

# ЧТО СКРЫВАЕТСЯ ЗА «БОЛЬШИМ ГЛАЗОМ» SX10\*

Гавин Шрок (Gavin Schrock) — журнал хунт (США)

## ▼ Превосходен в качестве электронного тахеометра

Этот прибор не только обеспечивает сканирование, но и одновременно работает не хуже, если не лучше, любого другого электронного тахеометра. Что касается возможности сканирования, то по скорости SX10 не может конкурировать со специализированными сканерами высокого уровня, однако имеет перед ними несколько преимуществ.

Во многих специализированных сканерах средняя квадратическая погрешность (СКП) измерения дальности с увеличением расстояния начинает вносить небольшую, но постоянно растущую ошибку. Это неблагоприятное воздействие в большинстве сканеров можно увидеть в облаках точек как двойные поверхности и объекты. Команда инженеров сумела уменьшить погрешности при сканировании SX10 до наименьшего уровня в своем классе. Микаэл Норденфельт отметил: «СКП измерения расстояния до 200 м составляет всего 1,5 мм, а при дистанции в 250 м — 2 мм».

Специалисты инженерно-производственного центра предприятия неоднократно подчеркивали непосредственную обратную связь с геодезистами при разработке новых средств измерений, поскольку компания Trimble имеет обширную сеть клиентов, предоставляющих исходные данные и результаты тестирования на различных этапах приемки прибо-

ров. Их отзывы неоднократно меняли направления дальнейших разработок. Так, в ходе совершенствования системы сканирования именно геодезистами было предложено обеспечить в SX10 принципиально новые возможности, что позволило сделать его электронным тахеометром, превосходящим многие показатели существующих приборов данного класса.

«Угловая точность SX10 по проекту составляла 2 секунды», — рассказал Микаэл Норденфельт. «Первоначально предполагалось, что устройство измерения расстояния будет иметь СКП до 4 мм, а в дальнейшем — 2–2,5 мм, при максимальной дальности сканирования 250 м. Но мы продолжали кропотливо работать в этом направлении. Каждый новый скан при повышении точности измерения дистанции становился все лучше и лучше. Прогресс был постепенным, и в прошлом году мы смогли увеличить диапазон измерения расстояния в безотражательном режиме до 600 м и обеспечить угловую точность в 1 секунду».

Кроме того, команда инженеров решила разработать собственную технологию пассивного слежения на основе цифровых камер, хотя такие решения уже имелись у других производителей, и компания Trimble использовала подобные системы в некоторых роботизированных тахеометрах. Микаэл Норденфельт пояснил: «Основной принцип нашей технологии заключается в том, что одно

изображение получается с помощью цветных фильтров в ближней инфракрасной области света в момент, когда следящий лазер освещает призму. Затем лазер выключается, и снимается другое изображение. Эти изображения вычитаются одно из другого, что позволяет исключить все, что освещено внешним светом. Объект выделяется очень четко, и его можно легко обнаружить».

Я испытал эту технологию в полевых условиях, преднамеренно наводя зрительную трубу прибора SX10 на ложные источники света, но все работало безупречно.

## ▼ Камеры

Все электронные тахеометры, выпускаемые предприятием, имеют по несколько цифровых камер, а в SX10 их пять. Кристиан Грассер (Christian Grasser), специалист научно-исследовательского отдела, пояснил: «Это полностью интегрированная система фотокамер для документирования, измерения и обеспечения работы прибора».

Так, один пиксель камеры для центрирования прибора составляет 0,3 мм на поверхности земли при высоте штатива 1,5 м. Эта камера, как и все остальные, разработана и изготовлена на предприятии.

«Встроенная система объединяет три камеры: обзорную, первичную и соосную телескопическую», — рассказал Кристиан Грассер. «Пользователи воспринимают их как одну камеру, позволяющую увеличи-

\* Окончание. Начало в «Геопрофи» № 1-2018, с. 40–43.

вать и уменьшать масштаб изображения на экране планшета, причем переключение происходит очень быстро. В общей сложности, это обеспечивает поле зрения от 0,65° до 57°. Телескопическая камера имеет восемь уровней: первые шесть дают увеличение до 84×, а на седьмом и восьмом — уже видны отдельные пиксели, которые можно многократно увеличить с помощью цифрового масштабирования».

