

# УЧЕБНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ГЕОПОЛИГОН ГРУППЫ КОМПАНИЙ «ГЕОДЕЗИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВО»

## А.Н. Воронов (ГК «Геодезия и Строительство»)

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

## В.С. Мельников (ГК «Геодезия и Строительство»)

В 1986 г. окончил факультет прикладной космонавтики МИИГАиК по специальности «космическая геодезия». С 1990 г. работал в Московском АГП, с 2005 г. — в ООО «Навгеоком», с 2012 г. — в ЗАО «ПРИН». С 2016 г. работает в Группе компаний «Геодезия и Строительство», в настоящее время — ведущий инженер.

### ▼ Предпосылки для создания геополигона

Огромное разнообразие моделей приборов, представленных на современном рынке геодезического оборудования, порождает сложности у пользователей при выборе инструментов для конкретных видов работ. Технические характеристики в пределах единой технологической группы и ценовой категории весьма близки. На передний план выступают нюансы функционала, удобства и универсальность программного обеспечения (ПО), а также возможности работы в сложных полевых условиях: застройка повышенной этажности, густая растительность, значительные перепады высот рельефа и пр. В первую очередь, это касается спутникового геодезического оборудования. Причем сведения от поставщиков и пользователей зачастую субъективны и противоречивы, а условия работ не всегда можно сопоставить.

Большое количество вопросов потенциальных клиентов в отдел продаж и в техническую поддержку группы компаний

(ГК) «Геодезия и Строительство» касается сравнения оборудования различных производителей, что вынуждает технических специалистов организовывать проведение испытаний приборов в полевых условиях. Речь не о метрологических поверках на аттестованных базах, а о субъективной оценке надежности и удобства измерений, поведения приборов и возможностей программного обеспечения в заведомо проблемных для измерений условиях работы, стабильности средств связи, ну и, конечно, соответствия заявленным характеристикам точности.

В связи с этим, было принято решение рядом с офисом компаний создать учебно-испытательный геополигон для оценки надежности работы, в первую очередь, спутникового геодезического оборудования.

### ▼ Условия местности в окрестностях геополигона

Геополигон расположен в весьма характерном месте района Южное Тушино, на берегу Сходненского канала. Кроме самого канала с массивным

мостом через него, в непосредственной близости имеется сквер с весьма густой растительностью, высоковольтная ЛЭП на массивных опорах, трамвайная линия, а также территория с застройкой зданиями различной этажности. Тем не менее, есть и участки с полностью открытым небосводом, обеспечивающим надежный прием сигналов спутников глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС).

Геополигон занимает весьма небольшую по размеру территорию — чуть больше 100 метров в ширину и около 200 метров в длину, которая может быть расширена для решения других исследовательских задач.

На боковой стене трехэтажного здания офиса компании, на кронштейне с двумя опорами, закреплена антенна экспериментальной постоянно действующей базовой станции (ПДБС), основу которой составляет приемник российского производства ФАЗА 2. Местоположение антенны обеспечивает хорошие условия приема сигналов спутников ГНСС.

**Основные технические характеристики ГНСС-приемника ФАЗА 2**

Количество каналов — 480.

Возможность работы с ГНСС и сервисами — GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou, QZSS, SBAS, IRNSS.

Возможность снижения многолучевости.

Частота обновления данных — до 20 Гц.

Запатентованные технологии:

— поддержка сервиса постобработки CenterPoint RTX;

— Z-BLADE, позволяющая работать

по одной или нескольким группировкам спутников, например: «только ГЛОНАСС», «только BeiDou» или «BeiDou с ГЛОНАСС»;

— RTK Bridge;

— Backup RTK.

Работа в режиме RTK:

— база CSD;

— база Радио (только с внешним модемом);

— база NTRIP или прямой IP;

— ровер CSD;

— ровер Радио (только с внешним модемом);

— ровер NTRIP или прямой IP.

Точность определения пространственного положения в режиме RTK:

— по горизонтали — 8 мм + 1 ppm;

— по вертикали — 15 мм + 1 ppm.

