

МОБИЛЬНЫЙ ГНСС ПРИЁМНИК ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ, СТИМУЛИРОВАННЫХ ЕСТЕСТВЕННЫМИ И ИСКУССТВЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ

Д. А. Когогин¹⁾, А. В. Соколов¹⁾, А. В. Шиндин²⁾, А. В. Рябов²⁾,
Д. С. Максимов¹⁾

¹⁾ Казанский федеральный университет

²⁾ Нижегородский государственный университет
им. Н. И. Лобачевского

Восемнадцатая Всероссийская Открытая конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли
из космоса», 16 – 20 ноября 2020 г., ИКИ РАН

Структура доклада

- 1 **Постановка задачи**
 - Мотивация и актуальность
- 2 **Разработка макета устройства**
 - Технические требования
 - Основные компоненты
 - Тестирование
- 3 **Заключение и выводы**
 - Выводы
 - Планы
 - Контакты для связи

Мотивация и актуальность

В рамках разработки программно-аппаратной платформы открытых данных для измерения, хранения и оперативной публикации результатов комплексных экспериментов на стенде СУРА было принято решение разработать мобильный ГНСС приемник для исследований ионосферных возмущений.

Существующие ограничения подтолкнувшие нас к разработке:

- 1 Низкая плотность сети ГНСС станций в окрестности стенда СУРА, особенно в северном направлении;
- 2 Платная подписка на ГНСС данные и малый «исторический» охват;
- 3 Низкое временное разрешение ГНСС данных (max 1 с (большинство станций 30 с));
- 4 Высокая стоимость профессионального ГНСС оборудования.

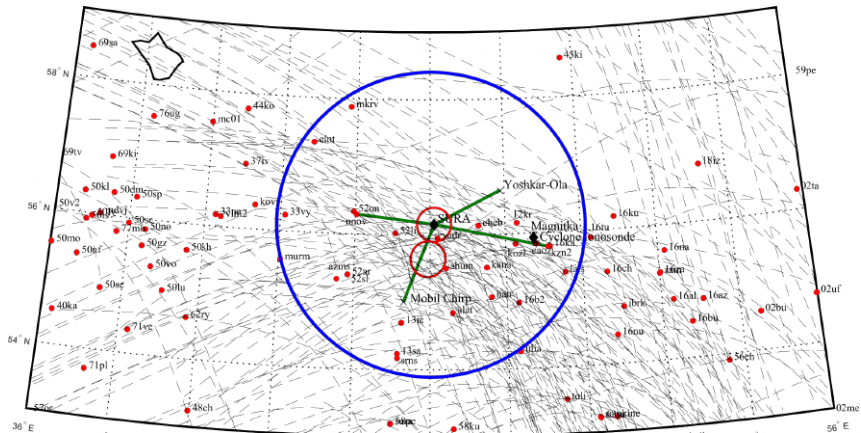


Схема расположения диагностического оборудования в окрестности
станда СУРА.

Требования к функционалу устройства

Создаваемый макет устройства должен обладать следующим функционалом:

- 1 Принимать и сохранять «сырые» ГНСС данные (фазовые и групповые запаздывания сигналов ГНСС и др.), полученные от всех ГНСС созвездий (1176–1610 МГц) с частотой обновления данных до 20 Гц;
- 2 Конвертировать «сырые» ГНСС данные в RINEX-формат;
- 3 Формировать автономный файл с расчетами, включающими в себя только необходимые пользователю параметры;
- 4 Отправлять данные на удалённый сервер для постобработки и оперативной публикации;
- 5 Иметь возможность визуализировать полученные данные в режиме реального времени;
- 6 Итоговая стоимость разработанного устройства должна быть существенно ниже профессиональных ГНСС приёмников.

Основные компоненты устройства



отладочная плата
simpleRTK2B
20 т. р.



Raspberry Pi4 4Gb
6 т. р.

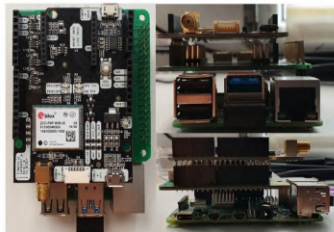
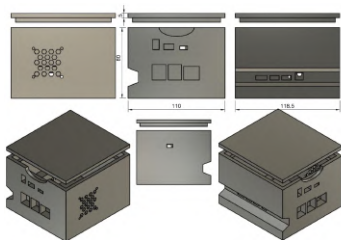


Антенна
10 т. р.

