

# МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВИАЦИОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

## О.В. Денисенко (ВНИИФТРИ)

В 1987 г. окончил факультет радиоэлектронных систем Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского по специальности «радиоинженер». После окончания института работал в 32-м Государственном научно-исследовательском институте МО РФ. С 2011 г. работает в ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ), в настоящее время — заместитель генерального директора — начальник НИО.

## А.В. Мазуркевич (ВНИИФТРИ)

В 1998 г. окончил Серпуховский военный институт РВСН (в настоящее время — Серпуховский филиал военной академии РВСН имени Петра Великого) по специальности «приборы и системы ориентации, навигации и стабилизации». После окончания института проходил службу в должности помощника начальника отделения контроля прицеливания и астрономо-геодезического обеспечения войсковой части 44039. С 2002 г. работал в 32-м Государственном научно-исследовательском институте МО РФ. С 2012 г. работает в ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ), в настоящее время — начальник отдела метрологического обеспечения геодезических измерений.

## Д.А. Голуб (ВНИИФТРИ)

В 2013 г. окончила факультет картографии и геоинформатики МИИГАиК по специальности «инженер-картограф». После окончания университета работала в ООО «ГИС ИННОВАЦИЯ». С 2014 г. работает в ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ), в настоящее время — инженер-геодезист.

В современной геодезической практике широко используются технические инновации, прежде всего, в технологиях, касающихся сбора пространственных данных, их обработки и предоставления конечному пользователю. С их помощью круг задач, решаемых на основе геодезических методов, может быть существенно расширен. К примеру, лазерное сканирование и цифровая аэрофотосъемка — это перспективные направления, которые в состоянии обеспечить необходимую точность, полноту и скорость проведения геодезических измерений.

Воздушное лазерное сканирование и цифровая аэрофо-

тосъемка проводятся с помощью авиационных измерительных систем геодезического назначения, основанных на временных и линейно-угловых измерениях, по результатам которых на основе специальных алгоритмов рассчитываются приращения координат между опорной точкой отсчета, находящейся на борту авиационного носителя, и точками земной поверхности. В дальнейшем по этим измерительным данным с использованием специального программно-математического обеспечения в заданной системе координат строится трехмерная модель местности. Такие измерительные системы применяются при выполнении

кадастровых и землеустроительных работ, а также при создании и обновлении государственных топографических карт и планов в графическом, цифровом, фотографическом и иных видах [1].

Общий принцип действия авиационных измерительных систем геодезического назначения (авиационных сканеров) заключается в следующем. Сканирующий пучок импульсного лазерного излучения направляется на земную поверхность в плоскости, перпендикулярной направлению полета. Отраженные сигналы регистрируются приемником излучения и преобразуются в цифровую форму.

В течение полета бортовой спутниковый навигационный приемник регистрирует координаты авиационного носителя, а его угловая ориентация в пространстве измеряется инерциальной навигационной системой. Вся измерительная информация поступает в бортовой регистратор данных. Управление системой осуществляется оператором с компьютера, который связан кабельными соединениями с блоком сканера, спутниковым навигационным приемником, инерциальной навигационной системой и блоками сбора и накопления измерительной информации.

Определение взаимного положения антенны спутникового навигационного приемника и инерциальной навигационной системы проводится при монтаже системы на борт авиационного носителя с использованием средств измерений, не входящих в ее состав. Ориентация системы координат инерциальной навигационной системы относительно блока сканера окончательно уточняется в процессе тестового полета.

