

## **СИСТЕМА СБОРА И ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ СИСТЕМЫ АИС НА БАЗЕ КУБСАТОВ И НАЗЕМНЫХ СТАНЦИЙ**

С.Б. Макаров, С.В. Волвенко, С.В. Завьялов, И. Лавренюк, И.Н. Горбунов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

[makarov@cee.spbstu.ru](mailto:makarov@cee.spbstu.ru)

**Введение.** Российский проект «Space-Pi» реализуется с 2022 по 2025 год. Этот проект призван привлечь школьников и студентов вузов к научно-технической деятельности и популяризировать среди них космические исследования и технологии. Также предполагается использование программно-аппаратных комплексов в образовательной среде (конструкторы кубсатов, виртуальные двойники спутников и тестовые платформы) для работы в школах, вузах и центрах разработки. Научная составляющая проекта заключается в получении новых знаний и их практическом применении при создании кубсатов и полезной нагрузки для них. Предполагается проверка научных гипотез, развитие направлений обработки данных за счет удешевления методов получения данных, собираемых группировкой кубсатов, а также повышения надежности и миниатюризации их бортовых систем.

Важной частью проекта «Space-Pi» является создание сети наземных станций для приема информации с малых космических аппаратов [1, 2]. Основным требованием к этим станциям является их простота и максимальная доступность как по стоимости, так и по эксплуатационным возможностям. Такие станции обеспечивают двусторонний обмен информацией с космическими аппаратами в диапазоне частот 435-438 МГц, прием и обработку данных, передаваемых в диапазоне УКВ любительскими и учебными спутниками, прием сообщений от экипажа международной космической станции и радиолюбителей на Земле.

Одним из вариантов применения сети наземных станций является прием сигналов от кубсатов, предназначенных для сбора данных системы АИС. Система АИС представляет собой набор приемопередатчиков, расположенных как на кораблях, так и на береговых базовых станциях [3, 4]. Эти устройства способны обмениваться информацией о кораблях: местонахождение, курс, скорость и другие технические данные. АИС также позволяет обмениваться дополнительной информацией, которая предусмотрена стандартами, в том числе широковещательными и адресными сообщениями [5, 6]. Поскольку АИС работает в диапазоне УКВ и высота установки приемопередатчиков ограничена высотой судна, дальность связи составляет в среднем около 50-70 км (около 30 морских миль). Это определяет размер зоны, в которой корабли могут обмениваться всей предоставляемой информацией. В АИС используется самоорганизующаяся система множественного доступа, которая гарантирует возможность приема и передачи сообщений без конфликтов с другими приемопередатчиками в той же зоне. Если судно находится далеко от берега, обмен информацией с базовой станцией невозможен, в связи с чем возникает проблема слежения за удаленными судами. Для решения этой проблемы используются космические корабли. В качестве такого устройства используется платформа на кубсатов.

В данной статье будет представлена система, состоящая из сети наземных станций и спутников-кубсатов, предназначенная для приема и обработки сигналов системы АИС.

**Система наземных станций для приема сигналов от кубсатов.** В проекте «Space-Pi» наземные станции предназначены для решения следующих задач: прием телеметрической ин-

формации, поступающей во время сеансов связи с космическим аппаратом по каналу радиосвязи, передача ее в цифровом виде в систему долговременного хранения; обработка и временное хранение полезной информации, передача ее в цифровом виде для анализа; прогнозирование движения космических аппаратов по орбите, расчет условий сеансов связи, отображение на карте траектории кубсатов, местонахождение и зону радиовидимости антенны, диагностика и программное управление антенной, планирование сеансов связи.

Отметим, что наземная станция может обеспечивать обработку телеметрической информации с любых кубсатов, в том числе любительских и студенческих спутников для оценки: параметры системы электроснабжения; температурный режим бортовых систем; параметры системы связи; условия нахождения спутника в тени или освещенной части орбиты; тенденции состояния бортовых систем.

Станция оснащена направленной УКВ-антенной, расположенной на поворотной платформе, малошумящим усилителем (МШУ) с инжектором, обеспечивающим ее питание, приемопередающим блоком электроники, антивандальным блоком подогрева и обработки, фидерной линией. Поворотная платформа обеспечивает возможность наведения антенны на космический аппарат, летящий в зоне радиовидимости. Станция также оснащена набором программного обеспечения, необходимого для контроля и управления датчиками, а также для обработки получаемой информации.

Основные характеристики этой антенны следующие: усиление: 6-8 дБи, низкие требования к размещению, простая установка, малая ветровая нагрузка, легкая конструкция, низкие эксплуатационные расходы, широкая диаграмма направленности.

