральном этапах — чтобы помочь пользователям оптимизировать трудозатраты в будущем. В центре внимания участников конференции были также основные тенденции технологических разработок, технологии, которые могут появиться в ближайшем будущем: пути их развития и адаптации к производству.

В этом году, как и в прошлом, конференцию посетили участники из России, приглашенные компанией НАВГЕОКОМ. Один из них, А.А. Решетов, начальник отдела инженерно-геодезических изысканий ООО «Ростовгипрошахт» (Ростов-на-Дону), так оценил мероприятие: «На форуме столь грандиозного уровня я присутствовал впервые, за что спасибо компании НАВГЕОКОМ и генеральному директору ООО «Ростовгипрошахт» В.П. Гурину. Компания Leica Geosystems, как обычно, приятно удивила и в очередной раз доказала, что скучать в этом мире нельзя, а горизонты будущего только открываются. Все новинки и перспективы их развития были представлены на выставке в полном объеме (БПЛА, сканеры, роботизированное геодезическое оборудование, ПО). А возможность провести время в общении с профессионалами высочайшего уровня и фанатами своего дела со всего мира — это новые перспективы, идеи и, как результат — личные и производственные достижения. Все было организовано на высшем уровне, конференция оставила неизгладимый и яркий след в моей душе».

Своими впечатлениями поделился М.В. Плетнев, доцент кафедры САПР объектов строительства Строительного института УрФУ (Екатеринбург): «Потрясен масштабом мероприятия и при-



М.В. Плетнев на выставке

ятно удивлен высоким уровнем и инновационностью технологий, представленных как для уже свершившихся проектов, так и для грядущих разработок. Конференция дала направление и технологическую основу для продолжения научных исследований в области деформационного мониторинга уникальных зданий и сооружений, а также множество контактов для обмена опытом в России и за рубежом».

Также на конференции прозвучал доклад из России. Его подготовил Е.С. Бойко, директор по картографии и дистанционному зондированию ЗАО «СевКавТИСИЗ» (Краснодар), на тему «Мониторинг строительства трассы гоночной серии «Формула-1» в Сочи. Использование технологий наземного, воздушного и мобильного лазерного сканирования Leica Geosystems. Опыт и перспективы ЗАО «СевКавТИСИЗ». Строители, в рамках проекта по мониторингу трассы «Формулы-1», предложили сделать тестовую съемку трассы с помощью нового мобильного сканирующего комплекса Leica Pegasus:One, представленного российским пользователям компанией НАВГЕОКОМ. Полученные данные были сопоставлены с результатами наземного и воздушного сканирования. «Облака точек», полученные с помощью трех принципиально отличных методов, удалось совместить в единую систему с погрешностями, находящимися в рамках погрешностей наименее точного из трех — воздушного сканирования. Причем, опыт работы показал, что для формирования наиболее достоверной и комплексной модели данных использование одного из методов недостаточно. Воздушное и мобильное сканирование удачно перекрывают теневые зоны друг друга, а наземное сканирование используется при необходимости высокой (до 1 см) точности измерений для отдельных элементов проекта. (Подробная информация об этом проекте будет опу-



А.А. Решетов (в центре) знакомится с новым программным обеспечением



Доклад ЗАО «СевКавТИСИЗ»

ликована в следующем номере журнала «Геопрофи» — Прим. ред.).

Конференция HxGN LIVE 2014 уверенно повторила успех предыдущего года, в очередной раз предоставив участникам возможность для обмена опытом и мнениями, объединив как истинных подвижников профессии, экспертов высочайшего класса, так и начинающих специалистов, инженеров и бизнесменов. У кого не было возможности лично присутствовать на конференции, могли с помощью компьютера или мобильного устройства в течение четырех дней в прямом эфире на HxGN LIVE TV смотреть ключевые доклады и самые интересные моменты.

Специалисты компании НАВГЕОКОМ особо хотят отметить, что в 2015 г. конференция HxGN LIVE пройдет не только в начале лета в Лас-Вегасе, но и будет также впервые организована на азиатском континенте — в Гонконге, с 18 по 20 ноября. Несомненно, опыт участия в подобном мероприятии будет полезен для представителей российских компаний.

## ИЗДАНИЯ

▼ **Кадничанский С.А. Англо-русский словарь терминов по фотограмметрии и фототопографии. Русско-английский словарь терминов по фотограмметрии и фототопографии. — М: ООО Издательство «Прспект», 2014. — 288 с.**



Словарь продолжает серию книг под рубрикой Библиотека научно-технического журнала по геодезии, картографии и навигации «Геопрофи», издаваемых редакцией журнала благодаря спонсорской поддержке российских и зарубежных компаний. Спонсорами издания Сло-

варя выступили компании: «Иннотер», «Ракурс», «ЭСТИ-МАП», «Совзонд», НПК «Йена Инструмент», «Сигма Метрикс» и VisionMap (Израиль). Мы благодарим автора и спонсоров за доверие редакции журнала «Геопрофи», за совместную творческую работу при подготовке словаря, а также помощь в его издании.

Составитель словаря Сергей Алексеевич Кадничанский в предисловии к изданию отмечает, что предпосылкой его создания послужили революционные изменения как в фототопографии, так и в смежных областях. Так, «фотография и фотограмметрия стали цифровыми, в повседневную практику вошли спутниковые методы определения местоположения, результаты космической съемки, воздушного и наземного лазерного сканирования существенно дополнили арсенал средств и методов сбора пространственной информации. Появились совершенно новые термины, значения ряда терминов претерпели изменение».

В книге представлены более 2500 терминов в области фотограмметрии, аэрофотогеодезии, дистанционного зондирования и фотограмметрии, а также смеж-

ных дисциплин, таких как топография, геодезия, спутниковые методы геодезии, картография, оптика, цифровая обработка изображений. Можно с уверенностью сказать, что область применения словаря намного шире фотограмметрии и фототопографии, указанной автором в названии словаря.

Многие термины сопровождаются комментариями, позволяющими более точно понять их смысл и правильно использовать. Для русскоязычных терминов, установленных стандартами и нормативными документами, имеются ссылки на соответствующие документы. Комментариями также снабжены термины, принятые Международным обществом фотограмметрии и дистанционного зондирования (ISPRS), а также не рекомендованные им к употреблению.

Существенным дополнением является словарь английских аббревиатур, часто употребляемых в соответствующей литературе.

Словарь можно приобрести в редакции журнала. Стоимость и условия приобретения размещены на сайте [www.geoprofi.ru](http://www.geoprofi.ru) в разделе «Новости».

**Редакция журнала  
«Геопрофи»**

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### ▼ Новая версия Inpho 5.7.1

Inpho — это полнофункциональная фотограмметрическая система для решения всех стандартных задач в цифровом фотограмметрическом проекте, включая создание ЦМР, ортотрансформирование и построение трехмерных моделей.

Версия 5.7.1 включает усовершенствованные опции интерфейса, расширенные возмож-

ности импорта данных, а также исправления некоторых системных ошибок предыдущей версии программы. В частности, в новой версии реализована поддержка:

— 16-ядерного процессора на каждую лицензию;

— проектов в формате SMTXML в модуле Summit Evolution;

— одновременного импорта нескольких снимков с КА

QuickBird и WorldView за один шаг;

— формата данных LAS 1.4 во всех модулях INPHO;

— формата JPEG в инструменте радиометрической коррекции.

Все пользователи Inpho, у которых действует техническая поддержка, могут обновить программу, скачав и установив дистрибутив версии 5.7.1.

С более подробной информацией можно ознакомиться на сайте компании «Совзонд» ([www.sovzond.ru](http://www.sovzond.ru)).

**По информации компании «Совзонд»**

▼ **Pandroid Mini — открытая программа для просмотра цифровых карт**

Программа Pandroid Mini предназначена для просмотра карт формата ГИС «Карта 2011» и ГИС «Оператор» на мобильных устройствах. Геоинформационная система обеспечивает отображение векторной карты, выбор масштаба отображения, выдачу информации о выбранном объекте, отображение координат выбранной точки на карте в разных системах координат, сохранение сеанса работы, запись трассы движения, навигацию. Интерфейс пользователя реализует привычные для сенсорных устройств действия.

Программа устанавливается на мобильное устройство с про-

цессором типа ARMv7a с ОС Android 4.0 и выше. Корректность функционирования приложения была проверена на смартфоне Samsung Galaxy S4 и планшете Samsung Tab Pro 10.1 с разрешением дисплея 2560x1600.

**По информации КБ «Панорама»**

▼ **GIS WebToolKit SE для разработки геоинформационных web-приложений**

Инструментарий GIS WebToolKit предназначен для разработки web-сайтов с доступом к пространственным данным, выполнения специальных расчетов и отображения цифровой информации о местности. Он позволяет разработчикам web-приложений отображать на сайте карты, снимки, цифровые модели местности. Упрощает выполнение запросов по обмену пространственными данными по стандартам OGC (WMTS, WMS, WFS) и обеспечивает дополни-

тельные запросы для выполнения специальных расчетов.

GIS WebToolKit SE представляет собой библиотеку на языке JavaScript и не зависит от платформы использования. Может применяться в открытых системах на основе Linux в ВС РФ, а также в других ведомствах и органах исполнительной власти различных уровней.

**По информации КБ «Панорама»**

▼ **Новая версия программы CREDO ТРАНСФОРМ**

В июле 2014 г. компания «Кредо-Диалог» выпускает версию 4.0 программы CREDO ТРАНСФОРМ. Изменения в программе обусловлены, в первую очередь, постоянным ростом использования информации web-сервисов и космических съемок, а также необходимостью трансформации этих данных в пользовательские системы координат.

К списку поддерживаемых исходных данных добавлены

# ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

[www.gisinfo.ru](http://www.gisinfo.ru)



## КБ ПАНОРАМА

**ГИС Сервер**

**GIS WebServer**

**Панорама АГРО**

**Земля и Недвижимость**

**GIS ToolKit**

**ГИС Карта 2011**

**3D-моделирование**

**АРМ Кадастрового инженера**

Официальный разработчик  
ГИС «Карта 2011», GIS ToolKit,  
GIS WebServer,  
«Земля и Недвижимость»  
Свидетельство Роспатента:  
2010615871, 990438,  
2007614529, 2007614531  
© Copyright Panorama Group 1991-2013

**ЗАО КБ «Панорама»**  
Россия, 119017, г. Москва,  
Б.Толмачевский пер.,  
дом 5, офис 1004  
Тел.: (495) 739-0245, 725-1991  
Тел./факс: (495) 739-0244  
E-mail: [panorama@gisinfo.ru](mailto:panorama@gisinfo.ru)  
[www.gisinfo.ru](http://www.gisinfo.ru)

форматы растровых изображений: ECW (Enhanced Compression Wavelet), RSW (внутренний формат ГИС «Карта»), PNG, CRF (создается в системах CREDO III), JPEG. Кроме того, улучшена работа с файлами геопространственной привязки — GeoTiff, RSW, CRF.

Реализована загрузка космических снимков с сервисов ИТЦ «СКАНЭКС», которые могут быть использованы для коммерческих целей, а также бесплатных данных Google Maps. Стали дос-

тупны для просмотра космические снимки, карты, данные о рельефе и гибридная информация.

Возможна полноценная поддержка систем координат (проекции Transverse Mercator, Mercator, Pseudo-Mercator, Lambert, LongLat) и импорта данных систем координат из базы данных EPSG и из файлов описания систем координат CREDO формата XML. Предусмотрена трансформация растровых изображений из одной системы

координат в другую по формулам преобразования координат.

В новой версии появилась возможность преобразовывать исходный космический снимок в ортогональную проекцию и устранять искажения, вызванные рельефом, условиями съемки и типом камеры.

Программа переведена на платформу CREDO\_DAT 4, вследствие чего стало удобнее работать в графическом окне.

**По информации  
компании «Кредо-Диалог»**

## ДАННЫЕ

### ▼ Предложения ГИА «Инно-тер»

ГИА «Иннотер», являясь официальным дистрибьютором ведущих мировых операторов спутниковых данных в России и странах СНГ, предлагает архивные и новые материалы космической съемки на любую территорию Земного шара. Летний съёмочный сезон 2014 г. ознаменовался расширением спектра услуг в области космической съемки и существенным снижением стоимости космических снимков.

Соглашение с компанией DigitalGlobe (США) позволяет предоставлять архивные и оперативные материалы с КА WorldView-2, WorldView-1, GeoEye-1, QuickBird и Ikonos, обеспечивающих разрешение 0,5-1 м. А снятие ограничений на продажу космических снимков с разрешением до 25 см Министерством торговли США позволит компании DigitalGlobe поставлять снимки, имеющие наивысшее на данный момент разрешение.

Кроме того, компания DigitalGlobe представила новый сервис на базе «облачных» вычислений My DigitalGlobe. «Облачные» сервисы DigitalGlobe

открывают доступ в режиме реального времени к космическим снимкам посредством геопорталов, сетей Интранет и мобильных устройств. Более подробная информация о сервисах Global Basemap и FirstLook на русском языке доступна на сайте [www.digitalglobe.com](http://www.digitalglobe.com).

ГИА «Иннотер» имеет соглашение с Airbus Defence and Space, в соответствии с которым распространяет по территории России данные с КА Pleiades, Deimos-1, TerraSAR-X, а также производную продукцию в виде цифровых моделей рельефа.

КА Pleiades 1A и Pleiades 1B обладают сверхвысоким пространственным разрешением (0,5 м в панхроматическом и 2,0 м в мультиспектральном режимах), высокой производительностью за счет широкой полосы съемки (20 км) и маневренностью (возможно получение не только стереопар с одного витка, но и триплетов).

Стремительно развивается съемка с новых КА TH-1a и TH-1b компании BSEI (Китай), с которой ГИА «Иннотер» также имеет соглашение на распространение материалов ДЗЗ. С этих спутников съемка ведется тремя камерами, а данные ДЗЗ можно полу-

чать в панхроматическом (разрешение 2 м) и мультиспектральном (разрешение 10 м) режимах, а также в виде стереотриплета (разрешение 5 м).