Преимущества этих возможностей стали очевидными в ходе полевых испытаний и (помимо других причин) убедили меня в том, что отсутствие окуляра у SX10 не является недостатком.

#### ▼ Крест сетки нитей

В приборе SX10 отсутствует физическая сетка нитей (или «крест нитей», как его называют на предприятии в Дандерюде). Традиционно крест сетки нитей являлся единственным указателем при любой калибровке и испытании положения лазерных и оптических лучей. Физическое положение сетки нитей

может быть отрегулировано только на несколько микрон, а диаметр лазерного пятна на очень коротком расстоянии составляет один микрон. Команде инженеров пришлось переосмыслить привычные процессы.

Кристиан Грассер отметил: «Отличие SX10 от традиционных оптических приборов заключается в цифровой сетке нитей. Она накладывается на экран и имеет настройки яркости, экспозиции кадра, баланса белого и др. Фокусировка выполняется автоматически или вручную».

Цифровая сетка нитей указывает, где именно находится точка, до которой измеряется расстояние. Положение сетки нитей является функцией расстояния и зависит от того, какая камера активна».

Обзорная и первичная камеры имеют постоянное фокусное расстояние в отличие от телескопической. «Мы компенсируем параллакс между камерами в зависимости от расстояния, на котором находится сетка нитей. Для этого нет необходимости включать режим измерения расстояния, этот процесс происходит автоматически», — пояснил Кристиан Грассер.

Много усилий ушло на устранение искажений в панорамных изображениях, поскольку при работе SX10 используется еще одна технология — наземная фотограмметрия, которая становится общепринятой практикой при применении электронных тахеометров.

Как отметил Кристиан Грассер: «Вся оптика термокомпенсирована, а остальные элементы калибруются во время сборки и тестируются для каждого инструмента, чтобы исключить влияние температуры. Все камеры проходят калибровку геометрии и освещенности, коррекцию цветового сдвига».

Фотограмметрическая обработка панорамных перекрываю-

щихся изображений, снятых с разных точек с помощью SX10, выполняется в программе Trimble Business Center (TBC).

На мой вопрос о стандартах Кристиан Грассер сказал, что на предприятии придерживаются стандартов ISO, а стандарт длины обеспечивается Национальным институтом метрологии Германии (Physikalisch-Technische Bundesanstalt). Частота опорных часов (кварцевых осцилляторов в приборах) контролируется по атомным часам.

#### ▼ Заводские условия

Предприятие выглядит новым и «блестящим», поскольку недавно была проведена его реконструкция и расширение для выпуска SX10. То, что я увидел, можно охарактеризовать как «шведский стиль», который в точности отражает характер рабочей среды, но в нем нет никакой напыщенности. Рабочий день продолжается 7,6 часа. Производственный персонал — это высокообразованные, обученные, опытные и жизнерадостные специалисты, которые находятся в постоянном движении на сборочных и испытательных стандах.

«Сборка приборов происходит на предприятии. Детали поступают из разных мест, но большая часть из них изготавливается здесь», — рассказал Майк Тегге.

Две климатические камеры позволяют проводить испытания при температуре от -20°C до +50°C.

В одном из цехов я увидел многочисленные стенды для исследования устройств измерения расстояний и фотокамер. Коллимационные цели, марки с цветными изображениями и в виде шахматной доски, а также призмы расположены очень близко от стендов и на расстоянии 167 м (на противоположном конце цеха).

В другом помещении, в стене, имеется окно, позволяющее



*SX10 с помощью специального подъемника загружается в климатическую камеру для испытаний ([www.xyht.com](http://www.xyht.com))*

тестировать устройства измерения расстояний и фотокамеры при съемке на значительные расстояния. Марки для наблюдений размещены на нескольких зданиях, одна из них находится на расстоянии 2,43 км.

Имеются также большие массивные столы для калибровки и испытаний компенсаторов.

Майк Тегге отметил: «На предприятии в базе данных хранится полная информация обо всех изделиях и комплектующих узлах, полученная не только во время сборки, но и на протяжении всего срока их службы: дата изготовления, дата проверки, результаты различных калибровок и др.»

Майк Тегге объяснил, что ось луча главного лазера устройства измерения расстояний калибруется, а затем используется в качестве эталона при всех регулировках положения остальных лучей.

