

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ АППАРАТНО- ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ

А.В. Бойков (АО «НИИМА «Прогресс»)

В 1985 г. окончил факультет прикладной космонавтики МИИГАиК по специальности «космическая геодезия», в 1989 г. — МИЭМ по специальности «инженер-математик». Работал в организациях Минобороны РФ, в РосНИЦ «Земля», в ООО «Топкон Позиционинг Системс» и в ООО «Джавад Джи Эн Эс Эс». С 2022 г. работает в АО «НИИМА «Прогресс», в настоящее время — ведущий инженер-программист. Кандидат технических наук.

А.Г. Зимин (АО «НИИМА «Прогресс»)

В 1999 г. окончил радиофакультет Московского авиационного института (национальный исследовательский университет) по специальности «радиоэлектронные системы». Работал в компании «Топкон Позиционинг системс СНГ» и в ООО «Джавад Джи Эн Эс Эс». С 2022 г. работает в АО «НИИМА «Прогресс», в настоящее время — начальник отдела.

Ю.Г. Ноянов (АО «НИИМА «Прогресс»)

В 1996 г. окончил факультет прикладной космонавтики МИИГАиК по специальности «исследование природных ресурсов». Работал в компании «Топкон Позиционинг системс СНГ» и в ООО «Джавад Джи Эн Эс Эс». С 2022 г. работает в АО «НИИМА «Прогресс», в настоящее время — ведущий инженер-программист. Кандидат технических наук.

З.К. Кондрашов (АО «НИИМА «Прогресс»)

В 1998 г. окончил Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича по специальности «проектирование и технология радиоэлектронных средств» и Российскую академию народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ по специальности «государственное и муниципальное управление». С 2020 г. — генеральный директор АО «НИИМА «Прогресс».

С 2022 г. на Российскую Федерацию было наложено рекордное число санкций, которые напрямую затронули рынок геодезической аппаратуры и программного обеспечения (ПО). Многие иностранные компании прекратили работу в России, зачастую лишив собственных клиентов ранее оплаченных поддержки, сервиса и возможности обновления, а иногда даже заблокировав уже приобретенное оборудование и программное обеспечение. При том, что в России нет своих компаний-разработчиков точного геодезического спутникового оборудования, работа геодези-

ческих, картографических, кадастровых, строительных, сельскохозяйственных, изыскательских и других предприятий практически оказалась под угрозой из-за дефицита спутниковых приемников, сопутствующего оборудования и программного обеспечения. Параллельный импорт не может удовлетворить все возникающие потребности, а использование оборудования отдельных зарубежных производителей не всегда является надежным решением в связи с их неоднозначным отношением к антироссийским санкциям.

Принимая во внимание Постановление Правительства РФ

от 17 февраля 2016 г. № 109 «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий российским организациям на финансовое обеспечение части затрат на создание научно-технического задела по разработке базовых технологий производства приоритетных электронных компонентов и радиоэлектронной аппаратуры», руководство АО «НИИМА «Прогресс» приняло решение включиться в процесс разработки российского спутникового оборудования для проведения геодезических работ. Была поставлена весьма амбициозная задача — создать

полный комплекс аппаратно-программных средств, имеющий целью обеспечить пользователей высокоточной координатной информацией.

Аппаратная часть должна включать: навигационный приемник с разработанными для него микросхемой и платой; ГНСС-антенны как для полевой съемки (интегрированные с приемником и внешние), так и высокоточные Choke Ring антенны для размещения на постоянно действующих базовых станциях; радиомодемы для передачи поправок и модули связи. Программная часть должна включать: ПО для управления и настройки оборудования; офисное ПО для высокоточной обработки спутниковых измерений; ПО для управления базовыми станциями, сбора и хранения измерительной информации, формирования и передачи поправок пользовательской аппаратуре; полевое съемочное ПО.

Для выполнения такого значительного объема работ АО «НИИМА «Прогресс» смогло привлечь разработчиков, имеющих реальный многолетний опыт в этой области, что позво-

лило в относительно короткие сроки решить поставленные задачи. Создается полный спектр оборудования и программного обеспечения под общим названием геодезический комплекс ПроГео [1], который включает: ГНСС-приемники ПроГео, модемы ПроУкв, внешние антенны ПроАнт и программное обеспечение: ПроГеоГНСС, ПроГеоСеть, ПроГеоОфис и ПроГеоМобайл (рис. 1).

Многофункциональная программа ПроГеоОфис предназначена для получения с высокой точностью координат путем постобработки измерений глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) [2]. Целью разработки было создание программы, обеспечивающей пользователя инструментарием для решения задач классической геодезии, топографических и аэросъемочных работ, мониторинга движения объектов, обработки траекторий, в том числе и быстро движущихся объектов (с частотой записи данных до 100 Гц). Получение в результате обработки измерительной информации максимально точных координат сочетается с простым и удобным в

использовании, но в то же время широким в плане функциональности пользовательским интерфейсом. Программа может работать под управлением операционных систем Windows и Linux.