Хранение и распределение данных:

— планирование сессий записи данных;

— встроенный NTRIP-сервер;

— встроенный NTRIP Caster (опция);

— встроенный RINEX-конвертер;

— встроенный FTP-сервер;

— передача данных на внешний FTP-сервер.

Два антенных входа GNSS.

Литий-ионная аккумуляторная батарея — 7,4 В, 3,7 Ач.

Интерфейс ввода/вывода: USB, Bluetooth и Wi-Fi.

Внутренняя память — 8 Гбайт. Расширение внутренней памяти за счет внешнего накопителя USB-Flash или HDD.

Температура эксплуатации — от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+65^{\circ}\text{C}$ .

Пыле-влагозащитенность — IP67.



Приемник ПДБС работает как тестовая базовая станция, и его данные используются для отладки и отработки технологий, решения учебных и испытательных задач и т. п., а также при проведении тестовых работ (NTRIP RTK, запись данных PP), при этом web-интерфейс приемника доступен для ознакомления в режиме «только чтение».

▼ **Размещение контрольных точек геополигона и точность определения их координат**

Для сравнительной оценки точности определения пространственных координат спутниковым геодезическим оборудованием на территории геополигона было закреплено 17 контрольных точек (рис. 1, 2). Места расположения пяти контрольных точек (1, 2, 3, 4 и 5) были выбраны с открытым небосводом, обеспечивающим надежный прием сигналов навигационных спутников. Места расположения остальных контрольных точек имеют различные осложненные условия приема сигналов навигационных спутников. Так, контрольные точки с номерами 101, 102, 103, 104 и 105 расположены под проводами ЛЭП на расстоянии 10–15 м от оси опор, точки 106, 107, 108, 201, 202 и 203 (анкерные болты опор) — под опорами ЛЭП, а точка 301 — рядом со зданием, под кронами деревьев. Все контрольные точки (за исключением анкерных болтов опор ЛЭП) закреплены дюбелями в асфальт или плиточное покрытие дорожек сквера (рис. 3).

При создании геополигона предполагалось, что основной объем испытаний будет касаться спутникового оборудования, работающего в режиме RTK. Поэтому предельная погрешность определения координат контрольных точек была



**Рис. 1**

Схема расположения экспериментальной базовой станции и контрольных точек учебно-испытательного геополигона

назначена не хуже 10 мм в плане и по высоте.

Плановые координаты и высоты контрольных точек геополигона определялись в условной системе координат. Точка 1 имела нулевое значение координат и высот, а за исходное направление была принята линия 1–2.

Плановые координаты контрольных точек определялись с помощью тахеометра Nikon NPL322+ 2" 2016 Edition, путем проложения двух замкнутых тахеометрических ходов. Один — по точкам с номерами 1, 2, 3, 301, 4 и 1, а другой — по точкам 1, 105, 104, 103, 102, 101, 5, 2 и 1. Плановые координаты анкерных болтов определялись как пикеты от контрольных точек 1 и 2.

Высоты контрольных точек вычислялись по результатам геометрического нивелирования, выполненного с помощью оптического нивелира VEGA L32C, по тем же точкам, что и при определении плановых координат, с включением в качестве пикетов анкерных болтов, принятых в качестве контрольных точек.

Обработка результатов измерений и визуализация проекта проводилась в офисном ПО Spectra Precision Survey Office. Контроль замыканий показал, что предельная погрешность определения плановых координат и высот контрольных точек полигона не превышает 3 мм. В силу минимальной избыточности измерений строгое уравнивание сети полигона не выполнялось. Полученные плановые координаты и высоты всех контрольных точек считались эталонными при сравнительной оценке надежности работы исследуемого геодезического оборудования на геополигоне.

Таким образом, на учебно-испытательном геополигоне можно проводить тестирование ГНСС-оборудования и обучение

работе с ним в различных условиях:

- под высоковольтными линиями электропередачи;
- в условиях плотной застройки разной этажности;
- при переотражении сигналов навигационных спутников от металлоконструкций и водной поверхности;
- под кронами деревьев;
- при съемке контуров объектов, расположенных рядом со зданиями и сооружениями.