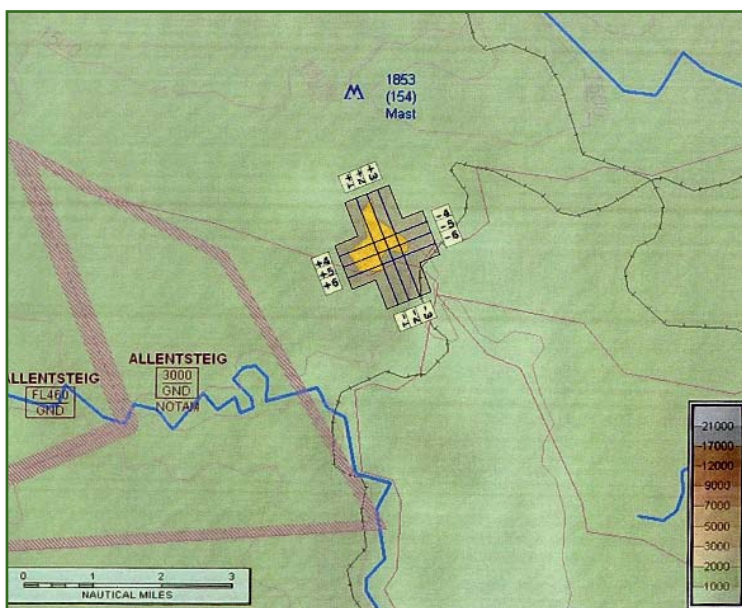
Следует отметить, что, исходя из требований пункта 3 Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» [2], применение авиационных измерительных систем в области геодезии попадает в сферу государственного регулирования обеспечения единства измерений, т. е. такие системы должны проходить процедуру утверждения типа и поверку. В связи с этим возникла необходимость в создании специализированных средств (тестовых полигонов) с нормируемыми метрологическими характеристиками, которые имеют достаточное оснащение для полноценного метрологического обеспечения авиационных измерительных систем.

Как выяснилось в ходе проведенной работы, в настоящее

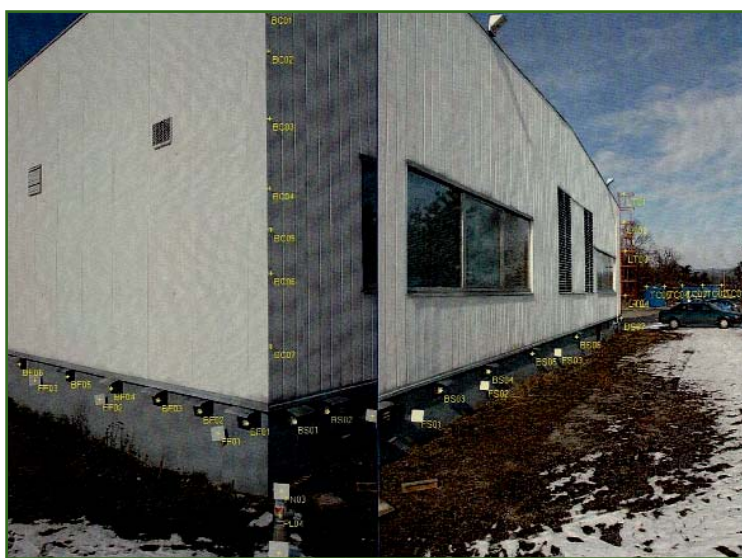
время на территории России отсутствуют узкоспециализированные полигоны для решения подобных задач. Обычно организации, эксплуатирующие авиационные измерительные системы, для оценки их точностных характеристик (калибровки или поверки) используют эталонные пространственные полигоны, не в полной мере отвечающие такому виду работ

без специального дооснащения, или специализированные авиационные полигоны, находящиеся за пределами Российской Федерации.

В связи с необходимостью проведения полноценного комплекса работ по метрологическому обеспечению воздушных сканеров на территории РФ, специалистами ВНИИФТРИ была проведена инициативная



**Рис. 1**  
Общий вид специализированного авиационного полигона (Хорн, Австрия)



**Рис. 2**  
Объект с отражателями и марками на полигоне (Хорн, Австрия)



Рис. 3

Геодезический пункт ФГУП «ВНИИФТРИ» из состава полевого стенда ГЭТ 199-2012 (отрезок 700 м)

научно-исследовательская работа по созданию мобильного комплекта средств для метрологического обеспечения авиационных измерительных систем геодезического назначения (далее — мобильный комплект). Он предназначен для проведения испытаний, проверки и калибровки систем лазерного сканирования и цифровой аэрофотосъемки. Разработанный мобильный комплект используется совместно со средствами из состава Государственного первичного специального эталона единицы длины в диапазоне от 24 м до 4000 км (ГЭТ 199-2012) [3]. Данный мобильный комплект можно также применять для оснащения эталонных пространственных полигонов, находящихся на территории России, или использовать как независимый мобильный комплект при проведении выездных работ, но в таком случае требуются значительные временные и финансовые затраты на подготовку тестового полигона.

