

## РАЗРАБОТКА APRS ТРЕКЕРА

Кан. Д. В., Рудьковский Д. Н.  
Научный руководитель – д. т. н., директор ИНК, Бориков В. Н.  
кафедра ТПС, Томский политехнический университет  
dikey95@bk.ru, dnr3@tpu.ru

### Введение

В марте 2016 года Томским политехническим университетом (ТПУ) с помощью ракеты-носителя «Союз-2.1а» на борт МКС был доставлен малый космический аппарат «Томск-ТПУ-120». Для обеспечения связи со спутником было необходимо решить задачу разработки и изготовления радиостанции, обеспечивающую постоянный контакт, а также вести работу с другими космическими аппаратами и наземными абонентами.

### Актуальность

Цель работы – проектирование и разработка портативного центра управления полетами (ЦУП) для связи со сверхмалыми космическими аппаратами, имеющими встроенную навигационную систему APRS (Automatic Packet Reporting System).

Значимость работы заключается в разработке доступной системы связи с небольшой стоимостью в условиях отсутствия телекоммуникационной инфраструктуры.

В будущем планируется уменьшить стоимость портативного ЦУП ТПУ, упростить производство его узлов, уменьшить массу и габариты.

### Основная часть

В настоящее время разработан рабочий прототип. Комплекс представляет собой портативную версию стационарного ЦУП, в котором присутствуют компьютер или планшет, USB концентратор, модем для связи с сетью Интернет, звуковой смеситель, усилитель звука, SDR приемник, система бортового питания, трансивер, APRS трекер, антенна.

Представим алгоритм работы портативного ЦУП:

1. С помощью SDR приемника производится сканирование необходимого для определенного спутника диапазона частот. Диапазон частот визуализируется в виде звукового «водопада» в программе SDRSharp. Точная частота, на которой вещает спутник, задается в радиостанции вручную оператором, так как портативные радиостанции не поддерживают режим установки необходимой частоты с помощью внешних устройств.

2. Антенный комплекс вручную, либо с помощью штатива устанавливается в необходимое положение угла азимута и элевации. По ходу движения спутника по своей траектории необходимо постоянно производить поправки углов поворота относительно магнитного севера и горизонта. Точные углы поворота можно узнать в программе Orbitron, предназначенной для

отслеживания местоположения, времени прибытия и времени нахождения спутника в поле видимости.

3. Сигнал, полученный со спутника, в аудио смесителе разделяется на несколько каналов, один из которых сразу подключается к динамикам или наушникам, а другой поступает в USB аудио карту, которая передает сигнал в ПК. Звуковой сигнал, в зависимости от вида данных, либо записывается на носитель, либо декодируется с помощью специального ПО в массив данных.

4. При передаче сообщения спутнику или абоненту необходимо перевести радиостанцию в режим передачи радиосигнала. Выполнить данное действие можно либо вручную, либо с помощью электронного ключа в аудио смесителе, который можно запрограммировать с помощью ПК.

Для сборки портативного ЦУП была выбрана следующая номенклатура оборудования:

- планшет Irbis TW48;
- SDR приемник на чипе RTL2832ц;
- APRS трекер;
- радиостанция Baofeng UV-5R;
- антенна YAGI для диапазона частот 144 MHz;
- USB аудиокарта;
- USB концентратор;
- Источник питания и зарядки комплекса;

В дальнейшем, на основе радиоэлементов и печатной платы, разработанной в САПР DipTrace, была построена трехмерная модель APRS трекера (см. рис. 1), а затем оно был произведен опытный образец.



Рис. 1. - 3D модель APRS трекера

Полученная модель была экспортирована в T-Flex CAD и на основе размеров и формы полученного устройства был разработан корпус для печатной платы, который можно крепить к портативной радиостанции с помощью стандартных креплений. Данный корпус позволяет печатному узлу получать напряжение питания непосредственно с радиостанции благодаря

металлическим контактам на обратной стороне, что, с одной стороны, уменьшает масса-габаритные параметры устройства, а с другой, уменьшает время автономной работы и APRS трекера, и радиостанции. Это может негативно сказаться на полезности устройства при длительном отсутствии возможности зарядить устройство.