Все контрольные точки при испытаниях и обучении подразделяются на опорные и учебные пункты. Контрольные точки с номерами 1, 2, 3, 4 и 5, расположенные по периметру полигона, принимаются, как правило, за опорные пункты. Остальные контрольные точки используются в качестве учебных пунктов. На учебных пунктах исследуется влияние внешних факторов или проводится обучение работе со спутниковым оборудованием в сложных условиях.

▼ **Испытания спутникового геодезического оборудования**

Первым испытанием в условиях геополигона подверглось ГНСС-оборудование из ассортимента ГК «Геодезия и Строительство»: комплекты приемников SP80 (Spectra Precision) и S-Max GEO («Руснавгеосеть»). Каждый комплект приемников был оснащен собственным полевым ПО: SP80 — Spectra Precision Survey Pro, а S-Max GEO — СПУТНИК под Android.

Спутниковые измерения проводились в режиме RTK. Предварительно выполнялась калибровка (локализация) района по пяти опорным пунктам, имеющим надежные условия приема сигналов навигационных спутников.

Результаты измерений загружались в общий проект, где с помощью ПО Spectra Precision

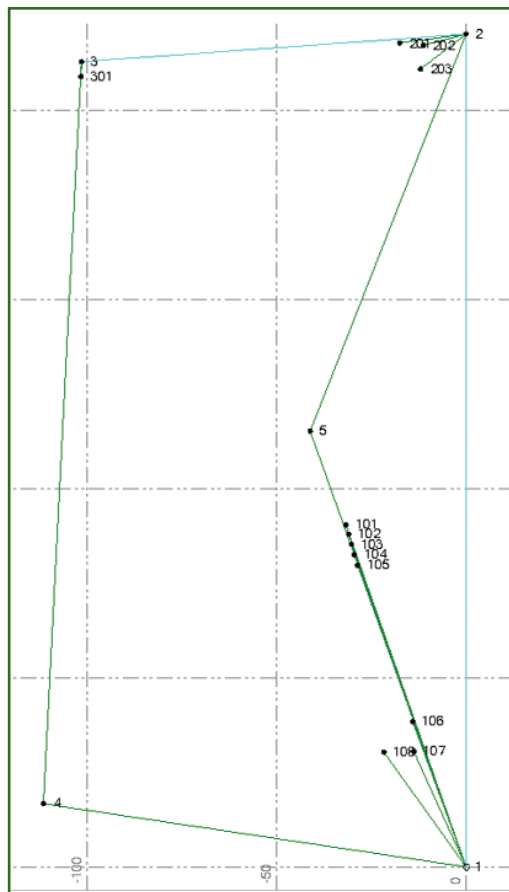


Рис. 2  
Схема расположения контрольных точек

Survey Office версии 4.10 проводилась оценка сходимости полученных координат опорных пунктов с их эталонными значениями (рис. 4).

Летом 2018 г., в рамках мероприятий под общим названием «GNSS Battle», регулярно



Рис. 3  
Контрольные точки

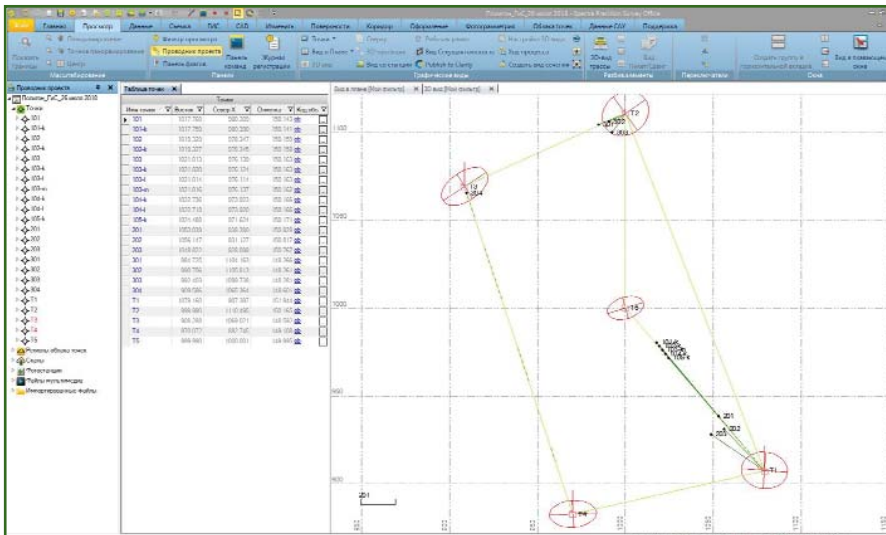


Рис. 4

Оценка точности сходимости измеренных координат опорных пунктов учебно-испытательного геополигона в ПО Spectra Precision Survey Office