Существующие в России пространственные эталонные полигоны создавались еще в советское время и предназначались для хранения и передачи единиц длины, плоского угла, высот, ускорения силы тяжести рабочим средствам изме-

рений (навигационной и геодезической аппаратуре пользователей космических навигационных систем, светодальномерам и радиодальномерам, электронным тахеометрам и лазерным сканерам, теодолитам, гиротеодолитам и гироскопическим платформам на подвижных транспортных средствах, нивелирам, буссолям, гирокомпасам и гравиметрам), применяемым в различных отраслях.

При создании мобильного комплекта средств для метрологического обеспечения авиационных измерительных систем геодезического назначения были изучены зарубежные специализированные авиационные полигоны. В качестве примера можно привести полигон, расположенный в г. Хорн (Австрия). Он представляет собой участок местности с набором трехмерных геометрических фигур, пунктов и объектов с известными значениями координат (рис. 1). На объектах закреплены отражатели и марки с точной привязкой к ним, которые служат для выделения конкретного объекта при проведении испытательных работ (рис. 2).

Исходя из анализа зарубежного опыта, а также учитывая метрологические характеристики существующих и перспективных авиационных измерительных систем, специалисты ВНИИФТРИ разработали сле-

дующий состав мобильного комплекта.

1. Средства, заимствованные из состава Государственного первичного специального эталона единицы длины (ГЭТ 199-2012), такие как:

— набор специальных геодезических построений ФГУП «ВНИИФТРИ» (линейный базис до 3000 м, полевой стенд до 10 км, эталонный пространственный полигон «Иркутский»). Геодезические построения представляют собой набор геодезических пунктов с известными значениями длин линий, координат и высот в системах координат ПЗ-90.11, ГСК-2011, WGS-84 и др. Использование аттестованных полигонов и линейных базисов в значительной степени уменьшает трудозатраты при метрологическом обеспечении воздушных сканеров (рис. 3);

— комплект геодезических средств измерений, обеспечивающий привязку на выбранных участках местности как полного комплекта пунктов с известными значениями длин линий, координат и высот в заданных системах координат, так и привязку дополнительных геодезических построений к имеющимся в составе специализированных полигонов и тестовых участков. Он, в свою очередь, включает в себя высокоточные средства измерения



Рис. 4

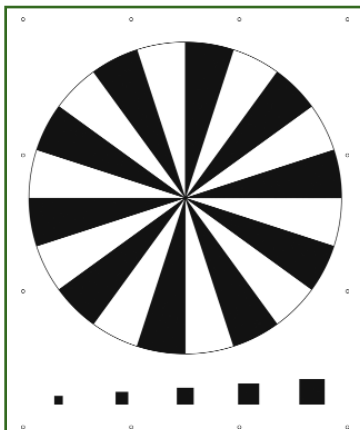
Мобильная лаборатория ФГУП «ВНИИФТРИ»

длины из состава лазерного эталона сравнения в диапазоне от 24 до 3000 м, специализированные приемники космических навигационных систем GPS/ГЛОНАСС/Galileo и комплект дополнительного оборудования (метеостанции, ПЭВМ, штативы, вехи).

Мобильная лаборатория ФГУП «ВНИИФТРИ» размещена на автомобиле, предназначенном для транспортировки к месту проведения работ и технического обслуживания используемых средств измерений (рис. 4) [4].

2. Для обеспечения возможности проведения измерений авиационными средствами разработаны:

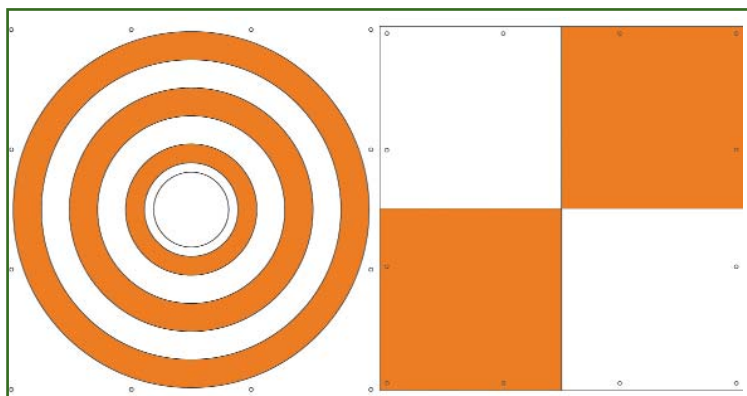
- набор радиальных штриховых миш для оценки качества различных частей снимка, полученного цифровой фотокамерой из состава испытываемой измерительной системы воздушного базирования (рис. 5);
- комплект светосигнального оборудования для обозначения



**Рис. 5**  
Радиальная штриховая миша

и выделения элементов полигона, который представляет собой набор знаков различных размеров и форм со специальной контрастной окраской (рис. 6);

- комплект вспомогательного оборудования (ветроуказатель, материалы и приспособления для закрепления временных центров геодезических реперных точек, прожекторы) и другие элементы.