**Кубсаты для приема сигналов системы АИС.** 9 августа 2022 года на ракете-носителе «Союз-2.1Б» на орбиту выведено несколько космических аппаратов CubeSat 3U, несущих полезную нагрузку — бортовые космические приемники сигналов АИС. С 2023 года данные АИС, собираемые этими аппаратами с орбиты, уже используются для мониторинга и обеспечения безопасности движения рыболовных судов. Сами космические аппараты разработаны компанией «Спутникс» совместно с ведущими российскими университетами, в том числе Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (рис. 1). Эти наноспутники были запущены на околоземную орбиту и до сих пор активны и функционируют.

Бортовой приемник AIS представляет собой программно-аппаратный комплекс, разработанный специально для установки на спутник CubeSat (рис. 2). Устройство разработано и испытано в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого. Приемник принимает и обрабатывает сигналы АИС, передаваемые по каналам 161,975 МГц и 162,025 МГц от передатчиков как класса А, так и класса В (с пониженной мощностью). Приемник имеет один антенный вход. Чувствительность приемника позволяет ему уверенно принимать сигналы мощностью 2 Вт на расстоянии более 2500 км. Вся обработка и декодирование производится непосредственно в бортовом приемнике.



а)

б)

Рисунок 1 –

а) Кубсат CubeSat 3U SXC3-214-MIET-AIS с установленным приемником сигналов системы АИ

б) Кубсат CubeSX-HSE-2 с установленным приемником сигналов системы АИС

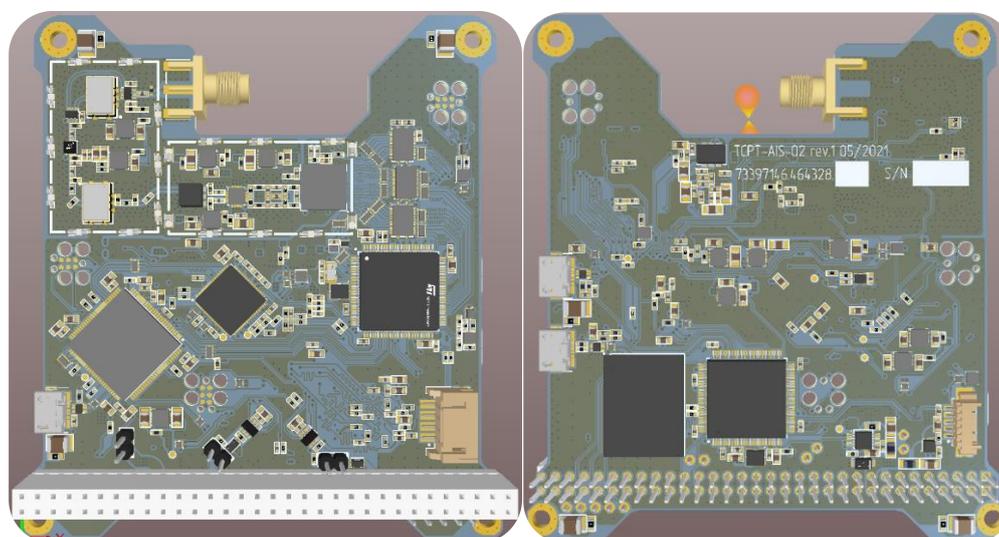


Рисунок 2 – Внешний вид модели бортового приемника сигналов системы АИС

Приемник сигналов системы АИС передает полученную информацию на бортовой компьютер малоразмерного космического корабля, затем собранная информация сбрасывается с кубсата на Землю с помощью сети наземных станций. Станции принимают телеметрию от транспортных средств, передают команды управления и получают информацию от полезной нагрузки. С момента запуска космического корабля также был проведен ряд испытаний, в ходе которых оценивалась правильность функционирования аппаратов и полезной нагрузки.

**Результаты работы системы, состоящей из сети наземных станций и спутников-кубсатов для приема и обработки сигналов системы АИС.**

Результатом обработки информации бортового приемника АИС являются данные о морских и речных судах, береговых станциях, буях и других устройствах, оснащенных передатчиками АИС. После обработки с помощью программного обеспечения можно отображать расположение кораблей на карте (рис. 3), а также строить треки их движения. На рис. 4 показаны примеры информации по морским судам на Северном морском пути, Дальнем Востоке, а также речные суда Российской Федерации.