#### Основные технические характеристики ГНСС-приемника Spectra Precision SP80

Количество каналов — 240.

Возможность работы с ГНСС и сервисами — GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou, QZSS, SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN, SDCM), NAVIC.

Возможность снижения многолучевости.

Частота обновления данных — до 20 Гц.

Запатентованные технологии Trimble:

- поддержка сервиса постобработки CenterPoint RTX (по IP);
- Z-BLADE;
- RTK Bridge;
- Backup RTK.

Защита от кражи Anti-Theft Technology.

Работа в режиме RTK:

- база GSM CSD;
- база Радио;
- база NTRIP или прямой IP;
- ровер GSM CSD;
- ровер Радио;
- ровер NTRIP или прямой IP;
- «только ГЛОНАСС»;
- «только BeiDou»;
- «BeiDou с ГЛОНАСС».

Точность определения пространственного положения в режиме RTK:

- по горизонтали — 8 мм + 1 ppm;
- по вертикали — 15 мм + 1 ppm.

Встроенный GSM/GPRS-модем.

Электронный уровень.

Две литий-ионных аккумуляторных батареи с возможностью «горячей замены» — 7,4 В, 2,6 Ач.

Интерфейс ввода/вывода: RS-232, Bluetooth и Wi-Fi.

Внутренняя память — 2 Гбайта. Расширение внутренней памяти за счет карты SD/SDHC (до 32 Гбайт).

Рабочая температура — от -40°C до +65°C.

Пыле-влагозащитенность — IP67.



проводящихся ГК «Геодезия и строительство» на геополигоне, испытаниям для сравнительной оценки работоспособности были подвергнуты ГНСС-приемники, поставляемые ГК «Геодезия и строительство», а также оборудование партнеров компании, приглашаемых на эти мероприятия (Pentax G6Ni, EFT M3, South S82-V, Geomax Zenith 35 Pro и др.).

Мероприятие «GNSS Battle» на учебно-испытательном геополигоне ГК «Геодезия и строительство» предназначено как для специалистов, уже использующих приемники ГНСС, так и для тех, кто только определяется с его выбором. Они могут увидеть, как ведет себя интересное их оборудование в реальных полевых условиях.

#### Испытания сканирующего тахеометра SX10

С целью изучения и оценки возможностей новейших технологий на геополигоне были проведены испытания другого типа геодезического оборудования — сканирующего тахеометра Trimble SX10. Впервые он демонстрировался на выставке INTERGEO 2016 и вызвал большой интерес у пользователей во всем мире, благодаря своим уникальным характеристикам и функционалу.

При планировании работ ставилась задача, используя пять закрепленных контрольных точек — опорных пунктов, выполнить пространственную съемку всей инфраструктуры на территории полигона, построить трехмерные модели местности в различные сезоны года (зима, осень и лето) и провести анализ полученных геопространственных данных. Наличие контрольных точек геополигона позволило обеспечить эту работу исходной отсчетной основой, а также оценить качество и точность полученных результатов.

Методика работ включала определение координат опорных и учебных пунктов геополигона методом круговых приемов, а также сканирование местности с каждого опорного пункта. Это позволило повторно определить плановые координаты и высоты всех контрольных точек полигона и сравнить их с эталонными значениями. Дополнительно выполнялось сканирование всей территории полигона с пяти опорных пунктов.

Результаты предварительной обработки полученных результатов визуализировались и анализировались в ПО Spectra Precision Survey Office (рис. 5).

▼ **Дальнейшее развитие учебно-испытательного геополигона**

Модернизация геополигона, в первую очередь, зависит от перспективных видов исследований и предъявляемых к ним требованиям по точности.