Кроме того, компания предлагает снимки, получаемые следующими КА: RapidEye, FORMOSAT-2, ALOS, SPOT, Resourcesat, Cartosat, Landsat, UKDMC-2, EROS, TerraSAR-X, Radarsat-2, Cosmo-Skymed и др.

Наметился значительный прогресс в разработке и запуске российских космических аппаратов ДЗЗ. Корпорацией «ВНИИЭМ» создана объединенная российско-белорусская группировка из КА «Канопус-В» и БКА. Осуществлен запуск КА «Ресурс-П», разработанного ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», и радиолокационного КА «Кондор-Э», разработанного НПО Машиностроения.

На основании директив Правительства Российской Федерации и решения Правительства Республики Беларусь создано российско-белорусское ЗАО «Международные космические технологии» (ЗАО «МКТ»), председателем Наблюдательного совета которого избран генеральный директор ГИА «Иннотер» В.В. Лавров.

Космические снимки с КА «Канопус-В» и БКА обладают идентичными техническими характеристиками: пространственное разрешение на местности составляет 2,1 м в панхроматическом и 10,5 м в мультиспектральном режимах. Компания «Иннотер» совместно с ЗАО «МКТ» начали распространение этих снимков на российском и международном рынках.

ГИА «Иннотер» выполняет полный спектр работ по обработке данных ДЗЗ и созданию ЦММ, ЦМР, цифровых карт, 3D и 4D моделей, ГИС-проектов различного назначения.

Кроме того, компания осуществляет поставку программных средств в области обработки геопространственных данных и ГИС компании Hexagon Geospatial. Среди них, программы для работы с данными ДЗЗ (ERDAS IMAGINE, ERDAS ER Mapper, фотограмметрические системы IMAGINE Photogrammetry, ImageStation, ERDAS Extensions for ArcGIS), настольные и web-ГИС (GeoMedia, GeoMedia Smart Client, GeoMedia WebMap), серверные решения (ERDAS APOLLO, Geospatial SDI), мобильные ГИС (Mobile MapWorks).

С более подробной информацией можно ознакомиться на сайте ГИА «Иннотер» ([www.innoter.com](http://www.innoter.com)).

**По информации ГИА Иннотер**

▼ **Новый картографический сервер на территорию РФ**

Специалистами КБ «Панорама» развернут новый сервер для работы с картами OpenStreetMap на всю территорию России — [gisserver.info](http://gisserver.info). На сервере размещены: карта мира, карта России с OSM, трехмерная модель Земного шара со снимками. Построение трехмерной модели Земли происходит с помощью GIS WebServer. Программа может интегрировать данные из матрицы высот, размещенной на рабочем сервере КБ «Пано-

рама», с данными векторных карт, снимками (тайлами), поступающими по протоколам OGC WMS, WMTS, TMS.

Для создания сервера использовалось следующее программное обеспечение: GIS WebServer, GIS WebService SE, ImageryCreator x64. Для сервера было подготовлено свыше 1,2 млрд тайлов по картам России и мира общим объемом 16 Гбайт, состоящих из 88 карт, 5 матриц на весь мир с различной точностью и 8 млн объектов. Общий объем пирамиды тайлов составил 2,5 Тбайт.

Сервер пространственных данных GIS WebServer функционирует на основании скоростного сервиса GIS WebService SE. Средняя скорость выдачи сервисом GIS WebService SE одного тайла составляет 30 мс.

**По информации КБ «Панорама»**

▼ **Тематический информационный ресурс для пользователей ГИС в аграрном секторе**

За последнее время заметно вырос интерес со стороны пользователей к вопросам применения ГИС-технологий КБ «Панорама» в сельском хозяйстве. Это подтверждает большое количество задач и проблем, которые обсуждались на научно-технических конференциях и семинарах по аграрным вопросам, проходивших в Белгороде, Воронеже, Оренбурге, Киеве и других городах. В связи с этим, специально для них был разработан и запущен Интернет-сайт [www.gis-agro.com](http://www.gis-agro.com).

На сайте представлена информация о программных решениях КБ «Панорама» для сельского хозяйства: ГИС «Панорама АГРО», ГИС «Панорама АВТО», ГИС «Панорама ЗЕМЛЕДЕЛИЕ», GIS WebServer AGRO, «АРМ Агрнома» и др. Пользователи всегда могут получить актуальные версии этих программ и документацию по ним, ознакомиться с учебными видеоматериалами

по использованию ГИС. По любым вопросам можно обратиться к специалистам компаний КБ «Панорама», «ГИСИНФО», «Панорама Консалтинг», имеющим большой опыт по разработке и внедрению комплексных ГИС для агрохолдингов России и Украины.

**По информации КБ «Панорама»**

▼ **Актуализированные наборы РПД10 или РПД25 по космическим снимкам 2014 г.**

Компания «Совзонд» подготовила актуализированные по съемке 2014 г. наборы космических снимков — региональные наборы пространственных данных (РПД) на территорию ряда субъектов РФ и предлагает специальные условия по их предоставлению.

При приобретении готовых наборов РПД10 или РПД25 можно дополнительно заказать однократную или многократную новую съемку отдельных территорий данного региона со значительной скидкой — 30% (срок действия скидки до 30.12.2014 г.).

В зависимости от решаемых задач предлагаются два вида наборов космических снимков: РПД10 и РПД25. Наборы поставляются в формате JPEG (ECW) в системе координат WGS-84, а также в местных системах координат субъектов РФ.

РПД10 — данные сверхвысокого пространственного разрешения (0,5 м), точность в плане соответствует топографическим картам масштаба 1:10 000 на равнинные территории. РПД25 — данные высокого пространственного разрешения (лучше 5 м), точность в плане соответствует топографическим картам масштаба 1:25 000 на равнинные территории.

С более подробной информацией можно ознакомиться на сайте компании «Совзонд» ([www.sovzond.ru](http://www.sovzond.ru)).

**По информации компании «Совзонд»**

## ОБОРУДОВАНИЕ

- ▼ **TRIUMPH-2 — новый геодезический многочастотный приемник ГНСС**



Компания JAVAD GNSS разработала новый, революционный

по размеру и функциональности приемник ГНСС, предназначенный для геодезических измерений абсолютных и относительных координат местоположения объектов. Он имеет компактный, прочный и водонепроницаемый корпус.

TRIUMPH-2 — это многочастотный спутниковый приемник, обеспечивающий работу в режиме RTK до 100 Гц и имеющий 216 каналов для приема сигналов спутников GPS и ГЛОНАСС.

Встроенные технологии Bluetooth и Wi-Fi дополняют

возможности постобработки и позволяют использовать внешние сервисы передачи RTCM-сообщений в режиме реального времени с помощью модема 4G в контроллере Victor-LS или смартфона.

В TRIUMPH-2 настройку и управление можно осуществлять не только с помощью офисного программного обеспечения, установленного на ПК, но и через контроллер Victor-LS и приложения для iPhone/iPad и Android.

**По информации  
компании JAVAD GNSS**

## СОБЫТИЯ

- ▼ **X Международная выставка и научный конгресс «Интерэкспо Гео-Сибирь 2014» (Новосибирск, 16–18 апреля 2014 г.)**

Организаторами выставки и конгресса выступили Сибирская государственная геодезическая академия (СГГА) и ООО «ИнтерГео-Сибирь». Спонсорскую поддержку оказали — ИТЦ «СКАН-

ЭКС» (генеральный спонсор) и компания Oracle.

Выставку и конгресс поддержали органы исполнительной власти Сибирского федерального округа и Новосибирской области, Президиум СО РАН, Ассоциация сибирских и дальневосточных городов, ГИС-Ассоциация, ряд международных и европейских профессиональных обществ и ассоциаций (ISPRS, FIG, ICA, EAGE), а также профессиональные союзы ФРГ — DVW и DGfK.

На торжественном открытии «Интерэкспо Гео-Сибирь» выступил временно исполняющий обязанности губернатора Новосибирской области В.Ф. Городецкий, а также руководители и представители международных организаций, поддержавших это мероприятие.

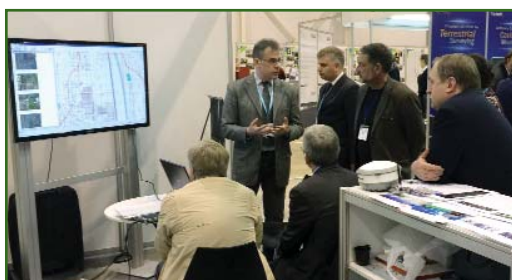
В выставке приняли участие 85 ведущих компаний из России и других стран, представивших свои разработки: ИТЦ «СКАН-ЭКС», Oracle, Optech (Канада), PS-Soft GmbH, «АртГео», «Ракурс», «Совзонд», Московское

представительство Trimble Export Limited, КБ «Панорама», Hexagon Geospatial, «Йена Инструмент», «ГНСС плюс», филиал ФГУП «Рослесинфорг» «Запсиблеспроект», ГИА «Иннотер», «Кредо-Диалог», МИИГАиК, «ГЕОКАД плюс» (Новосибирск), ИрГТУ, «Метрика Групп» (Новосибирск), «Датумэйт» (Израиль), «ЭСТИ МАП», ПОИНТ, «Фотоника», «АФМ-Каскад» и др.

Остановимся подробнее на некоторых новинках и интересных решениях.

ИТЦ «СКАНЭКС» продемонстрировал собственную сеть приемных станций «УниСкан» и провел семинар с презентацией новых возможностей программы ScanEx Image Processor, обеспечивающей автоматизацию основных процессов фотограмметрической и тематической обработки космических снимков.

ГИА «Иннотер» познакомило с проектами, разработанными компанией с использованием данных ДЗЗ из космоса и ГИС-технологий для ряда объектов



— магистрального газопровода Ухта-Бованенково и Ухта-Торжок, Оморинского участка в Эвенкийском АО, трассы газопровода в Ямало-Ненецком округе и др.

Ведущие специалисты Московского представительства компании Trimble Export Limited представили серию интегрированных приборов ГНСС, БПЛА Trimble UX5 и специальное программное обеспечение для воздушного картографирования. Другой БПЛА Trimble — Gatewing X100 демонстрировала компания «НоваНэт».

С беспилотными летательными аппаратами для целей картографирования, разработанными в России, можно было познакомиться на стендах компаний: «ГЕОСКАН» (Санкт-Петербург), «Авакс ГЕО-Сервис» (Красноярск), «ZALA AERO GROUP» (Ижевск) и «АФМ-Каскад».

Специалисты компании «Ракурс» на семинаре «БПЛА: от съемки до результата» рассказали о новых возможностях обработки данных БПЛА в ЦФС PHOTOMOD и дали рекомендации по контролю точности ортофотопланов и цифровых моделей рельефа на базе результатов собственных исследований и кафедры фотограмметрии МИИГАиК.

На стенде компании «АртГео» был представлен новый воздушный лазерный сканер для БПЛА VUX-1 (RIEGL, Австрия). Посетители смогли увидеть БПЛА ZALA 421-04M2Ф с установленным на нем сканером RIEGL VUX-1. Мобильная лазерная сканирующая система RIEGL VMX-250 была продемонстрирована непосредственно пользователем данного оборудования — Департаментом информатизации и телекоммуникационных технологий Новосибирской области. Система уже внедрена в производство и активно используется для получения пространственных данных автодорог, железных дорог и городской инфраструктуры Сибирского региона. Посетители выс-

тавки смогли принять участие в демонстрационных заездах системы по улицам Новосибирска и оценить качество данных, получаемых с помощью RIEGL VMX-250.

КБ «Панорама» познакомила с разработками компании в различных областях — ГИС «Панорама АГРО», ГИС «Земля и недвижимость», АРМ Кадастрового инженера, ГИС «Оператор» и др.

Компания «ГЕОКАД плюс» представила системы кадастрового и геоинформационного направления регионального и муниципального уровней, а также многофункциональные АИС корпоративных кадастров по учету и управлению объектами электроэнергетики, нефтегазотранспортной инфраструктуры и другими сетевыми и инженерно-технологическими комплексами.

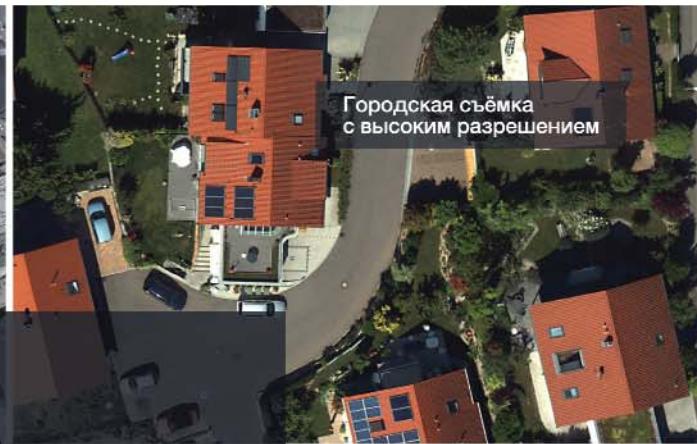
Региональный представитель компании «Кредо-Диалог» — компания «Сибирский инженер» (Красноярск) представила новую программу для обработки данных инженерно-геологических изысканий CREDO ГЕОКОЛОНКА.

Презентации оборудования проходили не только в выставочном павильоне, но и на открытой площадке. Так, компания «Метрика Групп» провела второй этап геодезической игры «Geodre». Все желающие могли проверить свои навыки работы в сети постоянно действующих базовых станций Новосибирской области, разработанной СГГА, на геодезическом оборудовании Trimble, ознакомиться с технологией Integrated Surveying, совмещающей работу приемника ГНСС Trimble R10 и роботизированного тахеометра VX Spatial Station. Победители игры получили фирменные подарки компании Trimble.