Программная платформа ПроГеоСеть предназначена для управления сетями постоянно действующих ГНСС-станций, обеспечивающих высокоточные геодезические измерения как в режиме реального времени, так и при постобработке [3]. Основными функциями ПО являются сбор измерительной информации со станций сети, ее хранение и обработка на сервере, передача корректирующей информации (поправок) потребителям.

Основными компонентами платформы ПроГеоСеть являются: NTRIP-caster, программы постобработки и уравнивания сетей, модули определения абсолютных координат и скоростей пунктов сети методом PPP, вычисления пространственных полей метеопараметров — тропосферы и ионосферы, базы данных координатных систем, геоидов, калибровок геодезических антенн, каталогов координат



Рис. 1
Геодезический комплекс ПроГео

нат и исходных данных, сервис постобработки.

Программный пакет платформы включает управление и мониторинг сетей базовых станций через web-интерфейс, а также NTRIP-caster передачи поправок с базовых станций, сервер VRS-поправок, облачный сервер обработки файлов измерений. Мониторинг обеспечивает контроль стабильности взаимного пространственного положения пунктов сети, а также анализ качества измерений на каждой станции. Сервис динамично развивается, периодически в нем появляются новые функции.

Программы ПроГеоГНСС для управления и настройки оборудования и ПроГеоМобайл для проведения полевой съемки работают под управлением операционных систем Windows, MacOS и Linux и являются приложениями к приемникам ПроГео.

Спутниковый навигационный многочастотный и многосистемный приемник ПроГео (рис. 2) предназначен для выполнения практически всех типов геодезических измерений: высокоточной геодезической съемки, создания и сгущения геодезических сетей, кадастровых работ, выноса проекта на местность и т. д. Приемник обеспечивает прием сигналов всех существующих ГНСС: ГЛОНАСС, GPS, Galileo, BeiDou, QZSS и NavIC.

Корпус приемника обеспечивает степень пылевлагозащиты IP67 и позволяет работать в широком диапазоне температур от -40°C до $+60^{\circ}\text{C}$. Емкость встроенной батареи дает возможность выполнять съемку в течение полного рабочего дня, также поддерживается быстрая зарядка по кабелю Type-C. Беспроводная связь обеспечивается по каналам Bluetooth и Wi-Fi. Могут использоваться дополнительные сенсоры: инерциальная навигационная система и климатический датчик. Приемник



Рис. 2

Спутниковый навигационный многочастотный и многосистемный приемник ПроГео

имеет размер $160 \times 160 \times H$ мм (высота H от 120 мм и зависит от набора блоков). Вес — от 1350 г (зависит от набора блоков).

АО «НИИМА «Прогресс» разработаны радиомодемы диапазона УКВ (410–470 МГц). Эта серия включает приемо-передатчики мощностью 2 Вт и 35 Вт со встроенной батареей и без нее. Модемы имеют степень пылевлагозащиты IP67 и могут работать при низких температурах (до -40°C). Связь с приемником ПроГео обеспечивается по Bluetooth-каналу. Таким образом, при помощи оборудования «НИИМА «Прогресс» можно проводить геодезические работы при отсутствии сети Интернет.

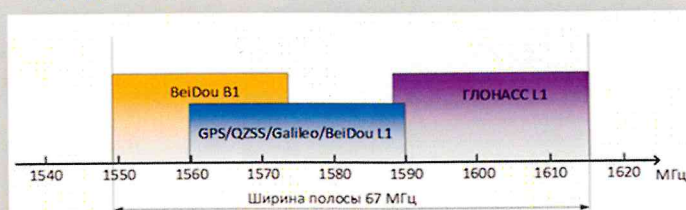
Встроенная антенна в приемник ПроГео и внешняя антенна ПроАнт являются ГНСС-антеннами с высокостабильными фазовыми центрами. ПроАнт — это микрополосковая антенна с четырьмя точками запитки, которая имеет габаритные размеры $160 \times 160 \times 70$ мм и вес 600 г. Она может устанавливаться на стандартной вешке (резьбовое соединение 5/8"). Антенный кабель подключается к стан-

дартному TNC-разъему, расположенному на корпусе антенны. ПроАнт имеет максимальную степень защиты IP68 и способна работать в самых суровых условиях от -45°C до $+85^{\circ}\text{C}$. Кроме антенн ПроАнт разработаны внешние прецизионные всечастотные антенны Choke Ring. Комплекты могут включать защитные конусы от снега, дождя и т. д.