Итоговая стоимость комплектующих менее 40 т.р.

Возможности ГНСС модуля u-blox ZED-F9P

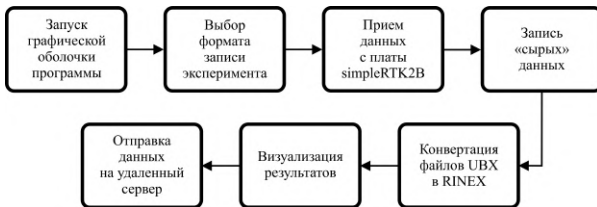
- Параллельный прием сигналов во всем частотном диапазоне основных ГНСС созвездий (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou, QZSS) (1176,45–1610 МГц; диапазоны GPS L1C/A L2C; GLO L1OF L2OF; GAL E1B/C E5b; BDS B1I B2I; QZSS L1C/A L2C).
Общее количество рабочих каналов 184;
- Поддержка многочастотной технологии получения поправок в режиме «кинематики реального времени» (RTK) с быстрым временем сходимости и надежной производительностью;
- Поддержка обновлений навигационных данных до 20 Гц;
- Точность до сантиметра в небольшом энергоэффективном модуле;
- Наличие фирменного программного обеспечения для конфигурации и настройки оборудования для ОС Windows;
- Низкая стоимость.



Внешний вид макета устройства.

Общая блок схема алгоритма работы ГНСС приемника

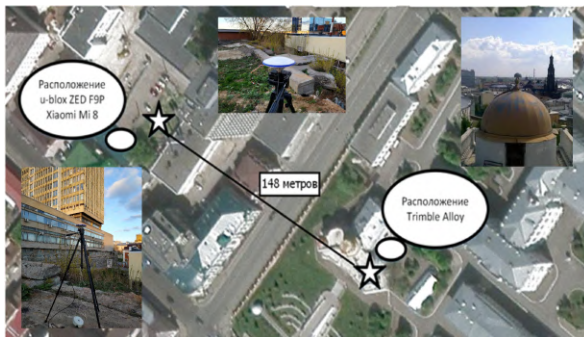
Сбор данных и конфигурирование устройства осуществляется с помощью программы на языке python в среде Linux.



На выбор пользователю предлагается три возможных варианта регистрации данных:

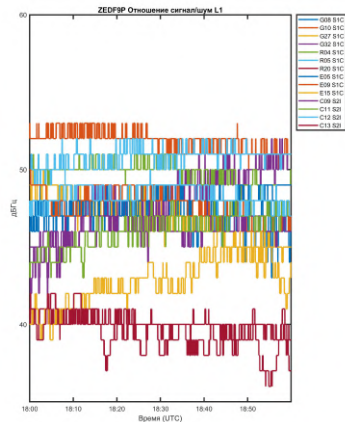
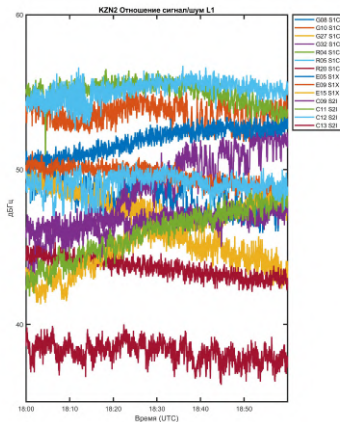
- Запись бинарного файла UBX и «ТЕС» - файла, включающего в себя, идентификаторы спутника и несущей частоты, время GPS, UTC, координаты спутника, данные измерений (псевдодалность, фаза, доплер), ПЭС (по псевдодалности и фазе).;
- Запись исключительно бинарного UBX лог-файла;
- Запись исключительно «ТЕС» - файла.