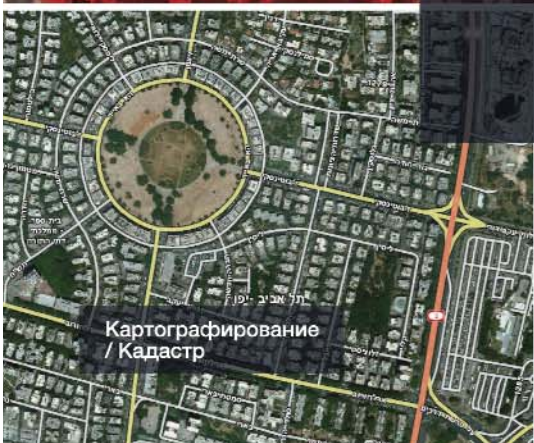
Выставку посетили свыше 2000 человек из 300 организаций более чем из 40 городов России и стран СНГ, а также ряда зарубежных стран (Германия, Австрия, США, Бельгия, Швейца-







# КАРТОГРАФИРУЯ МИР С A3 EDGE



## A3 EDGE

это десятки тысяч кв.км аэросъёмки в день.

## A3 EDGE

это плановые и перспективные снимки наивысшего качества.

## A3 EDGE

это полностью автоматические процессы от аэросъёмки до получения конечных картографических продуктов.



рия, Нидерланды, Израиль, Чешская Республика, Венгрия, Монголия, Турция, Малайзия и др.).

На научном конгрессе было представлено более 500 докладов ученых из России и многих зарубежных стран.

Одним из важных и значимых событий в рамках конгресса стало заседание Совета Международного общества фотограмметрии и дистанционного зондирования (ISPRS) в полном составе.

На пленарных заседаниях с докладами выступили: А.П. Карпик, ректор СГГА («История развития и результаты международного форума «Интерэкспо Гео-Сибирь» за период 2005–2014 гг.», М. Конечны, председатель рабочей группы Международной картографической ассоциации (ICA) («Эпоха «больших данных» открывает новые перспективы для геоинформатики и картографии»), Г. Конечный, почетный член ISPRS, почетный профессор СГГА («О состоянии картографи-

рования в мире»), М.А. Сергеева, заместитель генерального директора ИТЦ «СКАНЭКС» («Оперативные сервисы и геопорталы — надежные средства для эффективного управления территориями») и др.

Представители зарубежных компаний познакомили с новыми разработками: Ф. Амон, П. Ригл, У. Ригл, М. Пфеннигбауэр, RIEGL, Австрия («Воздушный сканер геодезического класса для беспилотных летательных систем — новый шаг в реализации технологии лазерного сканирования»), Ю. Райзман и А. Гозес, VisionMap, Израиль («Разработка новой модели аэросъемочных систем от VisionMap — A3 EDGE») и др.

В рамках конгресса прошла ежегодная пятая Международная конференция «Раннее предупреждение и управление в кризисных ситуациях в эпоху «больших данных», на которой обсуждались вопросы эффективного управления и анализа

«больших данных» в теории и практике управления чрезвычайными ситуациями для уменьшения последствий бедствий, вызванных природными явлениями и человеческой деятельностью. На конференции выступили специалисты из России, Израиля, Швейцарии, Вьетнама, Чешской Республики, Казахстана. Были заслушаны доклады на темы: картографическое обеспечение противопожарных мероприятий в Красноярском крае, геоинформационные технологии для анализа нефтяных загрязнений рек, об историческом и современном опыте развития радиозоологического картографирования и др.

Мероприятия, посвященные вопросам кадастра, государственной регистрации прав на недвижимое имущество, землеустройства и градостроительства, традиционно являются одними из наиболее интересных в программе научного конгресса. Так, НП СРО «Объединение кадастро-

## Навигационно-Геодезический центр

Официальный дистрибьютор компании Leica Geosystems в Украине

Компания НГЦ предоставляет широкий спектр современного оборудования

- геодезическое оборудование
- GPS базовые станции и сети
- наземные лазерные сканеры
- строительное оборудование
- системы структурного мониторинга

Единственный авторизованный сервисный центр в Украине

Представляет журнал «Геопрофи» в Украине



Сайт: [www.ngc.com.ua](http://www.ngc.com.ua)  
 Почта: [ngc@ngc.com.ua](mailto:ngc@ngc.com.ua)  
 Тел./факс: +38 057 345-12-37



- when it has to be right

**Leica**  
Geosystems

вых инженеров Сибири», Управление Росреестра по Новосибирской области и СГГА при участии К.А. Литвинцева, заместителя директора ФГБУ «ФКП Росреестра» и директоров филиалов «ФКП Росреестра» провели заседание «круглого стола», посвященное обсуждению наиболее актуальных вопросов в сфере кадастровых отношений и регистрации прав на недвижимое имущество.

Дополнили обширную программу конгресса семинары и мастер-классы, которые подготовили компании — участники выставочной экспозиции.

С подробной программой выставки и научного конгресса «Интерэкспо Гео-Сибирь 2014», а также с презентациями выступлений можно ознакомиться на сайте <http://geosiberia.ssga.ru>.

Важным итогом проведенных мероприятий являются достигнутые соглашения по разработке геоинформационных проектов различного уровня в г. Новосибирске и Новосибирской области, которые имеют огромное значение для эффективного управления инфраструктурой города и региона.

#### **По информации оргкомитета выставки и конгресса**

#### **▼ XIX Международная научно-техническая конференция «Геофорум-2014» (Львов-Яворов, Украина, 23–25 апреля 2014 г.)**

Организатором ежегодной конференции, посвященной профессиональному празднику работников геологии, геодезии и картографии Украины, высту-



пило Западное геодезическое общество (ЗГО) под эгидой Украинского общества геодезии и картографии (УОГК).

Успешное проведение «Геофорум-2014» стало возможным благодаря оргкомитету конференции в составе: И. Тревого (президент УОГК), Я. Яцкив (директор астрономической обсерватории) и И. Заець (директор департамента геодезии и картографии Украины), а также украинским и зарубежным научным геодезическим журналам и Интернет-ресурсам.

Открытие конференции прошло в торжественной обстановке. После открытия конференции состоялось награждение профессиональными наградами лучших представителей науки, образования и производства.

За три дня работы было проведено два пленарных и пять секционных заседаний по следующим направлениям: геодезия, геодинамика и мониторинг; фотограмметрия, картография и ГИС; инженерная геодезия и геодезический мониторинг в строительстве; кадастр, землеустройство и оценка объектов недвижимости; военные геодезические и геоинформационные технологии.

Постоянно на конференции работал киоск с новой литературой геодезического направления. В рамках конференции были проведены презентации и выставка нового геодезического оборудования и технологий. Традиционно в работе выставке принял участие Навигационно-геодезический центр (Харьков), который является официальным

дистрибьютором компании Leica Geosystems (Швейцария), УОМЗ и Изюмского оптико-механического завода на Украине.

Участники «Геофорум-2014» вместе с материалами конференции получили очередной номер научных трудов ЗГО УОГК.

Следующая, юбилейная XX конференция «Геофорум» будет проведена 22–24 апреля 2015 г.

**И. Тревого, А. Денисов**  
(УОГК)

#### **▼ II Международный ГИС-форум «Интеграция геопространства — будущее информационных технологий» (Московская область, 23–25 апреля 2014 г.)**

Форум, организованный компанией «Совзонд», собрал более 400 участников из таких стран, как Россия, Азербайджан, Белоруссия, Казахстан, Таджикистан, Украина, Великобритания, Германия, Испания, Италия, Канада, Китай, США, Франция, Швейцария.

Впервые генеральным партнером форума выступила российская компания — «Ростелеком». Спонсорами стали следующие компании: DigitalGlobe (США), Dauria Aerospace, BlackBridge (Германия), Exelis VIS (США) и Airbus Defence and Space (Франция — Германия).

Информационную поддержку мероприятию оказали около 30 российских и зарубежных печатных и электронных СМИ.

Деловая программа форума включала в себя следующие мероприятия:

— VIII Международную конференцию «Космическая съемка



— на пике высоких технологий»;

— II Международную конференцию «ГИС — интеграционные решения будущего»;

— семинары, заседания «круглых столов» и обучающие мастер-классы;

— конкурс «Лучшие проекты в области ГИС и ДЗЗ»;

— выставку «Техника и технологии».

Доклады были представлены на четырех пленарных заседаниях:

— современное состояние и перспективы развития геоинформационных систем и космического мониторинга;

— программные комплексы, системы и решения для обработки данных ДЗЗ;

— опыт разработки и внедрения геоинформационных систем;

— опыт решения практических задач с использованием данных дистанционного зондирования Земли.

Подробно с тематикой докладов, тезисами и презентациями можно познакомиться на сайте форума ([www.gisforum.ru](http://www.gisforum.ru)).

Было проведено заседание «круглого стола» на тему «ГИС в региональном управлении». Своим опытом внедрения ГИС поделились представители ГУ Калужской области «Центр «Кадастр», департамента информационных технологий Кировской области, МБУ «Градостроитель-

ство» г. Дзержинска Нижегородской области и ОАО «Уралгеоинформ». Все участники заседания получили книгу «Единое геоинформационное пространство города Москвы как составная часть инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации. Часть 1» (авторы: А.В. Антипов, А.В. Кошкарёв, Б.В. Потапов и Н.В. Филиппов).

Форум был насыщен специализированными семинарами, организованными компанией «Совзонд» со своими партнерами. Отдельный семинар на тему «GEOSPATIAL BIG DATA: глобальный космический мониторинг Земли» провела компания DigitalGlobe.

Состоялись мастер-классы по работе с новыми версиями программных комплексов обработки данных ДЗЗ (Inpho, ENVI, SARscape), ГИС ArcGIS, а также по возможностям геоинформационного анализа и приемам эффективной работы в ArcGIS for Desktop.

В выставке приняли участие российские и зарубежные компании: DigitalGlobe, Exelis VIS, HP Designjet (США), BlackBridge, Beijing Space Eye Innovation Technology Co., Ltd. (Китай), «Совзонд», ОАО «НИИ ТП», ООО «ГЕОСКАН», ИТЦ «СКАНЭКС».

Победителями конкурса «Лучшие проекты в области ГИС и ДЗЗ» в пяти номинациях стали:

— ФГУП «Рослесинфорг» (Разработка технологии всепо-



годного мониторинга сплошных и выборочных вырубок леса и картирования количественных параметров леса с использованием космических радарных съемок);

— ГУП «НИ и ПИ Генплана Москвы» (Отраслевая схема озеленения города Москвы на период до 2025 г.);

— ГУ «Центр «Кадастр» (Интегрированная региональная информационная система Калужской области);

— МБУ «Градостроительство» (Подсистема ИСОГД города Дзержинска по ведению топографических карт);

— НАЦ РН ХМАО — Югры им. В.И. Шпильмана (Геопортал ЮГРА).

Победителям были вручены оригинальные призы во время торжественного ужина. На бан-



жете выступил популярный российский музыкант Максим Леонидов с группой «Hirroband».

Специально к форуму организаторы подготовили новые бук-

леты компании «Совзонд», каталоги программного обеспечения, два номера журнала «Геоматика» и памятные сувениры.

Компания «Совзонд» благодарит всех участников за проявленный интерес и активную работу и приглашает принять участие в форуме в 2015 г., который традиционно будет проходить в апреле.

#### По информации оргкомитета форума

#### Третий региональный семинар «Трехмерное моделирование пространства. Технологии ЦФС PHOTOMOD» (Екатеринбург, 15–16 мая 2014 г.)

Организаторами семинара выступили ЗАО «Ракурс» и ООО «Технология 2000» (Екатеринбург) при поддержке Некоммерческого партнерства «Союз геодезистов и картографов Сибири и Урала». В этом году центральной темой семинара стали вопросы использования фотограм-

метрических технологий в трехмерном моделировании, а также опыт применения полученных трехмерных моделей.

Научная программа семинара содержала 13 докладов, объединенных в три блока по темам: «ЦФС PHOTOMOD. Текущее состояние, перспективы развития», «Создание трехмерных моделей стереофотограмметрическими средствами» и «Опыт создания и использования трехмерных моделей». Представленные доклады позволили участникам ознакомиться со всеми этапами создания трехмерных моделей: от стереоскопической обработки космических и аэрофотоснимков до интеграции полученных моделей в геоинформационные системы.

По результатам представленных докладов состоялось заседание «круглого стола» на тему «3D-моделирование: от методов создания до перспектив использования». Было отмечено, что

# PHOTOMOD

Цифровые модели рельефа

2D и 3D векторизация, картографирование

Фототриангуляция

3D-моделирование

Оформление и создание мозаик

**Новая версия 5.3 ЦФС PHOTOMOD**

- Распределенная обработка на 64-битной платформе
- Новые возможности трехмерного моделирования
- Распределенная фототриангуляция в проектах БПЛА
- Новые инструменты лесной стереоаксации

**РАКУРС**  
Тел.: (495) 720-51-27, info@racurs.ru, www.racurs.ru



главным препятствием к практическому применению трехмерных моделей является отсутствие необходимой нормативной базы, регламентирующей их использование. А.А. Алябьев, вице-президент НП «Союз геодезистов и картографов Сибири и Урала», высказал идею о разработке подобной документации в инициативном порядке под эгидой НП, что было поддержано участниками дискуссии.

Также прошел мастер-класс, тематика которого была сформирована из наиболее часто задаваемых вопросов пользователей ЦФС PHOTOMOD.

В заключительной части семинара был организован Интернет-мост с офисом компании «Ракурс», в ходе которого слушатели получили возможность прямого общения с разработчиками программного обеспечения.

**По информации компании «Ракурс»**

➤ **НПК «Йена Инструмент» приняла участие в авиасалоне «Авиарегион-2014»**

Авиасалон был организован впервые и прошел в г. Воскресенске 10–12 июня 2014 г. Идеей мероприятия было собрать вместе организации и предприятия гражданской авиации, разрабатывающие, изготавливающие и эксплуатирующие воздушные суда, образовательные центры и учреждения по подготовке авиационного персонала, компании, занимающиеся техническим обслуживанием воздушных судов и аэродромов.

Специалисты НПК «Йена Инструмент» познакомили посетителей авиасалона с аэросъемочным оборудованием: аэрофотокамерами UltraCam (Vexcel Imaging/a Microsoft Company, Австрия), тепловизорами компании ITRES (Канада) и воздушным лазерным сканером компании Ortech (Канада).