Основные технические характеристики ГНСС-приемника ПроГео определяются микросхемой СБИС для обработки сигналов ГНСС. До настоящего времени в России не было собственной специализированной СБИС для приемников геодезического класса. Разработка СБИС позволит предложить российскому рынку геодезические ГНСС-приемники с высокой степенью локализации. Разрабатываемая СБИС предназначена для обеспечения захвата и цифровой обработки ГНСС-сигналов и включает:

— более 500 универсальных и специализированных корреляционных каналов слежения за всеми существующими ГНСС-сигналами;

Распределение частот сигналов ГНСС в диапазоне L1



Распределение частот сигналов ГНСС в диапазоне L5/L2/L6

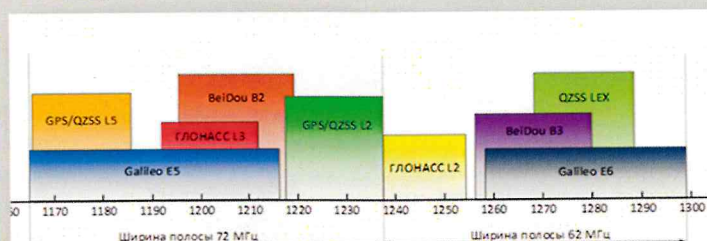


Рис. 3

Выбор структуры обработки сигналов ГНСС

— первичную обработку ГНСС-сигналов;

— фильтры подавления помех и многолучевости;

— системы управления и обработки;

— интерфейсы для обмена данными с внешним вычислителем и периферийными устройствами;

— выявление ложных сигналов (Anti-spoofing);

— способность принимать корректирующую информацию, в том числе через открытые международные и российские сервисы;

— использование оригинальных алгоритмов решения задачи позиционирования (RTK, RTPK, PPP) с применением как внутренних, так и внешних микропроцессоров.

СБИС обеспечивает обработку всех сигналов на всех частотах, включая сигналы с частотным и кодовым разделением. Поддерживаются все существующие ГНСС и имеется возможность расширения для будущих сигналов, включая сигналы NavIC в диапазоне S-Band:

— ГЛОНАСС: L1, L2, L3;

— GPS: L1, L2, L5;

— Galileo: E1, E5a, E5b, E6;

— BeiDou: B1C, B1I, B2a, B2I/B2b, B3I;

— QZSS: L1, L2, L5, LEX;

— NavIC: L5.

В дальнейшем предполагается сделать доступным для пользователей приемников ПроГео открытый сервис HAS ГНСС Galileo и открытые сервисы ГНСС BeiDou и QZSS, а также российский сервис L3 СВО ЭВИ.

Выбор структуры обработки ГНСС-сигналов определяется по принципам:

— должны обеспечиваться все перечисленные свойства за минимально затраченные ресурсы;

— структура аналоговой части сигнала должна в значительной степени определять структуру его цифровой части;

— весь диапазон необходимо разбить на полосы частот так, чтобы обеспечить обработку всех сигналов ГНСС, сохранить достаточный уровень помехозащищенности и минимизировать затраты на аппаратную часть (рис. 3).

Три полосы шириной менее 72 МГц дают возможности:

— использовать аналоговую фильтрацию только для трех полос;

— использовать три двухканальных аналого-цифровых преобразователя (АЦП) с частотой выборки менее 80 МГц (чем меньше количество АЦП, тем меньше потребление и дешевле стоимость приемника);

— уменьшить количество вводов микросхемы (каждая полоса требует 22 ножки микросхемы).

Четвертая полоса S-Band организуется опционально, только для экспортного исполнения.

Среди преимуществ использования именно российского оборудования следует отметить следующие:

— во-первых, производство оборудования локализовано в РФ, и, при необходимости, его дополнительные партии могут быть изготовлены и поставлены заказчику максимально оперативно, без значительных транспортных и таможенных расходов, также не будет проблем с запасными деталями и ремонтом;

— во-вторых, оборудование работает с российским ПО, которое устанавливается и настраивается с учетом потребностей конечных пользователей.

Программное обеспечение застраховано от блокировки, поскольку при обработке предусмотрено использование как всех ГНСС одновременно или их произвольного набора, так и только ГЛОНАСС. Таким образом, пользователи могут быть уверены, что не будут затронуты никакими ограничениями в отношении оборудования и программного обеспечения.

▼ Список литературы

1. ПроГео. — <https://progeo.expert>.
2. Бахарев Ф.С., Бойков А.В., Разумовский А.И., Удинцев В.Г. ПроГеоОфис — программа для обработки ГНСС-измерений // Геопрофи. — 2023. — № 4. — С. 17–20.
3. Куренчиков А.Л., Разумовский А.И., Удинцев В.Г. ПроГеоСеть — управление сетями постоянно действующих ГНСС-станций // Геопрофи. — 2024. — № 4. — С. 14–18.