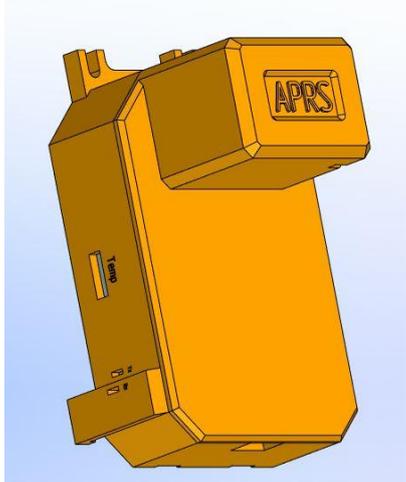


Рис. 2. 3D модель корпуса APRS трекера

После разработки корпуса была обнаружена проблема: при изготовлении данного корпуса с помощью технологии 3D печати присутствуют трудности с печатью выступающих частей корпуса – нижних скоб корпуса и втулок крепления крышки к корпусу. Данную задачу можно решить использованием печати с поддерживающими структурами, с помощью приклеивания выступающих элементов к корпусу или изменив конструкцию корпуса.

Немаловажным аспектом является маркировка и цветовая палитра корпуса трекера. Так как устройство во время проведения работы может быть утеряно, то оно должно быть окрашено в яркие цвета. Наиболее подходящим является оранжевый цвет, которым пользуются многие спасательные службы. Таким цветом окрашивается большая часть туристического оборудования и рабочая униформа. Также не стоит забывать об остросоциальной в настоящее время проблеме, как терроризм. И для того, чтобы устройство не было признано правоохранительными органами как подозрительное, следует ярко выделить его, а также вывести на корпус максимальное количество информации о его предназначении.

Пиктограмма радиоволн на корпусе устройства указывает на местоположение крепления антенны GPS и направление принятия сигнала со спутников GPS. Для наилучшего принятия сигнала устройство должна быть направлена строго вверх и иметь прямую видимость со спутниками.

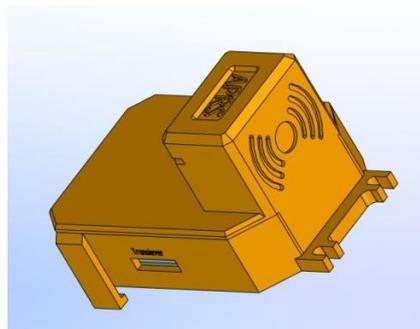


Рис. 3. 3D модель APRS трекера

#### Заключение

Итоговый результат: разработаны структура портативного центра управления полетами Томского политехнического университета, принципиальная схема навигационного APRS трекера и источника автономного питания, топология печатной платы для APRS трекера, а также трехмерные модели его корпуса и антенны.

В будущем планируется проведение работ по снижению стоимости портативного ЦУП ТПУ, упрощению технологии производства его узлов, а также уменьшению массы и габаритов.

#### Список использованных источников

1. Irbis TW48 – [Электронный ресурс]: (<http://irbis-digital.ru/tablets/tw48/>)
2. National Instruments Software Defined Radio – [Электронный ресурс]: (<http://www.ni.com/ru-ru/shop/select/software-defined-radio-device>)
3. Baofeng UV-5R – [Электронный ресурс]: (<https://baofengtech.com/uv-5r>)
4. Realtek RTL2832U – [Электронный ресурс]: (<http://www.realtek.com.tw/products/productsView.aspx?Langid=1&PFid=35&Level=4&Conn=3&ProdID=257>)
5. Orbitron – система слежения за спутниками – [Электронный ресурс]: (<http://www.cqham.ru/orbitron.htm>)
6. SDRSharp – программа для работы с SDR приемниками – [Электронный ресурс]: (<http://www.rtl-sdr.com/tag/sdrsharp/>)
7. MMSSTV – [Электронный ресурс]: (<http://hamsoft.ca/pages/mmsstv.php>)
8. MixW – [Электронный ресурс]: ([http://mixw.net/index\\_rus.php](http://mixw.net/index_rus.php))
9. Audacity + Lame – [Электронный ресурс]: (<http://www.audacityteam.org/about/>)
10. APRS.fi – [Электронный ресурс]: ([https://aprs.fi/page/about\\_technical](https://aprs.fi/page/about_technical))
11. APRS-Sendebake mit Arduino-Bausteinen – [Электронный ресурс]: (<http://www.kh-gps.de/qaprs.htm>)
12. Политехники запустили учебный студенческий спутник накануне Дня космонавтики – [Электронный ресурс]: (<http://news.tpu.ru/news/2016/04/04/25035/>)
13. Arduino – [Электронный ресурс]: (<http://arduino.ru/>)