Присутствующему на открытии авиасалона губернатору Московской области А.Ю. Воробьеву был продемонстрирован аэросъемочный самолет Diamond-42, принадлежащий авиакомпании «ВИМ-АВИА», на

который была установлена камера UltraCam Eagle, позволяющая получать снимки с разрешением на местности до 3 см.

У представителей МЧС, посетивших «Авиарегион-2014», большой интерес вызвали тепловизионные камеры ITRES и воздушные сканирующие системы Ortech. Тепловизоры широко применяются во всем мире для оперативного обнаружения очагов лесных пожаров и их последующей локализации, поиска пропавших людей на бескрайних просторах тундры и ледяных полей. Данные воздушного лазерного сканирования используются для создания цифровых трехмерных моделей рельефа, которые незаменимы для прогнозирования динамики наводнений и планирования мероприятий по ликвидации их последствий.

«Приятно осознавать, что мы можем быть причастны к таким гуманистическим делам, как спасение людей в чрезвычайных ситуациях, планирование новых городов, строительство дорог, —



# Открывая новые горизонты ...

## Топографическая съемка для целей кадастра



Jena Instrument



Топографические карты и планы всего масштабного ряда

Трехмерное моделирование рельефа,  
городской застройки, инженерных объектов

Формирование баз геопространственных  
данных для создания ГИС

[www.jena.ru](http://www.jena.ru)

109387, Москва, ул. Люблинская, д.42, офис №509

Тел./факс: (495) 649-61-05

E-mail: [info@jena.ru](mailto:info@jena.ru)



считает Г.Г. Божченко, генеральный директор НПК «Йена Инструмент». — Оборудование, дистрибьютором которого является наша компания в России, применяется в топографо-геодезических изысканиях, для ситуационного мониторинга, съемки карьеров, городских территорий, дорог и позволяет сократить сроки проведения работ и трудозатраты».

**По информации НПК «Йена Инструмент»**

▼ **ГИС «Карта 2011» в Казахском научно-исследовательском институте защиты и карантина растений**

Специалисты Казахского научно-исследовательского института защиты и карантина растений проводят фундаментальные и прикладные исследования по разработке защитных мероприятий против особо опасных вредных организмов сельского хозяйства и карантинных объектов Республики Казахстан. Для автоматизации процесса изготовления специальных карт фитосанитарного мониторинга были выбраны программные решения КБ «Панорама».

Весной 2014 г. в г. Алматы на учебно-производственной базе института представители КБ «Панорама» провели практические занятия по работе с ГИС «Карта 2011» с учетом ее новых возможностей по обработке различных данных, включая технологии оценки фитосанитарного состояния сельскохозяйственных угодий с помощью аппарату-

ры ГНСС. Особое внимание было уделено вопросам построения цифровых карт по данным ДЗЗ, учитывая, что в институте уже применяют результаты аэро съемки с имеющихся двух БПЛА и планируют использовать комплекс автоматизированного дешифрирования и векторизации по данным ДЗЗ, разработанный КБ «Панорама».

**По информации КБ «Панорама»**

▼ **Компании RIEGL присуждена премия за разработку сканера RIEGL LMS-Q780**

Компания RIEGL (Австрия) получила премию «Инновации в области геопространственных технологий» в категории оборудования для воздушного лазерного сканирования на Международном форуме геопространственных технологий, прошедшем в Швейцарии 8 мая 2014 г. Премия, присуждаемая журналом Geospatial World, поощряет передовой опыт выполнения различных проектов, а также инновации и методы, которые способствуют формированию будущего геопространственных технологий.

RIEGL LMS-Q780 — высокопроизводительный воздушный лазерный сканер, который является универсальным решением для выполнения различных аэросъемочных задач: от съемки площадных до протяженных линейных объектов и сбора данных для создания крупномасштабных карт больших территорий. Рабочая высота полета над

землей 4700 м, возможность обработки более 10 отраженных импульсов одновременно и широкий сектор сканирования — все эти технические характеристики позволяют считать RIEGL LMS-Q780 одним из наиболее эффективных решений для сбора геопространственных данных методом воздушного лазерного сканирования.

**По информации компании «АртГео»**

▼ **Система RIEGL LMS-Q1560 введена в эксплуатацию в NASA**

Лаборатория реактивного движения NASA начала использовать RIEGL LMS-Q1560 для получения пространственной информации и более точного измерения глубины снежного покрова основных горных водоразделов североамериканского континента.

RIEGL LMS-Q1560 — это новая высокопроизводительная, полностью интегрированная, дальнедействующая воздушная лазерная сканирующая система. Двухканальный лазерный сканер в несколько раз увеличивает скорость получения данных. Технология разрешения неоднозначности дальномерных измерений, инновационный способ формирования линий сканирования, а также анализ формы отраженного сигнала позволяют выполнять съемку сложных горных массивов и городских территорий с высотной застройкой с высокой точностью. Система способна выполнять съемку как на малых высотах, так и при высоте полета до 4700 м.

Использование результатов измерений, выполненных RIEGL LMS-Q1560, позволит точнее оценить объем воды, который попадает в реки при таянии снежного покрова. Эти данные являются исходной информацией для прогнозирования возможности наводнений и определения нормы водопотребления.

**По информации компании «АртГео»**



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО СКАНЕРА В ЦЕЛЯХ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОДОРОЖНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ

**А.М. Пация** («Проектно-изыскательский институт ГЕО», Екатеринбург)

В 2002 г. окончил Полоцкий государственный университет (Белоруссия) по специальности «прикладная геодезия». С 2000 г. работает в ЗАО «Проектно-изыскательский институт ГЕО», в настоящее время — начальник центра дистанционного зондирования.

**М.Д. Мухлынина** («Проектно-изыскательский институт ГЕО», Екатеринбург)

В 2013 г. окончила физический факультет Уральского федерального университета им. первого Президента РФ Б.Н. Ельцина по специальности «информационные системы». С 2012 г. работает в ЗАО «Проектно-изыскательский институт ГЕО», в настоящее время — инженер-аэрофотогеодезист.

**А.Л. Ясашных** («Проектно-изыскательский институт ГЕО», Екатеринбург)

В 2014 г. окончил физический факультет Уральского федерального университета им. первого Президента РФ Б.Н. Ельцина по специальности «информационные системы». С 2012 г. работает в ЗАО «Проектно-изыскательский институт ГЕО», в настоящее время — инженер-геодезист.

**В.Г. Шуляковский** («АртГео»)

В 1994 г. окончил гидрографический факультет Высшего военно-морского училища им. М.В. Фрунзе (Морской корпус Петра Великого — Санкт-Петербургский военно-морской институт) по специальности «инженер-гидрограф». После окончания училища до 2000 г. проходил военную службу в частях Гидрографической службы Черноморского флота РФ и Федеральной службы охраны РФ. С 2010 г. работает в компании «АртГео», в настоящее время — директор департамента лазерных сканирующих систем.

Задача оперативного управления транспортными потоками становится все более острой в современных условиях постоянно растущего автомобильного парка. В связи с этим, своевременный ремонт и оперативное проектирование автомобильных дорог являются приоритетными направлениями в развитии дорожной отрасли и оказывают непосредственное влияние на улучшение дорожной ситуации. Указанные причины предъявляют новые требования к разработке методик проведения инвентаризации дорог и применению для этих целей высокотехнологичного оборудования. Сбор информации о состо-

янии дорожного полотна, разметке, придорожной инфраструктуре и прочих элементах для дальнейшего использования в различных направлениях дорожного хозяйства должен проводиться с помощью методов, наиболее рациональных с точки зрения скорости и качества получаемых материалов. Одним из таких методов является мобильное лазерное сканирование (МЛС).

В 2013 г. специалистами ЗАО «Проектно-изыскательский институт ГЕО» была выполнена инвентаризация дорог в Свердловской области и в Республике Башкортостан общей протяженностью 520 км. Примечательно,

что автодороги находились как в населенных пунктах, так и на межселенной территории. Также было выполнено лазерное сканирование 86 км автодорог для проектирования с целью их дальнейшей реконструкции.

В конкурсной документации не был предусмотрен конкретный метод топографической съемки масштаба 1:1000. Его выбор всецело лежал на подрядной организации, исходя из ее технической оснащенности и численного состава.

Рассматривалось три возможных метода топографо-геодезических работ, для выполнения которых институт располагал собственным парком оборудо-

дования без привлечения суб-подрядных организаций:

- аэрофотосъемка с применением воздушного лазерного сканера;

- тахеометрическая съемка (традиционный метод);

- мобильное лазерное сканирование.

Аэросъемочные работы в большинстве случаев несут большую финансовую нагрузку за счет оплаты аренды воздушного судна, а также дополнительных расходов на топливо, необходимое на полет к объекту с места базирования воздушного судна и перелет обратно. В данном случае существенные финансовые затраты приходились на дополнительные расходы, поскольку на перелет к объекту и обратно требовалось гораздо больше времени, чем непосредственно на аэрофотосъемку объекта. По предварительным экономическим расчетам, которые базировались на общей стоимости договора, такой метод съемки объекта оказался экономически не эффективным. Также после всестороннего анализа геометрических параметров, которые необходимо было отобразить на топографическом плане автодороги, был сделан вывод, что не все элементы дорожной инфраструктуры будут однозначно дешифрироваться по материалам аэросъемки, выполненной даже с высоким (5 см) разрешением на местности.

Традиционный метод съемки, с использованием электронных тахеометров рассматривался как более дешевый и простой метод получения данных в отличие от аэросъемки и мобильного лазерного сканирования. Однако временные затраты, потеря полноты и качества собираемых данных за счет такой технологии съемки, а также субъективного восприятия элементов дорожной инфраструктуры конкретным исполнителем и разроз-

ности групп исполнителей, вынудили данный метод отнести на второй план. Кроме того, себестоимость работ в современных условиях в большей степени зависит от затрат на заработную плату персонала, которая часто составляет большую часть расходов при выполнении инженерных изысканий. По финансовым показателям съемка традиционным методом оказалась сопоставима с аэрофотосъемкой.

Применение мобильного лазерного сканирования в данном проекте по предварительным расчетам представлялось наиболее эффективным как по стоимости, по срокам выполнения работ, так и по полноте и качеству получаемых данных. В результате чего было принято решение первый этап проекта выполнить именно этим методом.

#### ▼ Полевые работы

Рассмотрим результаты выполненных работ по проекту на автодороге Екатеринбург — Невьянск (Свердловская область), включающей участки дорог 2-й и 3-й категории общей протяженностью 88,03 км, проходящие через 10 населенных пунктов, один из которых состоял из смешанной многоэтажной и одноэтажной (индивидуальной) застройки. Согласно техническому заданию ширина поло-

сы съемки, в пределах которой необходимо было получить пространственную информацию, составляла 100 м, то есть по 50 м с обеих сторон от оси автодороги.

Полевые работы проводились мобильным лазерным сканирующим комплексом RIEGL VMX-450 (рис. 1). Он состоит из измерительного блока, четырех фотокамер с разрешением 5 Мпикселей каждая, датчика отсчета пути (DMI — Distance Measuring Indicator) и блока управления. Измерительный блок включает: два сканера RIEGL VQ-450, работающих в режиме профилографа (2D), антенну приемника ГЛОНАСС/GPS (ГНСС) и интегрированную систему инерциальной навигации (ИНС).

Параметры сканирования были подобраны из расчета скорости движения автомобиля 60 км/ч и частоты выполнения измерений 550 кГц для каждого сканера, 1100 кГц для всего измерительного блока. Благодаря этому плотность измерений составила 100 точек лазерных отражений на 1 м<sup>2</sup> на расстоянии 50 м от оси движения автомобиля. Важно отметить, что при приближении к оси автодороги плотность точек значительно возрастает (до 2400 точек на 1 м<sup>2</sup>), что позволяет получать очень подробные данные обо всех элементах дороги в непосред-



Рис. 1

Мобильный лазерный сканирующий комплекс RIEGL VMX-450, установленный на автомобиле

редственной близости к автомобилю. Высокая плотность съемки дает возможность оценить и четко зафиксировать текущее состояние дорожного покрытия, превосходя все существующие в настоящее время методы получения данных. Важно понимать, что скорость движения автомобиля с системой сканирования зависит от качества поверхности дороги, знаков и светофоров, ограничивающих скорость, и других условий. При этом ни скорость движения, ни состояние дороги не влияют на точность получения пространственных данных. На точность конечного результата больше всего оказывают влияние условия приема сигналов от спутников ГЛОНАСС и GPS и расположение базовых станций ГНСС (их удаленность и конфигурация).

Технология мобильного лазерного сканирования основывается на применении систем спутникового позиционирования и лазерной локации. Причем для МЛС геометрия расположения созвездия спутников ГНСС и качество приема их сигналов являются критичными, поскольку в отличие от аэросъемки условия приема сигналов спутников ГНСС могут сильно меняться в ходе всего процесса измерений.

Поэтому важными составляющими при МЛС являются датчик DMI и система ИНС, которые входят в состав RIEGL VMX-450 и в комплексе позволяют получить предварительную (в режиме реального времени) траекторию движения автомобиля, обеспечивающую сохранение параметров траектории даже при полной потере сигналов спутников ГНСС (например, при движении под мостами и эстакадами, в тоннелях и т. п.).

Надежность и точность определения пространственного положения траектории движения МЛС обеспечивается спутнико-

выми измерениями в дифференциальном режиме. Поэтому достаточно важным моментом планирования работ является выбор мест расположения базовых станций ГНСС, составляющих основу наземной инфраструктуры для формирования дифференциальных поправок. При выборе места для базовой станции необходимо исключить отрицательные факторы, влияющие на качество прохождения сигнала от спутников ГНСС и его приема антенной базовой станции. К таким факторам относятся препятствия, ограничивающие прием сигнала, многолучевость, активные радиопомехи, мощные электромагнитные поля и т. д. [1]. На объекте работ были установлены три базовые станции на расстоянии друг от друга до 30 км.