Для других изделий также имеются испытательные и сборочные стенды. Только несколько стендов используются как для тахеометров серии S, так и для SX10, например, для калибровки компенсаторов и датчиков наклона. Датчики наклона работают на основе физических свойств жидких поверхностей и фотокамер, с применением двух-



Майк Тегге и Роберт Юнг объясняют Гавину Шроку устройство тахеометров серии S ([www.xyht.com](http://www.xyht.com))

осевых зеркал и силиконового масла. Оптические средства калибруются и испытываются индивидуально. Каждый лазер предварительно регулируется по мощности и расположению. Это микроскопическая работа, и некоторые операции выполняются в «чистой комнате». Почти все калибровочные и испытательные стенды разработаны и изготовлены на предприятии, которое имеет собственный станочный парк, укомплектованный современным оборудованием.

Сканеры TX8 и TX6 собираются на предприятии в Дандерюде, но большая часть работ по изготовлению комплектующих

элементов выполняется во Франции, на предприятии, принадлежавшем компании MENSİ, которую Trimble приобрела в 2003 г. Специализацией этого предприятия является разработка аппаратуры и программных средств для сканирования, в том числе программного обеспечения Real Works и модуля ТВС для отображения и обработки данных сканирования.

Майк Тегге показал мне интересное решение, используемое для испытания лазерных лучей сканеров на различных расстояниях, обеспечивающее безопасность воздействия лазерного излучения. Оно представляет собой конструкцию, состоящую из прямолинейных участков гофрированных труб с зеркальными призмами, соединенных в определенной последовательности.

#### ▼ Испытания

Сценарий, по которому я испытывал SX10, включал в себя топографическую съемку трех участков (застроенной и незастроенной территории и дороги) как для создания топографического плана, так и подготовки документов для получения права собственности на недвижимое имущество на территории США (ALTA). Геодезисты часто добавляют в свои



Испытательный стенд в цеху с коллимационными целями и марками для исследования устройств измерения расстояний и фотокамер ([www.xyht.com](http://www.xyht.com))



*Роберт Юнг дает указания Гавину Шроку по работе с SX10 с помощью планшета ([www.xyht.com](http://www.xyht.com))*

отчеты о состоянии объектов недвижимости результаты сканирования и фотосъемки, а возможности прибора SX10 прекрасно подходят для этих целей.

Роберт Юнг давал мне указания по работе с SX10, и к нам присоединился Леннарт Гимринг (Lennart Gimring), менеджер по топографической съемке и составлению карт крупной многопрофильной консалтинговой компании AF Infrastructure AB (AF), один из первых пользователей прибора SX10.

«Компания AF выполняет все виды работ, включая топографическую съемку для проектирования дорог, взлетно-посадочных полос и других сооружений», — рассказал Леннарт Гимринг. «Нам нравится технология сканирования, поскольку она позволяет объединить данные наземного сканирования с другой информацией, полученной, например, воздушным лазерным сканером».

Леннарт Гимринг также отметил: «Самой полезной функцией в SX10 для меня оказалось то, что перед уходом с площадки я могу просмотреть результаты сканирования и изображения, увидеть пропущенные участки и, при необходимости, повторить измерения, исключив повторное посещение этого объек-

та, что невозможно сделать при других способах съемки.

Кроме того, добавляя цифровые изображения, мы получаем более наглядные данные, что позволяет нашим клиентам оптимизировать процесс проектирования. Даже те из них, которые хотели видеть только чертежи в электронном виде, начинают понимать преимущество таких данных».

Леннарт Гимринг также подчеркнул, что при топографической съемке в районе аэропортов, где ограничен доступ на взлетно-посадочную полосу, использование наземного сканирования дает существенное преимущество.

Для нашего теста мы сделали привязку станции методом простой засечки. Работать с SX10 оказалось привычно и просто, в сущности, как с обычным тахеометром. Кроме того, несомненным плюсом является возможность использовать планшеты. На экране планшета отображается два окна, в одном из которых видно то, что «видит» SX10, а в другом — интерфейс программы для управления прибором.