Предполагается расширить территорию полигона за счет прилегающего района с застройкой различной этажности и включения участка деривационного канала.

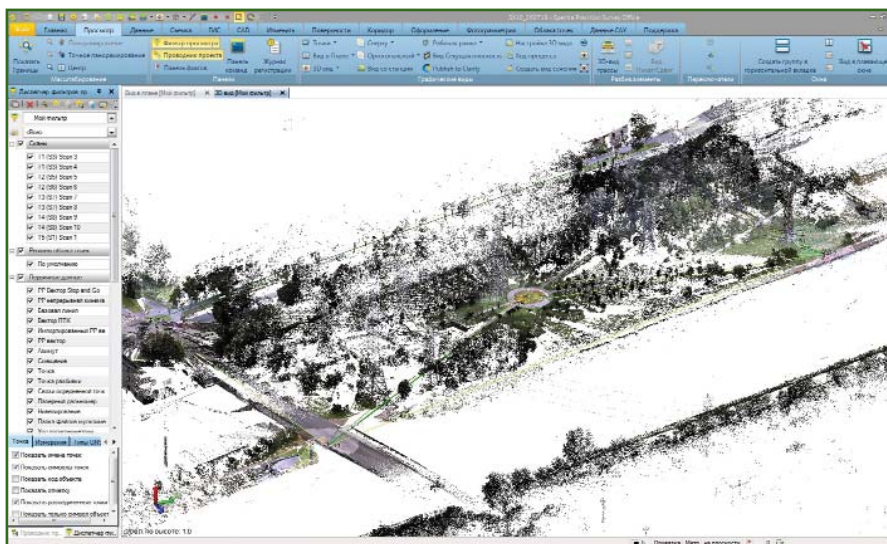
Рассматривается вопрос об определении координат экспериментальной постоянно действующей базовой станции, и, соответственно, контрольных точек геополигона в системах координат города Москвы и Московской области.

Весьма интересным представляется продолжение съемки растительности (деревья и кустарники) и инфраструктуры на территории геополигона с помощью сканирующего тахеометра Trimble SX10 в различные сезоны года с последующим созданием полной 3D-модели.

Анализируется возможность организации сезонного мониторинга стабильности про-

**Основные технические характеристики сканирующего тахеометра Trimble SX10**

- Точность измерения углов — 1".
- Дальность измерения расстояния:
  - по призме — от 1 м до 5500 м;
  - без отражателя — до 800 м.
- Точность измерения расстояния:
  - по призме — 1 мм + 1,5 ppm;
  - по призме в режиме слежения — 2 мм + 1,5 ppm;
  - без отражателя — 2 мм + 1,5 ppm.
- Время измерения расстояния:
  - по призме — 1,6 с;
  - без отражателя — 1,2 с.
- Скорость сканирования — 26,6 КГц (до 26 600 точек в 1 с).
- Дальность сканирования — от 0,9 м до 600 м.
- Принцип сканирования — полосовое сканирование с помощью вращающейся призмы в зрительной трубе.
- Окуляр отсутствует. Принцип получения изображений — 3 калиброванных камеры в зрительной трубе под управлением технологии Trimble VISION.
- Сервопривод — технология сервоуправления MagDrive.
- Закрепительных и наводящих винтов на инструменте нет, точное наведение осуществляется с помощью системы видеокамер и контроллера.
- Управление только с контроллера.
- Связь с прибором — Wi-Fi, широкополосная 2,4 ГГц или по кабелю (USB 2.0).
- Центрирование:
  - конструкция трегера Wild;
  - встроенный видео центрир;
  - разделенная оптика в трегере с оптическим центриром.
- Встроенная перезаряжаемая литий-ионная батарея — 11,1 В, 6,5 Ач.
- Рабочая температура — от -20°C до +50°C.
- Пыле-влагозащитенность — IP55.



**Рис. 5**  
Результаты предварительной обработки данных сканирования тахеометром Trimble SX10 в ПО Spectra Precision Survey Office

странственного положения | надежного их закрепления на контрольных точках и более | местности.