Как отмечалось выше, точность спутниковых определенных пространственных координат также зависит от конфигурации созвездия спутников ГНСС и количества видимых спутников в период выполнения работ. Эту информацию можно получить с помощью программного обеспечения блока ИНС, задав планируемое время и место измерений МЛС. В результате планирования был определен период времени, в ходе которого условия выполнения работ были наиболее благоприятными. В итоге на полевые работы по сканированию всех участков автодороги в прямом и обратном направлении потребовалось всего 8 часов.

В соответствии с техническим заданием результаты топографической съемки необходимо было представить в местной системе координат Свердловской области — МСК–66, в которой ведется кадастровый учет [2]. Поскольку измерения пространственных координат выполняются с помощью глобальных спутниковых систем позиционирования, то координаты

точек лазерных отражений определяются в глобальной системе координат WGS–84. Для преобразования данных лазерного сканирования из WGS–84 в МСК–66 на 5 пунктах ГГС II и III классов (с известными координатами в МСК–66) были выполнены измерения геодезическими приемниками ГНСС и вычислены параметры перехода из одной системы координат в другую.

#### ▼ Обработка данных

Процесс вычисления пространственных координат каждой точки лазерного отражения, полученной в результате МЛС, можно представить как совместную обработку следующих данных: пространственных координат (X, Y, Z) траектории движения измерительного блока МЛС, углов наклона измерительного блока по крену, тангажу и рысканью ( $\omega$ ,  $\varphi$ ,  $\kappa$ ), времени прохождения лазерного импульса от момента его излучения до приема отраженного сигнала сканером и угла поворота сканирующего зеркала.

Первым этапом обработки являлось вычисление пространственных координат траектории движения измерительного блока МЛС с учетом дифференциальных поправок в программе Arplanix POSpacMMS по данным приемников ГНСС на базовой станции, и подвижного, установленного в измерительном блоке системы сканирования. После этого траектория движения МЛС импортировалась в программное обеспечение RiPROCESS компании RIEGL, в котором вычислялись и уравнивались в единое «облако точек» координаты точек лазерных отражений двух сканеров МЛС. В этой программе также вычислялись и уравнивались в единое «облако точек» координаты точек лазерных отражений, полученные по нескольким траекториям — двух, трех, четырех и более проходов.

Контроль пространственных координат X, Y, H «облаков точек» проводился двумя независимыми методами:

1) «По сходимости» четких контуров сканов одного и того же участка объекта съемки в прямом и обратном направлениях. Результирующая погрешность совмещения не превысила 20 мм по всему объекту съемки.

2) «По контрольным точкам», координаты которых получены независимым способом с достаточной точностью одним из традиционных методов. На объекте координаты контрольных точек были определены спутниковыми геодезическими приемниками. Результаты оценки приведены в табл. 1.

Безусловно, итоговые результаты напрямую зависят от используемого оборудования.

Точность системы инерциальной навигации, применяемой в RIEGL VMX-450, по крену и тангажу ( $\omega$ ,  $\varphi$ ) составляет 0,005°, а рысканью ( $k$ ) — 0,015°, что на расстоянии в 100 м соответствует в плане 0,017 м и 0,052 м.

Средняя квадратическая погрешность (СКП) измерения расстояния дальномером сканера RIEGL VQ-450 в диапазоне до 50 м составляет 8 мм, а СКП раз-

ности повторных измерений не превышает 5 мм.

Ключевым фактором выбора того или иного метода топографической съемки в большинстве случаев является время, затрачиваемое на получение конечной продукции. Временные показатели выполнения данного проекта по лазерному сканированию, начиная с подготовки полевых измерений до выдачи готового материала в виде цифрового топографического плана масштаба 1:1000, приведены в табл. 2.

Справедливости ради следует отметить, что с помощью лазерного сканирования можно получать только данные об объектах, расположенных выше уровня земли (рис. 2). Что касается подземных коммуникаций, то для сбора информации о них необходимо полевое обследование с использованием специального оборудования для поиска инженерных сетей, а также определения их местоположения. Однако этот вид работ в данном проекте не требовался и в расчет трудозатрат не включался.

В результате мобильного лазерного сканирования было получено порядка 8 млрд точек лазерных отражений и свыше

Разность координат и высот в контрольных точках

Таблица 1

Номер точки	dX, мм	dY, мм	dH, мм
1	35,0	32,5	41,0
2	24,5	28,0	39,0
3	31,5	29,5	40,5
4	37,5	38,0	47,0
5	29,5	30,5	38,0
6	29,0	33,5	37,5
7	31,0	34,0	43,0
8	33,0	31,0	45,0



Рис. 2  
Пример поперечного сечения «облака точек» автодороги

14 тыс. фотоизображений с четырех цифровых камер. Фото съемка камерами системы МЛС проводилась параллельно с лазерным сканированием практически все время выполнения работ. Объединение изображений цифровых камер с данными лазерного сканирования позволило получить «облака точек», окрашенные в естественные цвета. Такой материал значительно облегчает процесс идентификации и классификации объектов из всего массива данных лазерных отражений.

Следующим важным шагом являлась классификация лазерных данных, чтобы облегчить дальнейшую задачу их оцифровки. По большому счету, описываемый метод служит для решения более широкого круга

Затраты времени по видам работ на создание цифрового топографического плана методом МЛС

Таблица 2

Наименование работы	Продолжительность, ч
Планирование работ	5–8
Полевые работы	8
Обработка траектории МЛС	1
Распаковка данных и конвертация. Вычисление координат точек лазерных отражений (создание «облаков точек»)	8–10
Уравнивание и калибровка данных сканирования, корректировка траектории	12
Присвоение «облаку точек» истинных цветов	6
Классификация данных лазерных отражений	10
Составление цифрового топографического плана масштаба 1:1000 (количество исполнителей — 11)	100



Рис. 3

Пример классифицированных элементов придорожной инфраструктуры

задач, однако классификация является самым важным и принципиальным в теории обработки данных лазерного сканирования, включая наземное, воздушное и мобильное.

Не вдаваясь в детали классификации, отметим, что из общего количества точек в работу была принята каждая третья, что составило 2 655 517 732 точек, из которых значительная часть была отнесена к классу «земля» — 1 169 474 931 точек.

Таким образом, одной из основных задач стала оптимизация работы с большим массивом точек лазерных отражений, а также организация эффективного взаимодействия между сотрудниками, привлеченными к проекту на разных этапах. Отметим, что качественная классификация данных сканирования является достаточно трудозатратным, но необходимым процессом, требующим высокой квалификации персонала. Поиск ошибок исполнителя на данном этапе занимает существенно большее время, чем выполнение той же задачи заново. Для классификации элементов каждого объекта в «облаке точек» требуется также достаточно много времени, однако в данном проекте при создании топографического плана в таких

работах необходимости не было. Оцифровка точек в двухмерном пространстве и присвоение им семантической информации проводилось в полуавтоматическом режиме. В этом случае из класса объектов «не земля» достаточно несложно распознавались линии электропередачи и связи, объекты правильной геометрической формы, такие как здания и сооружения, дорожные знаки, светофоры, отбойники, километровые столбы и пр. (рис. 3). Общее количество классифицированных элементов придорожной инфраструктуры составило 1970 единиц. Учитывая размер и расположение некоторых элементов, следует отметить, что распознавание их на аэрофотоснимках было бы или затруднительно, или невозможно вовсе. Это еще раз подтвердило правильность выбора метода мобильного лазерного сканирования для выполнения данного проекта.

Основным преимуществом метода МЛС является минимизация затрат на полевые работы и отсутствие человеческого фактора при сборе данных. По нашим оценкам 95% информации в виде трехмерной модели можно получить непосредственно из массива точек лазерных отражений и фотоизображений. В частности, из «облака точек» были получены количественные характеристики растительности: высота деревьев, расстояния между ними и толщина стволов. Полученные данные являются даже избыточными, но при необходимости на их основе можно подсчитать в том числе и объем кроны деревьев.

Цифровые фотоизображения несут важную информацию о характеристиках объектов, таких как назначение, огнестойкость зданий и сооружений, материал, характеристика опор ЛЭП, наименование населенных пунктов, номера домов, тип до-

рожных знаков, характеристики тех или иных коммуникаций.

Результатом проделанной работы стал цифровой топографический план масштаба 1:1000 в форматах ПО MapInfo и AutoCAD. Каждый из этих форматов решает свои задачи, однако база данных в виде «облака точек» в естественных цветах позволяет получить необходимую информацию как по всему объекту, так и по его отдельным элементам. Собранные один раз высокоточные данные о состоянии дорожного полотна, элементах дороги, пересекаемых коммуникациях и прочем, могут быть использованы многократно для разных задач и до тех пор, пока не устареют, вследствие объективных изменений обстановки на объекте съемки.

Также эта информация может быть использована в дорожном хозяйстве при проектировании автодорог и их реконструкции, согласовании технических условий при прокладке инженерных сетей вблизи дорог, паспортизации дорог, моделировании дорожной обстановки при транспортировке крупногабаритных грузов и многом другом.

#### ▼ Список литературы

1. Паця А.М., Молганов С.М., Дмитриев Д.Н. Безальтернативные методы геодезических изысканий для зеленых территорий // Инженерные изыскания. — 2010. — № 6.
2. Герасимов А.П., Назаров В.Г. Местные системы координат. — М.: Издательство «Проспект», 2010.

#### RESUME

Results of the inventory and executive survey of roads stretching over 600 km in the Sverdlovsk region and the Republic of Bashkortostan, fulfilled in 2013 with the help of mobile laser scanner RIEGL VMX-450 are considered. High efficiency of the mobile laser scanning in terms of the both survey rate and quality of the obtained materials, which can then be used to solve various problems in the road sector, is noted.

# КРУПНОМАСШТАБНАЯ ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ АЭРОФОТОСЪЕМКА С МОТОДЕЛЬТАПЛАНА

**С.И. Матвеев** (Московский государственный университет путей сообщения)

В 1963 г. окончил геодезический факультет Московского института инженеров землеустройства (в настоящее время — ГУЗ) по специальности «инженер-геодезист». После окончания института работал в Государственном институте проектирования городов, ЦНИИГАиК. С 1969 г. работает в Московском государственном университете путей сообщения (МИИТ), в настоящее время — профессор кафедры «Геодезия, геоинформатика и навигация». Доктор технических наук.

**У.Д. Ниязгулов** (Московский государственный университет путей сообщения)

В 1965 г. окончил геодезический факультет Московского института инженеров землеустройства (в настоящее время — ГУЗ) по специальности «инженер-геодезист». С 1983 г. работает в Московском государственном университете путей сообщения (МИИТ), в настоящее время — и.о. заведующего кафедрой «Геодезия, геоинформатика и навигация». Кандидат технических наук.

**А.А. Гебгарт** (Московский государственный университет путей сообщения)

В 2002 г. окончил Государственный университет по землеустройству по специальности «прикладная геодезия». С 2008 г. работает в Московском государственном университете путей сообщения (МИИТ), в настоящее время — доцент кафедры «Геодезия, геоинформатика и навигация». Кандидат технических наук.

**В.П. Шевченко** (Московский государственный университет путей сообщения)

В 1983 г. окончил физический факультет Одесского государственного университета по специальности «физик». Работал во ВНИИФП, ООО «Фирма СТИМ». С 2009 г. работает в Московском государственном университете путей сообщения (МИИТ), в настоящее время — заведующий лабораторией на кафедре «Геодезия, геоинформатика и навигация».

В Московском государственном университете путей сообщения (МИИТ) на кафедре «Геодезия, геоинформатика и навигация» проводятся теоретические и экспериментальные исследования по применению мотодельтапланов для выполнения крупномасштабной топографической аэрофотосъемки. С 1989 г. эти работы ведутся сотрудниками кафедры с использованием мотодельтаплана «Поиск-Об», оснащенного аэрофотоаппаратом АФА-ТЭ. На основании накопленного опыта и после детальной инженерно-конструкторской проработки с

учетом современных технических достижений в 2012 г. на кафедре был создан новый аэрофотосъемочный комплекс на базе мотодельтаплана «Азимут-2М» (рис. 1). Он позволяет выполнять крупномасштабную топографическую аэрофотосъемку линейных и площадных объектов и получать качественные цифровые аэрофотоматериалы с высоким разрешением для создания (или обновления) топографических планов в масштабах 1:2000, 1:1000 и 1:500 [1]. Эти планы могут быть использованы для кадастрового учета объектов недвижимости,

проектирования новых, мониторинга и реконструкции существующих объектов, планирования застройки территорий и др.

В состав аэрофотосъемочного комплекса «Азимут-2М» входят:

— мотодельтаплан «Азимут» («Воздушный мост», 2010 г.);

— цифровой аэрофотоаппарат H4D-60 Aerial с объективами 35, 50 и 100 мм (Hasselblad, Швеция, 2011 г.);

— гиросtabilизирующая платформа AeroStab-3 (GGS GmbH, Германия, 2012 г.);

— система планирования маршрутов и управления поле-



**Рис. 1**  
Общий вид аэрофотосъемочного комплекса «Азимут-2М» во время съемки

том FMS AeroToroL (GGS GmbH, 2012 г.);

— система определения координат центров фотографирования с помощью приемников ГНСС ProPak-V3 (NovAtel, Канада, 2008 г.).

Рассмотрим некоторые результаты работ, выполненных с помощью аэрофотосъемочного комплекса «Азимут-2М», и оценим экономическую эффективность аэрофотосъемки с использованием мотodelьтаплана.