Тестирование

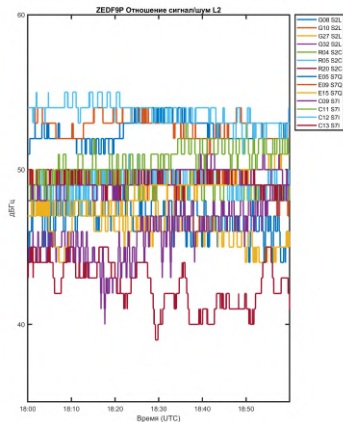
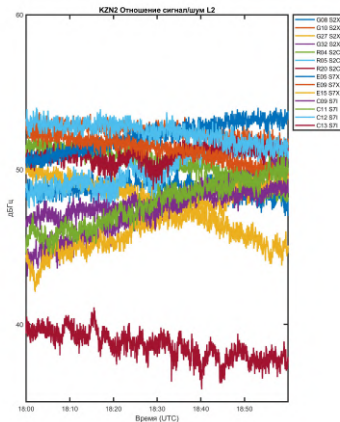


С целью первичной оценки качества работы разработанного ГНСС приемника на базе модуля u-blox ZED-F9P была проведена валидация полученных данных, с данными станции KZN2 сети IGS. Во время записи разработанный ГНСС приемник и смартфон Xiaomi Mi 8, оснащённый двухчастотным ГНСС модулем находились на расстоянии 150 м от станции сети IGS – KZN2.

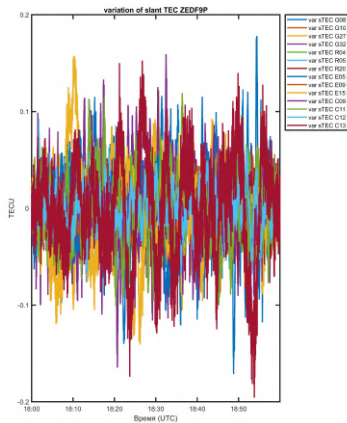
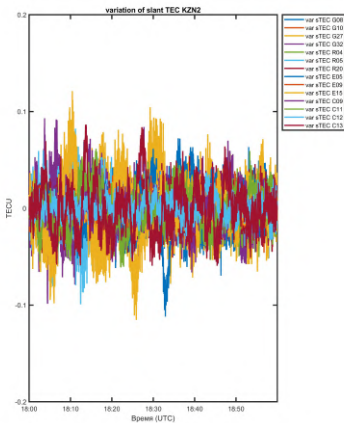
Отношение сигнал/шум L1



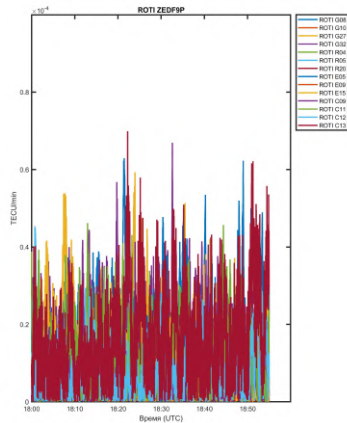
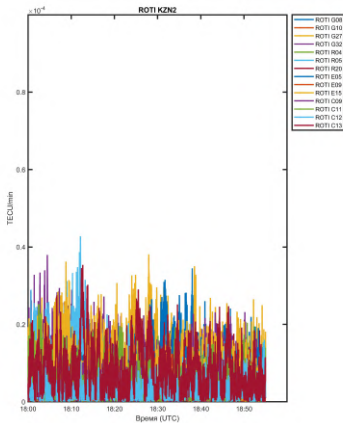
Отношение сигнал/шум L2



