

УДК 629.7.052

Основные принципы реализации режима «квитирования» в модернизированном бортовом радиотехническом комплексе спасания БРКС-К2 КА «Глонасс-К» системы КОСПАС–SARSAT

Ю. Б. Дорофеев¹, А. Б. Курьята, С. В. Матвеев², А. С. Суринов³, Е. О. Романов

^{1,2,3}к. т. н

ОАО «Российские космические системы»

e-mail: dorov56@yandex.ru

Аннотация. Объектом исследования является система передачи «квитанций» (СП КВТ) для среднеорбитального сегмента системы КОСПАС на базе КА «Глонасс-К» (SAR/ГЛОНАСС): приведены основные принципы построения и структурная схема системы передачи «квитанций».

Описан алгоритм реализации и структурная схема построения бортового радиотехнического комплекса спасания БРКС-К2 в части приема, обработки и хранения «квитанций».

Ключевые слова: бортовой радиотехнический комплекс, система поиска и спасания, среднеорбитальный сегмент системы КОСПАС

Basic Principles of Realization of “Handshaking” Mode in Modernized On-Board Radio Complex BRKS-K2 of COSPAS-SARSAT Rescue System of GLONASS-K Satellites

Yu. B. Dorofeev¹, A. B. Kuryata, S. V. Matveev², A. S. Surinov³, E. O. Romanov

^{1,2,3}candidate of engineering science

Joint Stock Company “Russian Space Systems”

e-mail: dorov56@yandex.ru

Abstract. Object of research is the system of transfer of “receipts” for a medium-orbiting segment of system of COSPAS on the basis of KA of Glonass-K (SAR/GLONASS).

The basic principles of construction and structural schemes of system of transfer of “receipts” for a medium-orbiting segment of system of COSPAS on the basis of KA of Glonass-K (SAR/GLONASS) are given.

The algorithm of realization and the block diagram of creation of an onboard radio engineering complex of rescue regarding reception, processings and “receipt” storages is described.

Key words: onboard radio engineering complex, search and rescue system, medium-orbiting segment of system of COSPAS

Введение

В настоящее время для расширения возможностей системы КОСПАС–SARSAT в европейской навигационной космической системе Galileo создается система передачи «квитанций». Подробное описание ее структуры и принципа действия приведено в документе C/S R-012 MIP [3].

В России в рамках доработки бортового радиотехнического комплекса спасания для космического аппарата «Глонасс-К2» ОАО «Российские космические системы» проводит работы по созданию модернизированного бортового радиотехнического комплекса спасания БРКС-К2. Одной из задач модернизированного радиокomплекса является реализация режима «квитирования» аварийных сообщений в SAR/ГЛОНАСС [1].

Создание системы передачи «квитанций» (СП КВТ) о доставке аварийной информации с использованием системы ГЛОНАСС позволит обеспечить психологическую и информационную поддержку владельцам персональных объектов, терпящих бедствие и, по оценке экспертов, повысит эффективность поисково-спасательных операций на 25–30%.

Планируется обеспечить совместимость разрабатываемой СП КВТ с аналогичной зарубежной системой для SAR/Galileo по структуре и форматам передаваемых «квитанций».

Реализация режима «квитирования»

В состав системы передачи КВТ входят [2]:

- наземный комплекс приема заявок, формирования и передачи КВТ на КА «Глонасс-К2» (НК КВТ);

- радиолиния 2 БИНК КА–НАП АРБ-406 для передачи КВТ на АРБ-406 в диапазоне $L1$ (входит функционально);

- АРБ-406, оснащенные НАП ГЛОНАСС/GPS/Galileo и обеспечивающие прием и выделение КВТ, формирование сигнала оповещения о приеме КВТ.

1. Принцип работы СП КВТ в системе SAR/ГЛОНАСС.

Обсуждение требований и принципов построения SAR/Galileo началось в 2008 г. в условиях,

когда российская глобальная навигационная система ГЛОНАСС уже имела эксплуатационный космический и наземный сегменты.

В условиях России невозможно построить структуру СП КВТ для SAR/ГЛОНАСС, аналогичную СП КВТ для SAR/Galileo, так как радиолинии системы передачи навигационных данных давно разработаны и не обеспечивают режим КВТ.

В то же самое время для совместимости этих систем для потребителей предлагается унифицировать структуру и форматы передаваемых «квитанций».

Ниже приводятся предложения по построению СП КВТ для SAR/ГЛОНАСС.

Структурная схема СП КВТ приведена на рис. 1.

Входом СП КВТ является запрос КВТ, поступающий от МКВЦ. Запрос КВТ 6 битами, имеющимся в «длинной» посылке АРБ-406 передается в Центр КВТ, который должен к 60 бит ID АРБ-406 добавить дополнительные данные. Сформированная КВТ из 80 бит («короткая») и 160 бит («длинная») передается по специально разрабатываемой радиолинии ПРД КВТ–ПРМ КВТ в диапазоне 405,928 МГц на бортовой приемник-процессор, где выделяется КВТ и передается через УЗФИ в БИВК. В БИВК КА КВТ упаковывается в информационный кадр для передачи в навигационном сигнале на частоте $L1$ (1,6 ГГц) с кодовым разделением на НАП в составе АРБ-406.