#### ▼ Результаты выполненных работ

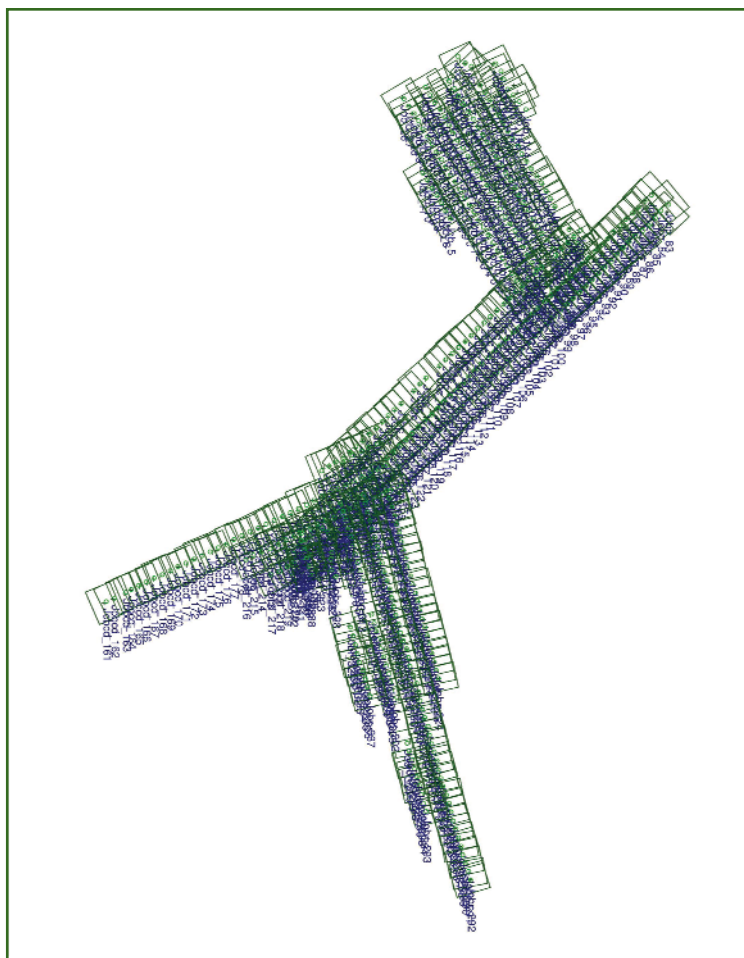
В августе 2012 г. с помощью комплекса «Азимут-2М» была выполнена аэрофотосъемка территории железнодорожной станции площадью 15 км<sup>2</sup>.

Началу работ предшествовала разработка проекта планово-высотной привязки аэрофотоснимков с использованием спутниковых геодезических систем. Проект включал расчет и составление схем планово-высотной основы в соответствии с инструкцией по применению глобальных навигационных спутниковых систем [2]. Для обеспечения точности выполнения фотограмметрических работ было выбрано 113 опорных точек. Точность определения плановых координат и высот этих

точек рассчитывалась в соответствии с требованиями инструкции [1].

На основании проекта были определены координаты пунктов планово-высотной основы с использованием приемников ГЛОНАСС/GPS. Средняя квадратическая погрешность определения координат опорных точек не превысила 0,05 м.

Перед началом аэросъемки были получены все необходимые разрешения на проведение работ. Аэрофотосъемка выполнялась с высоты фотографирования 800 м при фокусном расстоянии камеры — 99,818 мм. Размер проекции пикселя на поверхности земли составил 5 см. Угол Солнца над горизонтом — 30°. Изображение облачности или ее тени в пределах снимаемой территории отсутствовало. Общее количество маршрутов составило 18, а средний угол наклона снимков не превысил 1,1°.



**Рис. 2**  
Схема выполненных аэрофотосъемочных работ на железнодорожной станции

В процессе аэросъемки вся территория объекта была покрыта стереопарами (рис. 2). При этом среднее продольное перекрытие составило 61,2%, а среднее поперечное (межмаршрутное) перекрытие — 34,6%.

Полученный электронный архив цифровых аэрофотоснимков позволяет просматривать изображения, проецировать их в соответствии с элементами внешнего ориентирования, выполнять наглядный монтаж изображений и выводить на печать выбранные сцены.

В обработку были включены аэрофотоснимки, объединенные в четыре блока. Фотограмметрическое сгущение опорной сети выполнялось на цифровой фотограмметрической станции ImageStation путем построения блочных фотограмметрических сетей. При этом на каждой стереопаре было измерено не менее 18 связующих точек в шести стандартных зонах. Всего в результате фототриангуляции суммарно обработали 469 аэрофотоснимков.

Уравнивание выполнялось по методу связок. Аэрофотосъемка была уравнена одним блоком. В результате фотограмметрического уравнивания остаточные средние расхождения в положении опорных точек составили:  $\Delta x = 0,043$  м,  $\Delta y = 0,077$  м и  $\Delta z = 0,022$  м, а остаточные погрешности на связующих точках —  $\Delta x = 0,002$  м и  $\Delta y = 0,001$  м. Эти результаты удовлетворяют требованиям, указанным в [3] к фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических планов масштаба 1:500.

Построение ЦМР осуществлялось на цифровой фотограмметрической станции ImageStation. Были отрисованы орографические линии и с их помощью в автоматическом режиме построены регулярные матрицы высот с шагом 0,5 м. Дальнейшее редактирование осуществлялось оператором. В результате точность ЦМР составила 0,20 м, что удов-

летворяет требованиям, указанным в [3] к фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических планов масштаба 1:500.

Создание цифровых ортофотопланов проводилось на цифровой фотограмметрической станции ImageStation с помощью программы ImageStation OrthoPro в системе отсчета WGS-84 (UTM-37). Аналитическое трансформирование аэрофотоснимков выполнялось в пределах полезной площади аэрофотоснимка. Ортофотопланы были построены с размером пикселя на местности 0,05 м.

В результате выполненных работ получили цифровые ортофотопланы масштаба 1:500 в формате MapInfo на территорию железнодорожной станции общей площадью 13,67 км<sup>2</sup> в количестве 292 планшетов.

Детальное исследование полученных материалов по полноте и точности удовлетворяет требованиям Технического задания и соответствует требованиям действующих инструкций и ГОСТ [1–8].

В августе 2013 г. были выполнены исследования по оценке точности определения координат центров фотографирования (КЦФ) в процессе аэрофотосъемки комплексом «Азимут-2М». Для этого была проведена аэросъемка эталонного полигона, а КЦФ определены двумя методами. Первый метод заключался в совместной обработке файлов полетных данных, полученных в момент аэрофотосъемки с приемником ГНСС NovAtel, установленным на борту мотодельтаплана, и базовой станции ГНСС. Вторым методом заключался в определении КЦФ по результатам развития фототриангуляции по снимкам эталонного полигона и с использованием планово-высотной привязки. Расхождение между двумя методами определения КЦФ составило 15–20 см. Это говорит о корректности определения КЦФ в момент аэрофотосъемки спутни-

ковым методом в дифференциальном режиме.

Таким образом, можно сделать вывод, что аэрофотосъемочный комплекс «Азимут-2М» на базе мотодельтаплана позволяет получать высококачественные цифровые снимки для создания крупномасштабных топографических планов.

#### ▼ Экономическая эффективность аэрофотосъемки при создании крупномасштабных топографических планов

Стоимость аэрофотосъемки условно можно разделить на три части:

1. Стоимость полетного времени.
2. Стоимость амортизации аэрофотосъемочного оборудования.
3. Оплата труда специалистов, обеспечивающих процесс аэрофотосъемки.

Полетное время, в свою очередь, складывается из времени перелета (подлета к району съемки и возвращения к месту базирования летательного аппарата) и времени выполнения аэрофотосъемки. Чем крупнее объект, тем меньшую долю составляет время перелета и большую — время аэросъемки. И наоборот, чем меньше объект, тем большую долю составляет время перелета и меньшую — время аэросъемки. Кроме того, время перелета увеличивается с удалением места базирования аэрофотосъемочного комплекса от объекта. Чем дальше расположен аэродром от объекта аэросъемки, тем больше доля расходов на перелет к месту съемки и обратно. Таким образом, при планировании аэросъемочных работ для получения крупномасштабных топографических материалов небольшого объекта заказчик может рассчитывать только на базирующиеся поблизости аэрофотосъемочные комплексы. Если поблизости таких комплексов нет, то аэросъемка экономически невыгодна. Например, в соответствии с уста-



новившимися рыночными ценами на аэрофотосъемку с самолета АН-30 для масштаба 1:2000, исполнителю невыгодно выполнять съемку объектов площадью менее 400 км<sup>2</sup>. То есть, если заказчик планирует выполнить крупномасштабную съемку объекта площадью, например, 100 км<sup>2</sup>, ему придется заплатить, как за аэросъемку территории площадью 400 км<sup>2</sup>.

Аэрофотосъемочный комплекс «Азимут-2М» на базе мотодельтаплана разработан и оптимизирован для крупномасштабной топографической аэрофотосъемки объектов площадью 10–300 км<sup>2</sup> даже при достаточно большом удалении объекта съемки от места постоянного базирования комплекса. Его экономическая эффективность обусловлена следующими факторами:

— стоимость комплекса «Азимут-2М» в несколько десятков раз меньше, чем стоимость самолета АН-30 или Л-410;

— расход топлива на 1 км у мотодельтаплана в 10 раз меньше, чем у самолета KingAir 350 и в 25 раз — чем у АН-30;

— мотодельтаплан и аэрофотосъемочное оборудование могут быть доставлены к месту съемки сравнительно экономичным автомобильным или железнодорожным транспортом (на кафедре используют автомобиль УАЗ-2206 с прицепом);

— для аэрофотосъемочных работ на мотодельтаплане требуется всего 3 специалиста: пилот, оператор и техник-водитель.

В результате, с помощью комплекса «Азимут-2М» возможно выполнить аэрофотосъемку небольшого объекта в несколько раз дешевле, чем с помощью любого самолета или вертолета.

В настоящее время активно развивается аэрофотосъемка с помощью мотопарапланов и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Предлагается множество вариантов аэрофо-

тосъемки с мотопарапланов, в том числе и съемка «в надир» с целью построения ортофотопланов. Заказчиков привлекают высоким фотографическим качеством и низкой стоимостью получаемых материалов. Обычно, аэрофотосъемка с мотопараплана не позволяет получить материалы, необходимые для построения ортофотопланов в соответствии с действующими нормативными документами [2–4]. Аналогичная ситуация и с фотоматериалами, полученными с помощью БПЛА. Связано это с условиями аэросъемки, так как съемка выполняется малоформатной неметрической фотоаппаратурой и отсутствует стабилизация камеры [9, 10], снимки имеют большие углы наклонов и разворотов. Как следствие, при построении ортофотоплана требуется выполнить значительный объем фотограмметрических процедур и работ по наземной привязке аэрофотоснимков.

Таким образом, можно считать, что аэросъемочный комплекс «Азимут-2М» в настоящее время является наиболее эффективным средством получения цифровых аэрофотоматериалов для создания крупномасштабных топографических планов объектов площадью 10–50 км<sup>2</sup> в масштабах 1:2000, 1:1000 и 1:500 среди всех известных средств, использующихся в России для аэрофотосъемки. В зависимости от конкретных условий также может оказываться, что объекты площадью 50–300 км<sup>2</sup> целесообразнее снимать мотодельтапланом, чем самолетом.

Специалисты кафедры «Геодезия, геоинформатика и навигация» МИИТ выполняют оценку стоимости работ по аэрофотосъемке с помощью мотодельтаплана для целей создания крупномасштабных ортофотопланов и топографических цифровых планов.

#### ▼ Список литературы

1. Инструкции по топографической съемке в масштабах

1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. — ГКИНП-02-033-82. — М.: «Недра», 1982.

2. Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. — М.: ЦНИИГАиК, 2002.

3. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. — ГКИНП (ГНТА)-02-036-02. — М.: ЦНИИГАиК, 2002.

4. Основные положения по аэрофотосъемке, выполняемой для создания и обновления топографических карт и планов. — ГКИНП-09-32-80. — М.: «Недра», 1982.

5. Условные топографические знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. — М., 1986.

6. ГОСТ Р 51605-2000. Карты цифровые топографические. Общие требования.

7. ГОСТ Р 51607-2000. Карты цифровые топографические. Правила цифрового описания. Общие требования.

8. ГОСТ Р 51606-2000. Карты цифровые топографические. Система классификации и кодирования цифровой картографической информации.

9. Михайлов А.П. Еще раз о выборе цифровых фотокамер для выполнения аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов // 12-я Международная научно-техническая конференция «От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии», 22–28 сентября 2012 г., Альгарве, Португалия. — <http://www.racurs.ru>.

10. Зинченко О.Н. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования. — <http://www.racurs.ru>.

#### RESUME

There is introduced a technology of large-scale aerial surveying to create and update topographic plans on scales of 1:2,000, 1:1,000 and 1:500 using the aerial photogrammetry complex «Azimut-2M» based on a motodeltaplan developed at MIIT. This technology verifying results are given together with its profitability economic assessment.

# A Complete Range of Total Station

**GTA1300**  
Gyroscope Station  
Accuracy: 10s/15s



**RTS010/RTM010**  
High Precision Total Station  
Angle Accuracy: 1s  
Reflectorless Distance: 1000m  
Distance Accuracy: 1mm+1ppm



**RTS1002**  
Motor Total Station



**RTS360**

WINCE System, H&V Endless Drives



**RTS350**

WINCE System



**RTS330**

H&V Endless Drives



**TS680**

Professional Field Software



**TS650R**

IP66 Protection, Dual-axi Compensator



**TS650**

IP66 Protection

# 300 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ЦЕЗАРЯ КАССИНИ — СОЗДАТЕЛЯ ПЕРВОЙ В МИРЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЫ

«Для великих дел необходимо неутомимое постоянство.»  
Вольтер

**Г.Л. Хинкис** (Колледж геодезии и картографии МИИГАиК)

В 1968 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономо-геодезия». После окончания института работал на Предприятии № 2 (Хабаровск), в ГПИ и НИИГА «Аэропроект» МГА СССР. С 1972 г. работает в Колледже геодезии и картографии МИИГАиК (ранее — Московский топографический политехникум), с 1990 г. по настоящее время — директор. Заслуженный работник геодезии и картографии РФ.

15 октября 1997 г. был запущен автоматический межпланетный космический аппарат «Кассини-Гюйгенс», созданный NASA, Европейским космическим агентством и Итальянским космическим агентством. Его основной миссией является исследование планеты Сатурн, ее колец и спутников. Орбитальная станция «Кассини» с зондом «Гюйгенс» (рис. 1) прибыла к Сатурну 30 июня 2004 г. и стала его первым искусственным спутником. Зонд «Гюйгенс» в

автоматическом режиме отделился от станции и 14 января 2005 г. совершил посадку на поверхность спутника Сатурна — Титан. Миссия орбитальной станции «Кассини» продлится до 2017 г. [1].