Мы проверяли возможности работы как с призмой на вехе, так и в безотражательном режиме. Телескопическая камера с цифровым изменением масштаба позволяет получать интересные снимки. Например, опора воздушной линии электропередачи передачи (ЛЭП), находившаяся на расстоянии 200 м, стала серьезным испытанием для проверки функции цифрового масштабирования изображения и управления крестом сетки нитей. Провисы проводов ЛЭП были точно определены по результатам сканирования и легко находились в безотражательном режиме измерения расстояний. Мы увидели изолятор на опоре ЛЭП, который вряд ли смогли бы различить без цифровой фокусировки.

Прибор SX10 предварительно визируется на измеряемый объ-



*Леннарт Гимринг, менеджер компании AF, один из первых пользователей прибора SX10 ([www.xyht.com](http://www.xyht.com))*

ект грубо вручную, а затем с помощью планшета окончательно наводится на точку наблюдений. Если держать клавиши нажатыми, прибор будет поворачиваться быстро, а если нажимать на них с определенным интервалом — пошагово. При уровне увеличения в 7<sup>x</sup> мы могли с помощью клавиш на планшете перемещать крест сетки нитей с интервалом в один пиксель, поворачивая прибор пошагово.

Нет окуляра? Для большинства геодезистов реальное изображение объекта, видимое через окуляр зрительной трубы, может показаться более четким, чем его изображение на планшете, полученное цифровой камерой. Но при наличии возможности увеличения изображения с помощью цифрового масштабирования, можно быть уверенным, что многие из них (как только попробуют) поймут, что это является важным усовершенствованием.

Я искал объекты, которые могли бы вызвать ложные отражения сигнала, как это обычно происходило при использовании функции активного слежения в предыдущих моделях тахеометров, например, дорожный знак, находящийся на некотором удалении и бликующий на солнце. Система слежения без проблем отличала призму от ложных отражений.

Для исследования различных уровней сканирования на фасаде одного из цехов предприятия были выбраны небольшие участки, которые можно было легко обозначить на экране планшета.

Пока прибор выполнял сканирование, мы перешли к топографической съемке с помощью геодезического приемника ГНСС. Необходимо было выполнить съемку объектов, которые могли не отобразиться в облаках точек и на цифровых изображениях. Это касалось опре-



*Облако точек одного из цехов предприятия в Дандерюде после сканирования и обработки в программе ТВС. Фасад здания отсканирован в грубом режиме, а две области (слева и справа внизу) — более детально ([www.xyht.com](http://www.xyht.com))*

деления положения ливневых канав, а также областей фасада здания, на которые с SX10 отсутствовала прямая видимость из-за препятствий в виде автомобилей и изгородей.

Когда топографическая съемка была завершена, мы, по совету Леннарта Гимринга, выполнили почти полное сканирование — на 360° (с «обрезкой» неба), на что нам потребовалось около 10 минут в грубом режиме. Затем мы добавили изображение полной сферы, что заняло, приблизительно, на 3 минуты больше. Одно из преимуществ использования тахеометра в качестве сканера заключается в том, что полученные при сканировании снимки трансформируются, поэтому нет необходимости обеспечивать большие перекрытия, как при съемке сканером.

После обработки данных в ТВС, я подумал, что вся эта наглядная информация — метрические снимки и облака точек, собранные одним прибором, привязанные к уравниваемой опорной сети и интегрированные с результатами съемки спутниковым приемником ГНСС, гораздо больше тех данных, которые можно было бы получить за то же время с помощью обычного тахеометра.

Тахеометр SX10 представляет собой большой шаг вперед, и международная команда должна гордиться своим успехом в разработке совершенно новой платформы. Кроме того, управлять новым прибором также легко, как хорошо знакомым инструментом.

Я спросил у Стеллы Эйнарссон, какое будущее может ожидать SX10 и последующие разработки в этом направлении? Она ответила: «Думаю, что когда-нибудь функции, реализованные в SX10, будут просто обязательными для всех тахеометров». Я склонен с ней согласиться, и, когда слышу, как некоторые спрашивают зачем добавлять такие функции, не нахожу веской причины, чтобы не сказать: «А почему бы и нет?»

Обобщая сказанное выше, хочу отметить, что, изучая и тестируя SX10, я испытал те же чувства истинного восторга, как при первом знакомстве со светодальномером в 1980-х гг. или в 1990-х гг. с роботизированным тахеометром Geodimeter.

Именно такие высококвалифицированные специалисты, как Стелла Эйнарссон и сотрудники ее команды, открывают нам новые возможности в области геодезических измерений.