**Рис. 6**  
Знаки светосигнального оборудования: сигнальная мишень (слева), граничный знак (справа)

Данное светосигнальное оборудование обеспечивает однозначное опознавание элементов геодезических построений полигона на открытой местности на всем диапазоне высот работы авиационных измерительных систем.

Вышеуказанный перечень достаточен для создания тестового полигона, состоящего из набора эталонных построений, необходимых для оценки точностных характеристик воздушных сканеров.

Отметим, что для минимального комплекта тестового полигона требуется не менее 7 базисных линий и не менее 20 геодезических пунктов в заданных системах координат (ПЗ-90.11, ГСК-2011, WGS-84, ITRS) (рис. 7).

Оценка погрешностей измерений длины, горизонтальных и вертикальных углов, координат, высот, азимутов направлений осуществляется методом прямых измерений. При этом результаты измерений данных параметров испытываемых средств сравниваются с эталонными значениями соответствующих параметров полигона.

Также в ходе работы были определены основные метрологические характеристики авиационных измерительных систем, испытания которых возможно провести с использованием мобильного комплекта (см. таблицу).

В заключение следует отметить, что разработанный мобильный комплект средств для метрологического обеспечения может использоваться при ре-

**Основные метрологические характеристики авиационных измерительных систем**

Наименование характеристики	Значение
Возможный диапазон рабочих высот для измерений длин линий и координат точек, м	1–6500
Абсолютная погрешность измерения длины, м	0,001–10
Абсолютная погрешность определения координат точек, м	0,01–100
Диапазон рабочих температур, °С	От –20 до +50



**Рис. 7**  
Фрагмент тестового авиационного полигона на территории ФГУП «ВНИИФТРИ»

шении задач оценки и контроля метрологических характеристик авиационных измерительных систем геодезического на-

значения. При этом данный комплект оборудования, эталонов и средств измерений позволяет обеспечить контроль

точностных характеристик подавляющего большинства существующих и перспективных авиационных сканеров.

#### ▼ Список литературы

1. Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. — <http://fundmetrology.ru>.

2. Федеральный закон от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».

3. Верницкий Д.М., Голуб Д.А., Мазуркевич А.В., Сильвестров И.С., Соколов Д.А. Государственный первичный специальный эталон единицы длины в диапазоне от 24 м до 4000 км // Геопрофи. — 2016. — № 2. — С. 21–25.

4. Щипунов А.Н., Татаренков В.М., Денисенко О.В., Сильвестров И.С., Федотов В.Н., Васильев М.Ю., Соколов Д.А. Эталонный комплекс средств обеспечения единства измерений длины в диапазоне свыше 24 м: текущее состояние и перспективы развития // Измерительная техника. — 2014. — № 11. — С.4–7.



# УСГИК

Акционерное общество «Урало-Сибирская Геоинформационная Компания» производит стереомониторы SM1 с размерами экрана 24" и 27".

Принцип действия стереомонитора основан на совмещении ортогонально-поляризованных изображений двух жидкокристаллических дисплеев с помощью полупрозрачного зеркала и последующей сепарации левой-правой половины стереопары через пассивные поляризационные очки.

Преимуществом такой технологии по разделению фотоизображений в сравнении с «затворной» является отсутствие усталости глаз при длительном использовании, а в сравнении с «построчной» - исключена потеря в разрешении изображения.

В стереомониторах SM1 переворот изображения на верхнем мониторе производится с помощью программного обеспечения собственной разработки. SM1 можно использовать для работы в специальных программных пакетах (например, ЦФС PHOTOMOD), для просмотра статичных изображений или видеоконтента.

АО «УСГИК». Тел. (343) 219-95-99, (343) 379-34-31. E-mail: [usgik@mail.ru](mailto:usgik@mail.ru)