Орбитальная станция была названа в честь Жана (Джованни) Доменико Кассини (1625–1712) — французского астронома итальянского происхождения. Это признание заслуг не только Жана Кассини (известного также как Касси-

ни I), но и ученых династии Кассини, родоначальником которой он являлся. Среди них: сын (Кассини II) — Жак-Доминик Кассини (1677–1756), внук (Кассини III) — Цезарь-Франсуа Кассини де Тьюри (1714–1784) и правнук (Кассини IV) — Жан-Доминик Кассини (1748–1845). Четыре поколения этой уникальной семьи занимались исследованиями в области астрономии и геодезии и возглавляли Парижскую обсерваторию в течение 124 лет с момента ее создания в 1669 г.

Каждый из этих ученых достоин отдельного рассказа, но в данной статье речь пойдет о Цезаре Кассини, который подарил Франции и всему миру первую топографическую карту — карту Кассини [2].

Почему именно сегодня мы вспоминаем об этом ученом? Ровно 300 лет назад, 17 июня 1714 г., в летнем семейном поместье Тьюри су Клермон, департамента Уаза, в 80 км к северу от Парижа и в 25 км восточнее г. Бове, у Жака-Доминика Кассини (астронома и геодезиста, директора Парижской обсерватории с 1712 г.) и Сюзан-



**Рис. 1**  
Орбитальная станция «Кассини» и зонд «Гюйгенс»

ны Шарпантье родился сын Цезарь (Сезар) — будущий Кассини III.

#### ▼ «Новое время»

Прежде чем говорить о начальном периоде жизни Цезаря Кассини, его воспитании, образовании, научной и практической деятельности, хотелось бы дать ретроспективу эпохи XVII–XVIII веков, времени, в котором жили его великий дед и отец. Это было так называемое «Новое время», последовавшее за эпохой Возрождения. Франция в XVIII веке стала одной из самых больших и развитых стран Западной Европы и достигла в этот период своего наивысшего могущества как абсолютистское государство. Энергично развивалась торговля, средства сообщения. Стало необходимым видеть весь мир, иметь его правдивую и научно обоснованную картину, возникла необходимость в систематических съемках больших территорий.

В этот период в Европе несколько затихла жажда путешествий и исследований. Наступила пора, когда ученые приступили к реализации добытых от важными путешественниками сведений и в тиши своих кабинетов и обсерваторий занялись их научно-теоретической обработкой, внедрением новых методов измерений, разработкой теории математической картографии, от успехов которой зависело в дальнейшем и будущее картографической науки в целом.

В 1666 г. была учреждена Парижская академия наук (неофициальное название Академии наук Франции, основанной Людовиком XIV. — *Прим. ред.*), поставившая одну из важнейших задач того времени — проведение градусных измерений (комплекса точных геодезических и астрономических работ с целью изучения и определения формы и размеров Земли) [3].

В числе первых академиков Парижской академии наук были такие знаменитые астрономы, картографы и геодезисты, как Жан Пикар (1620–1682), Гийом Делиль (1675–1726), Жан Батист Бургиньон де Анвиль (1697–1782), Жан Кассини, которые внесли неоценимый вклад в дело изучения Земли [4].

Все усилия ученых «Нового времени» были направлены к возможно более точному определению географических координат, измерению дуг меридианов, чему раньше мешало несовершенство применяемых приборов и методов астрономических и геодезических измерений. Переворот в этом отношении произвел Г. Галилей (1564–1642), который сконструировал астрономическую трубу и подал идею, как пользоваться затмениями спутников Юпитера для определения долгот точек земной поверхности, и В. Снеллиус (1580–1626), голландский геодезист, который впервые в мире применил в 1615 г. точный геодезический метод определения координат точек — триангуляцию. Следует отметить, что идея триангуляции принадлежит нидерландскому математику и географу, профессору университета г. Лувена Г.Фризиусу (1508–1555).

В. Снеллиус также определил в 1616 г. длину дуги меридиана между городами Бергеном и Алкмааром. Дуга длиной в  $1^{\circ}11'30''$  по его измерениям равнялась 55 021 туазу (107 285 м) [5].

Следующими после В. Снеллиуса были работы французского астронома и геодезиста Ж. Пикара, который в 1669 г. по поручению Людовика XIV измерил методом триангуляции длину дуги меридиана в  $1^{\circ}22'55''$  между Парижем и Амьеном и получил очень точный результат — 57 060 туазов (111 261 м). Такая точность результатов из-

мерений была достигнута за счет важных усовершенствований в астрономических и геодезических приборах: в квадранты и секстанты Ж. Пикар ввел зрительные трубы с сеткой нитей в фокальной плоскости [5].

В 1681 г. он впервые предложил создать карту Франции на основе сети сплошной триангуляции, что и было осуществлено впоследствии усилиями четырех поколений семьи Кассини [6]. Цепочка треугольников, проложенная Ж. Пикаром, а позднее в 1680–1718 гг. дополненная Кассини I и Кассини II от Дюнкерка до Кольера, вдоль так называемого Парижского меридиана, стала основой для создания этой сплошной сети.

#### ▼ Цезарь Кассини (Кассини III)

Но, вернемся к Цезарю Кассини (рис. 2). Начальный период его жизни был во многом схож с биографией его отца. Он жил при Парижской обсерватории, получил домашнее образование, которым руководил его двоюродный дед Джакомо Маральди, известный астроном, переехавший из Италии во Францию и также работавший в Парижской обсерватории. После его кончины в 1729 г. обучение Цезаря продолжил его дядя, также астроном и геодезист, Джованни Маральди.



Рис. 2  
Цезарь-Франсуа Кассини де Тьюри (акварельная миниатюра Жан-Марка Натье) [1]

Цезарь Кассини очень рано начал сопровождать отца в экспедициях.

В 1733 г. его отец сделал доклад в Парижской академии наук, где проанализировал текущее состояние картографирования страны и определил пути для его продолжения. Разрешение на проведение работ было получено от короля Людовика XV. В июне 1733 г. Жак-Доминик Кассини совместно с Джованни Маральди, аббатом де ля Гривом и сыном (Цезарем Кассини) приступили к созданию сплошной сети триангуляции на всю территорию Франции, которая должна была послужить обоснованием для топографической съемки, для проверки гипотезы о сжатии Земли, а также установления точных границ Франции [2].

Надо сказать, что от создателей первой точной национальной карты Франции, кроме знаний и навыков, потребовались значительные организаторские способности, умение рационально распределять большой объем ресурсов, правильно планировать геодезические работы и, конечно, дипломатическое искусство. Ведь Франция в XVIII веке не была централизованным государством. Францией, по сути, был Париж и территории, лежащие в его непосредственной близости. В государстве отсутствовала общность экономической жизни, оно было перерезано внутренними таможенными границами. Отдельные провинции были экономически и административно обособлены друг от друга. Территория Франции была населена народами, говорившими на разных диалектах, с широким многообразием собственной истории. Дорожная сеть практически отсутствовала.

В силу этого у местного населения перед «чужаками», которыми являлись участники геодезических работ, был опреде-



Рис. 3

Фрагмент карты с сетью триангуляции (предоставлен отделом картографических изданий РГБ)

ленный страх, связанный с угрозой в разрушении их образа жизни, их доходов. Во многих районах, где проводились измерения, разрушались сооружения, установленные геодезистами. Изгоняли, а иногда и убивали съемщиков из-за боязни при виде их рабочих приборов и непонятных действий, производимых ими.

Таковыми были условия, когда начался процесс создания сплошной сети триангуляции и съемка территории для первой топографической карты Франции.

Обоснование для картографирования Франции в виде около 400 треугольников и 18 базисов было фактически закончено к 1740 г. [2].

Можно было переходить к топографической съемке.

#### ▼ Карта Кассини

В 1744 г. Цезарь Кассини опубликовал книгу «Nouvelle carte qui comprend les principaux triangles qui servent de fondement a la discription geometrique de la France» (Новая карта, содержащая главные треугольники, служащие основанием (основой, фундаментом) для геометрического описания Франции). В ней были изложены принципы создания топографической карты Франции

на геометрической основе, представляющей собой распространение цепей триангуляции на всю территорию страны [6]. В 1744 г. была опубликована первая карта, составленная Цезарем Кассини и Джованни Маральди на одном листе (рис. 3).

Карта была не намного подробнее контурной карты Франции, составленной де ля Гиром в 1684 г. и опубликованной в 1693 г., но на ней были обозначены все треугольники, построенные вплоть до 1740 г. Карта де ля Гира уточняла береговую линию Франции, которая оказалась сдвинутой (по сравнению с ее положением на существовавшей в то время карте) на западном побережье на восток (на 1,5 градуса долготы), а на южном — на север (на 0,5 градуса широты). При виде этой карты Людовик XIV заметил, что картографическая съемка стоила королевству большей территории, чем любая неудачная военная кампания [2].

В 1745 г. на одном из заседаний Академии наук Франции Цезарь Кассини представил более полную карту на 18 листах, в масштабе 1:878 000. Она содержала почти 800 треугольников сплошной сети триангуляции и 19 базисов, созданных за весь период наблюдений. Одним из

открытий, полученных по результатам картографирования, было то, что площадь территории Франция оказалась примерно на 10% больше, чем считалось ранее. Не менее важно, что Кассини II и Кассини III для ее создания определили географическую связь между обсерваториями в Париже и Гринвиче (окрестность Лондона), создав основу для проведения более точных астрономических наблюдений [7].

В 1746–1747 гг. Цезарь Кассини был направлен во Фландрию и Нидерланды для проведения геодезических работ по развитию сети триангуляции и топографической съемке. Триангуляцию он выполнил полностью, а съемку из-за военных действий между Францией и Нидерландами за австрийское наследство полностью завершить ему не удалось. Когда Цезарь Кассини продемонстрировал Людовику XV составленные на тот момент карты этих территорий в масштабе 1:86 400, король сразу оценил их значимость, в первую очередь, для военных целей. Он предложил Цезарю Кассини составить карту всей Франции в том же масштабе и представить план выполнения этих работ министру финансов Франции Ж. Машо. Цезарь Кассини получил государственную поддержку для проведения геодезических работ. Планировалось выделять ежегодно до 40 000 ливров на эти работы. С 1747 г. измерения осуществлялись за счет казны государства (вплоть до 1756 г.).

Следует отметить, что в то время в жизни Цезаря Кассини произошло много событий. В 1747 г. он женился на Шарлотте Друин, дочери Луи-Франсуа, герцога Вандамского, казначея Франции. У них было двое детей: сын Жан-Доминик Кассини (Кассини IV) и дочь Франсуаза-Элизабет. Цезарю Кассини был присвоен дворянский титул: Це-

зарь-Франсуа Кассини де Тюри. В 1748 г. он, как и его отец, вошел в Счетную палату Франции, финансовый орган с административными и юридическими полномочиями, в том числе касающихся земель, находящихся под владением короля. Кроме этого, он был назначен королевским советником. Начался рассвет его деятельности как государственного чиновника и как известного астронома, геодезиста, а также создателя первой в мире топографической карты Франции.

По проекту Цезаря Кассини будущая карта Франции должна была состоять из 182 листов, а работы по ее созданию с учетом необходимых затрат и рабочей силы планировалось закончить к 1770 г., т. е. территорию государства предполагалось покрыть картой масштаба 1:86 400 за 20 лет.

В этот период времени во Франции создались предпосылки для недовольства народных масс, вызванные промышленной революцией, урбанизацией, уходом крестьянства с земли, большими неурожаями и сопутствующим ростом цен на зерно и продовольствие. Государство увязало в долгах. Но, учитывая важность в геополитическом смысле будущих геодезических работ, деньги были выделены, и в 1750 г. работы начались.

Методом создания карты была мензуральная съемка, опирающаяся на пункты триангуляции. Это позволило при топографической съемке территории государства работать одновременно и независимо друг от друга большому количеству съемочных бригад, правильно и легко сводить результаты отдельных планшетов в одно целое, исключать накопление ошибок и получать постоянный и надежный контроль на всех этапах полевых и камеральных работ.

Окончательное оформление содержания планшетов прово-

дилось в камеральных условиях. Следует отметить, что отображение рельефа было еще несовершенно и при его изображении чаще всего ограничивались обозначением склонов буквами D и F (*douce* — слабый, *forte* — сильный).

Повышению точности мензуральной съемки способствовало и совершенствование геодезических приборов. Так, медный градуированный горизонтальный круг был снабжен алидадой со зрительной трубой и микрометром, что позволило при наблюдении горизонтальных углов резко повысить точность их измерений.

Детали методики топографической съемки и последующего составления карт были описаны Цезарем Кассини в 1783 г. в книге «*Description geometrique de la France*» (Геометрическая опись Франции).

В 1756 г. по решению Людовика XV финансирование работ из казны было прекращено по причине начала Семилетней войны.

Цезарь Кассини во избежание остановки работ обратился в Парижскую академию наук и к частным инвесторам. Людовик XV разрешил ему учредить товарищество по финансированию работ и даровал право продажи в течение 30 лет будущих топографических карт. Пятьдесят человек, среди которых был сам король и маркиза де Помпадур, внесли вступительные взносы. Кроме них, в товарищество вошла группа промышленников, которые за долю прибыли от продажи готовых карт также согласились финансировать проект. Некоторые провинции начали брать на себя добровольно часть расходов, так как были заинтересованы в получении топографических карт с изображением их территорий. Работы стали вестись более эффективно [7].

Цезарь Кассини успел увидеть карту почти законченной.



Рис. 4  
Фрагмент карты Кассини [1]

Когда он умер от оспы в 1784 г., всего два из 182 листов карты Франции остались незавершенными.

Карта Кассини, или как еще ее называют «Карта академии», была полностью завершена в 1789 г. (рис. 4). В общей сложности ее создание обошлось в 700 000 ливров.