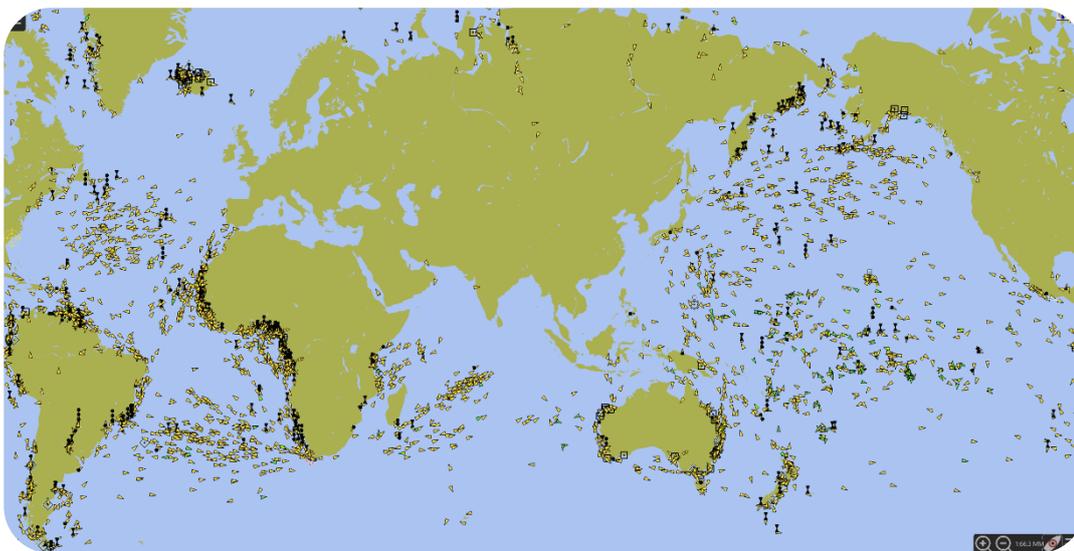


Рисунок 3 – Визуализация принятой информации системы АИС

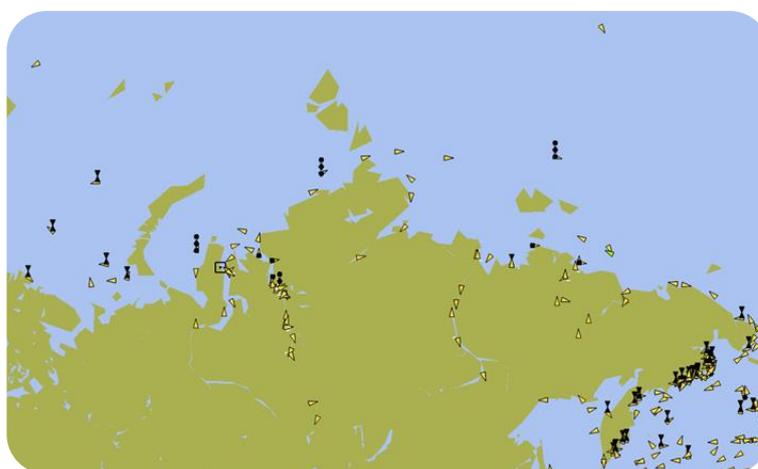


Рисунок 4 – Пример информации по морским судам на Северном морском пути, Дальнем Востоке, а также речные суда Российской Федерации

**Заключение.** Осуществлен запуск кубсатов с бортовыми приемниками АИС в качестве полезной нагрузки. Эти устройства были разработаны в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого. Космические аппараты получают информацию для контроля навигации: название и принадлежность судна, тип и статус, местонахождение, курс и скорость судна, дату и порт назначения. Прием и обработка информации от спутников выполняется с помощью сети наземных станций. Успешно выполнено тестирование всей системы.

Работа выполнена по программе Space-Pi.

**Список литературы:**

1. D. Selva, D. Krejci. A survey and assessment of the capabilities of Cubesats for Earth observation // Acta Astronautica, vol. 74, pp. 50-68.
2. B. Klofas, J. Anderson, K. Leveque. A survey of Cubesat communication systems // CubeSat Developers Conference San Louis Obispo, 2008.
3. M.Y. Chen, H.T. Wu. An Automatic-Identification-System-Based Vessel Security System // in IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 19, no. 1, pp. 870-879, Jan. 2023, DOI: 10.1109/TII.2021.3139348.

4. Vessel Monitoring Application Using Automatic Identification System Data / W.P. Putra, A. Sumarudin, A. Suheryadi [et al.] // 2022 International Conference on Electrical Engineering, Computer and Information Technology (ICEECIT), Jember, Indonesia, 2022, pp. 95-98, DOI: 10.1109/ICEECIT55908.2022.10030188.
5. Unfolding AIS Transmission Behavior for Vessel Movement Modeling on Noisy Data Leveraging Machine Learning / G. Spadon, M. D. Ferreira, A. Soares [et al.] // in IEEE Access, vol. 11, pp. 18821-18837, 2023, DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3197215.
6. Software Defined AIS Receiver Implementation Based on RTL-SDR and GNU Radio / B. Oumimoun, L. Nahiri, H. Idmouida [et al.] // 2022 IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile (APWiMob), Bandung, Indonesia, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/AP-WiMob56856.2022.10014409.