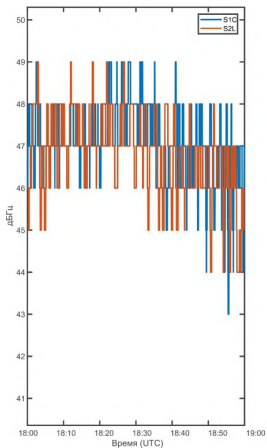
Вариации наклонного ПЭС



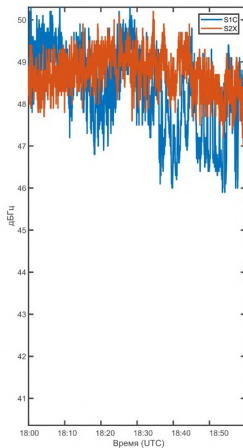
ROTI



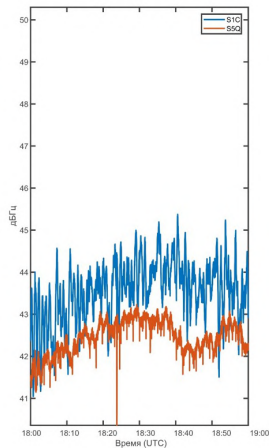
u-blox ZED-F9P



Trimble Alloy KZN2 IGS



Xiaomi Mi 8

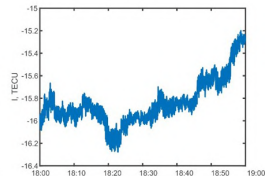
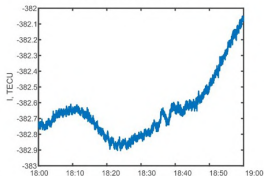
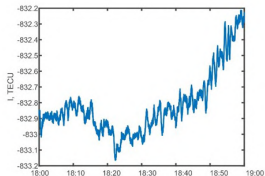


u-blox ZED-F9P

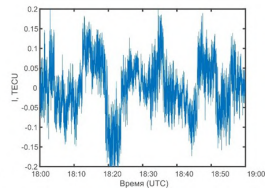
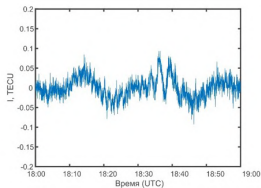
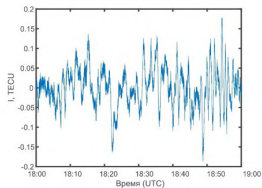
Trimble Alloy
KZN2 IGS

Xiaomi Mi 8

slant TEC



var sTEC



Выводы

- Результатом проделанной работы является создание мобильного бюджетного ГНСС приёмника для исследования ионосферных процессов. Натурный эксперимент показал, что разработанный ГНСС приемник приближен по характеристикам, в части регистрации ПЭС к приемнику Trimble Alloy компании Trimble.
- Разработанное устройство способно обеспечить малые научные группы мобильным и доступным по цене оборудованием регистрации ГНСС данных. Это в свою очередь может способствовать повышению пространственно-временного разрешения карт распределения интенсивности вариаций ПЭС, карт ROTI за счет расширения сети ГНСС станций в окрестности стенда СУРА, путём создания новых станций на базе данного приемника.

Важными достоинствами разработанного ГНСС приёмника являются:

- Возможность расчёта и визуализации ПЭС в режиме реального времени, в отличие от ретроспективного подхода, используемого в настоящий момент на стенде СУРА;
- Возможность работы от независимых источников питания (солнечная панель, ветровая станция и др.) за счет низкого энергопотребления;
- Автоматическая передача данных на удаленный сервер по стандартным телекоммуникационным каналам с минимальной вероятностью потери пакетов.

Благодарности

Разработка и создание макета ГНСС приемника на базе модуля u-blox ZED-F9P выполнены при поддержке **РФФИ (№ 20-32-70198)**.
Обработка экспериментальных данных, визуализация результатов и подготовка доклада выполнены при финансовой поддержке **РНФ (№ 19-72-00072)**.

Дальнейшие планы

- Установка разработанного макета ГНСС приёмника в непосредственной близости от IGS станции KZN2 и его запуск в «дежурном» режиме;
- Накопление большей выборки ГНСС данных, измеренных с помощью разработанного макета ГНСС приёмника;
- Анализ сбоев в сопровождении фаз несущих сигналов навигационных спутников во всем частотном диапазоне (1176–1610 МГц) основных ГНСС созвездий, сбоев в регистрации ПЭС, точности позиционирования;
- Детальный сравнительный анализ разработанного устройства с профессиональными геодезическими решениями;
- Публикация документации и программы управления разработанным ГНСС приёмником в открытом доступе.

Спасибо за внимание!

**Thanks so much
for your attention!**



Interested? Contact us!
denis.kogogin@gmail.com; shindin@rf.unn.ru