Возможно, 20-летний срок создания карты, намеченный Цезарем Кассини, был бы соблюден при полноценной поддержке государства. Но с учетом всех трудностей, возникших при столь грандиозном проекте, на все работы потребовалось почти в два раза больше времени. На тот период, это был один из самых амбициозных картографических проектов, который когда-либо предпринимала отдельная страна, и представлял поистине блестящее исполнение. Листы были переплетены в книгу по типу атласа, которая начиналась текстом «Avertissement ou Introduction a la Carte Generale et Particuliere de France» (Уведомление, или Введение к общей и частной карте Франции). На первом листе была помещена карта Парижа и его окрестностей. Если сложить все листы вместе, то они образуют карту длиной 10 м и шириной 10,4 м.

В 1789 г. сын Цезаря Кассини — Жан-Доминик Кассини, бли-

жайший сподвижник отца и с 1784 г. директор Парижской обсерватории, впервые представил карту Национальной ассамблее революционного правительства Франции. На карте было показано новое деление Франции на департаменты. Карта произвела сильное впечатление, было осознано ее военное и политическое значение. Правительство практически конфисковало карту и начало само печатать и распространять ее.

И действительно, это была первая в мире топографическая карта целой страны, на основе сплошной сети триангуляции, созданной в течение 100 с лишним лет, составленная по результатам мензуральной съемки. Карта не была перегружена деталями содержания, хорошо читалась. Особо были выделены и обозначены названия больших дорог, ведущих в Париж. Крупные города показаны детально в плане. Для изображения небольших поселений, церквей, мельниц и других элементов ситуации были разработаны условные знаки. Отображены лесные массивы с дорогами, проходящими через них, показаны имения с именами их владельцев. Гравировка карты была тщательно выполнена. В продажу карта поступила только в 1814 г.

Так, во второй половине XVIII века был создан новый вид карт — топографических, основанных на строгом научном подходе, с применением новых методов и полевых приборов, с учетом критического изучения и обработки картографических источников.

Безусловно, успех в создании карты Кассини был достигнут благодаря упорному труду четырех поколений астрономов и геодезистов великой династии Кассини, а сама карта является их наиболее значительным вкладом в мировую картографию.

#### ▼ Список литературы

1. <http://ru.wikipedia.org>.
2. Ллойд Арнольд Браун. История географических карт. — М.: Центрполиграф, 2006.
3. Салищев К.А. Картоведение. — М.: Издательство МГУ, 1990.
4. Хинкис Г.Л., Зайченко В.Л. Словарь терминов, употребляемых в геодезической и картографической деятельности (термины и словосочетания) / Под ред. А.И. Спиридонова. — М.: Издательство «Проспект», 2009.
5. Быковский Н.М. Картография. Исторический очерк. — Москва-Петроград: Государственное издательство, 1923.
5. Постников А.В. Развитие картографии и вопросы использования старых карт. — М.: Наука, 1985.
6. <http://catnaps.org/cassini/family.html>.

#### RESUME

Caesar Cassini's biography is given in brief. A chronological description is given for the history of creating the first accurate topographic map of France. It was based on the triangulation network of 800 triangles and 19 bases. The triangulation network creation continued for more than one hundred years and the instrumental survey of the whole territory — about forty years. In 1789 a topographic map of France was compiled on a scale of 1:86,400 and it consisted of 182 map sheets. Four generations of the Cassini family participated in this map creation.

## ОКТЯБРЬ

## ▼ Берлин (Германия), 7–9

20-й конгресс и выставка  
**INTERGEO 2014**

HINTE GmbH, DVW

E-mail:

dkatzer@hinte-messe.de

Интернет: www.intergeo.de

## ▼ Москва, 14–16\*

11-я Международная выставка  
геодезии, картографии и  
геоинформатики

**GeoForm+ 2014**

10-я Международная научно-  
практическая конференция  
«Геопространственные техно-  
логии и сферы их примене-  
ния»

Международная выставочная  
компания MVK

Тел: (495) 935-81-00

Факс: (495) 935-81-01

E-mail: zhukov@ite-expo.ru

Интернет: www.geoexpo.ru

## ▼ Хайнань (Китай), 18–24\*

14-я Международная научно-  
техническая конференция «От  
снимка к карте: цифровые фо-  
тограмметрические техноло-  
гии»

«Ракурс», Smartspatio

Technologies (Китай)

Тел: (495) 720-51-27

Факс: (495) 720-51-28

E-mail: conference@racurs.ru

Интернет: http://conf.racurs.ru

## ▼ Московская обл., 22–24

20-я Конференция Esri в  
России и странах СНГ

DATA+, Esri CIS

Тел: (495) 988-34-81

E-mail: dselifonova@esri-cis.ru

Интернет: www.dataplus.ru

## НОЯБРЬ

## ▼ Лас-Вегас (США), 3–5

Международная пользователь-  
ская конференция **Trimble  
Dimensions 2014**

Trimble

Интернет:

www.trimbledimensions.com

## ДЕКАБРЬ

## ▼ Москва, 3–5\*

X Общероссийская научно-прак-  
тическая конференция и выс-  
тавка «Перспективы развития  
инженерных изысканий в  
строительстве в Российской  
Федерации»

ООО «Геомаркетинг», ПНИИИС,  
НП СРО «АИИС»

Тел/факс: (495) 366-24-54

E-mail: conf@geomark.ru

Интернет: www.geomark.ru

**Примечание.** Знаком «\*» отмечены мероприятия, официальные участники которых получат очередной номер журнала «Геопрофи».

## «ОТ СНИМКА К КАРТЕ:



цифровые  
фотограмметрические  
технологии»

14-я Международная  
научно-техническая  
конференция

Организатор конференции



**РАКУРС**  
«Ракурс»  
(Москва, Россия)



**中科博思**  
SmartSpatio  
Technologies  
(Пекин, Китай)

При поддержке

- Международного общества фотограмметрии и дистанционного зондирования (ISPRS)
- ГИС-Ассоциации России
- Национального центра геоматики Китая
- Центра прикладной космосъемки и картографирования Китая

<http://conf.racurs.ru>

18-24 октября, 2014  
Хайнань, Китай



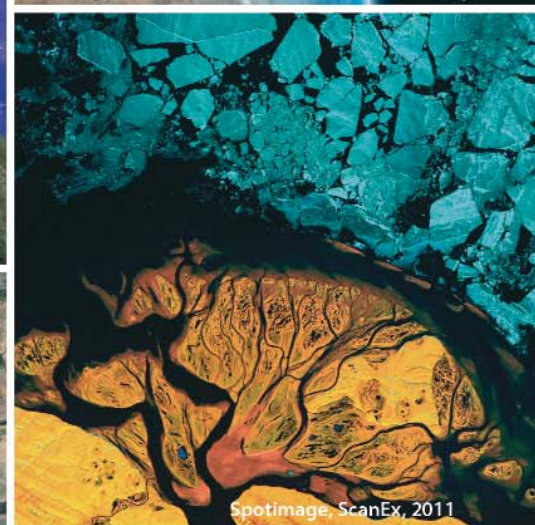


# 11-я Международная выставка геодезии, картографии, геоинформатики

14–16 октября 2014  
Москва, ВВЦ, пав. 75

объединяя опыт

помогаем найти решение



забронируйте стенд на

[www.geoexpo.ru](http://www.geoexpo.ru)

- Оборудование и технологии для геодезии и геофизики
- Геоинформационные системы

- Исследование и моделирование местности, взаимосвязи объектов
- Навигация и мониторинг транспорта

Организатор:



Тел.: +7 (495) 935 81 00  
E-mail: [geoformexpo@ite-expo.ru](mailto:geoformexpo@ite-expo.ru)

Официальный спонсор:



При поддержке:



Генеральный  
информационный спонсор:





**Trimble**  
www.trimble.ru



**Журнал «Геопрофи»**  
www.geoprofi.ru



**JAVAD GNSS**  
www.javadgns.ru



**ГИА «Иннотер»**  
www.innoter.com



**КБ «Панорама»**  
www.gisinfo.ru



**«АртГео»**  
www.art-geo.ru



**Компания «Совзонд»**  
www.sovzond.ru



**VisionMap**  
www.visionmap.com



**«ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»**  
www.gsi.ru



**INTERGEO 2014**  
www.intergeo.de



**GeoForm+ 2014**  
www.geoexpo.ru



**Конференция «Ракурс»**  
conf.racurs.ru/conf2014

# RIEGL LMS-Q1560

**RIEGL**<sup>®</sup>



Двухканальная полностью интегрированная лазерная воздушная сканирующая система *RIEGL LMS-Q1560* с анализом формы отражённого сигнала - инновационный инструмент для выполнения аэросъёмочных работ. Технологические решения, реализованные в системе, позволяют снять требование на поддержание постоянной высоты полёта над землей при выполнении аэросъёмочных работ, что значительно упрощает съёмку участков большого размера и съёмку в сложных условиях городской застройки. Вы получите высокоточные пространственные данные наилучшего качества в кратчайшие сроки!



## Двухканальная полностью интегрированная воздушная лазерная сканирующая система

### Области применения

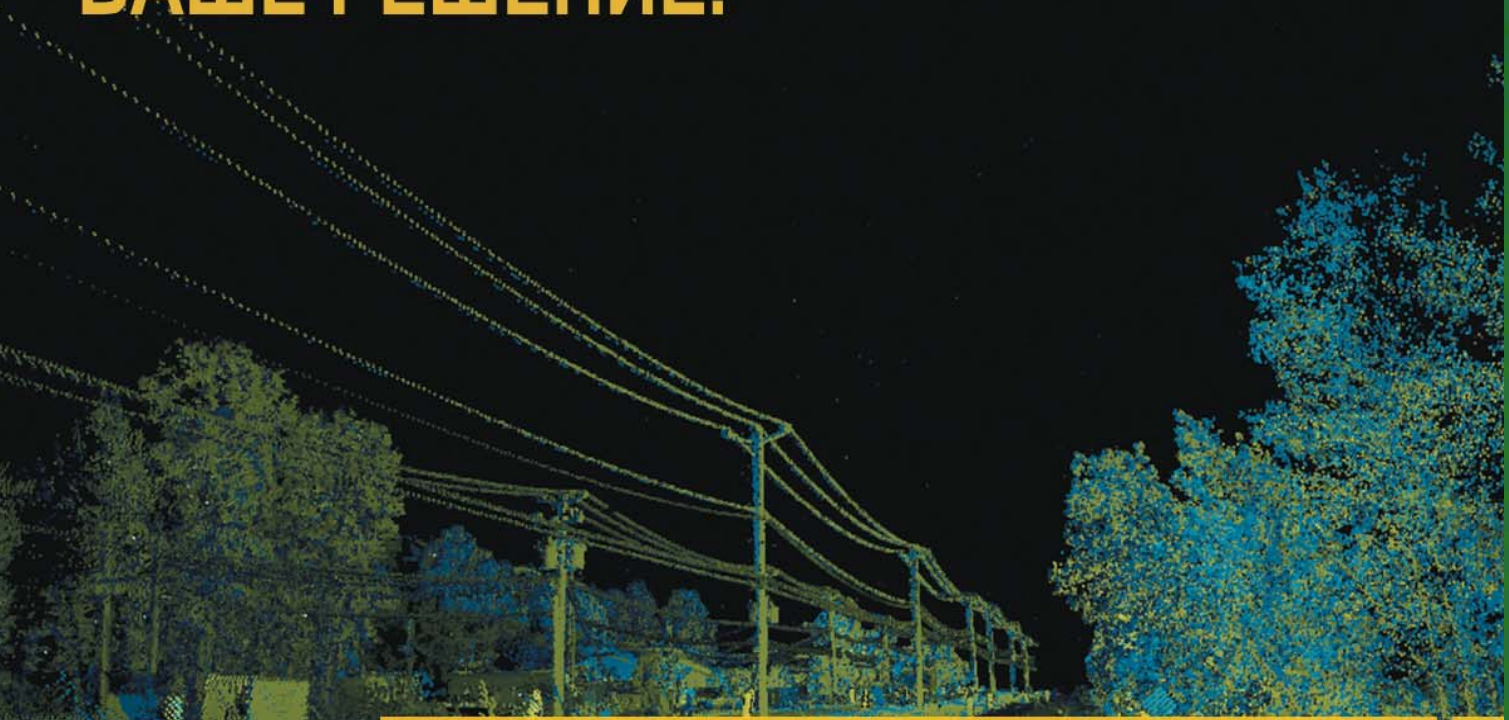
- Площадная съёмка / съёмка с больших высот
- Коридорная съёмка
- Аэросъёмка сложных городских территорий
- Съёмка ледников и заснеженных участков
- Городское планирование
- Съёмка границ водных объектов
- Сельское и лесное хозяйство



### Официальный эксклюзивный дистрибьютор

Россия, 119334, Москва, ул.Вавилова, д.5, корп.3, офис 116  
Телефон: +7 (495) 781 7888  
E-mail: [info@art-geo.ru](mailto:info@art-geo.ru)  
[www.art-geo.ru](http://www.art-geo.ru), [www.riegl.ru](http://www.riegl.ru)

# БЫСТРО. ЭФФЕКТИВНО. ДОСТУПНО. ВАШЕ РЕШЕНИЕ.



## Технологии мобильного картографирования становятся более доступными

Система мобильного картографирования Trimble® MX2, являясь доступной и несложной в освоении, позволяет повысить производительность, сократить издержки и обеспечить безопасность проведения полевых работ в самых сложных условиях.

Trimble MX2 вместе с программным обеспечением Trimble Trident является готовым решением для оперативного сбора и автоматизированной обработки данных мобильного картографирования для научно-исследовательских, проектно-изыскательских и производственных организаций, занятых в сферах добычи и переработки полезных ископаемых, энергетики, транспорта, строительства, а также других отраслях народного хозяйства.

Узнайте больше на сайте [www.trimble.com/drive/](http://www.trimble.com/drive/)



Road Health Assessment Vehicle



© 2013, Trimble Navigation Limited. Все права защищены. Trimble, логотип Globe & Triangle являются товарными знаками Trimble Navigation Limited, зарегистрированными в США и в других странах. Все прочие товарные знаки являются собственностью соответствующих владельцев. GEO-001A-RUS (10/13)