НАП в составе аварийного АРБ-406 принимает КВТ и выделяет ID из КВТ. При совпадении ID аварийного АРБ-406 и ID принятого КВТ в АРБ-406 вырабатывается звуковой или световой сигналы о приеме КВТ.

Основной задачей СП КВТ является передача с минимальной задержкой КВТ о приеме аварийного сообщения АРБ-406 в системе КОСПАС–SARSAT и поисково-спасательных служб (ПСС), что подтверждает начало осуществления поиска и спасания.

Квитанция должна содержать сообщение об идентификационном номере АРБ-406 с объемом 60 бит (ID), который зарегистрирован в базе данных КОСПАС–SARSAT, и другие сведения, которые определены в «Плане реализации СП КВТ SAR/ГЛОНАСС».

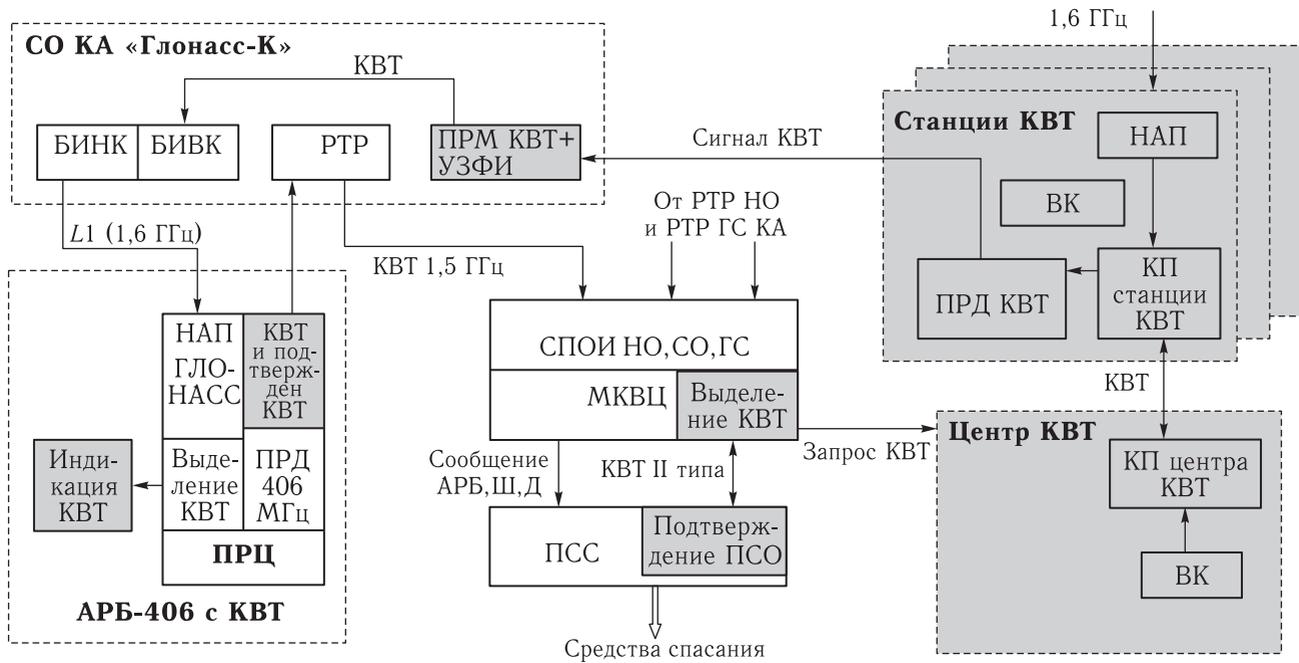


Рис. 1. Структурная схема СП КВТ для SAR/ГЛОНАСС

Другие данные согласуются с ПСС и позволяют в случае необходимости дистанционно включать и выключать АРБ-406 или изменять программу его работы в интересах ПСС. Эти данные согласуются с ИСАО.

Скорость передачи данных в радиолинии ПРД КВТ–ПРМ КВТ составляет 78,2 бит/с.

Средняя скорость передачи КВТ в радиолинии БИНК–НАП АРБ-406 составляет 15 бит/с.

Вероятность достоверного приема КВТ $\geq 0,99$ («длинной» и «короткой») в НАП АРБ-406.

Максимальное время доставки КВТ на НАП АРБ-406 в глобальном масштабе не должно превышать 15 мин.

2. Выбор структуры и параметров сигнала СП КВТ.

Выбор структуры и параметров сигнала КВТ (несущей частоты, метода и индекса модуляции, скорости передачи информации, вида и параметров кодирования, наличия/отсутствия «размазывания» спектра излучения псевдослучайной последовательностью и т. п.) определяется рядом факторов. К числу основных из них следует отнести:

- объем передаваемой информации;

- рекомендуемые диапазоны частот в соответствии с Регламентом радиосвязи;

- энергетика радиолинии;

- возможность размещения на КА антенн выбранного диапазона;

- наличие на КА других радиоэлектронных систем (РЭС), работающих в выделенном диапазоне частот, и возможность электромагнитной совместимости (ЭМС) с ними;

- наличие аппаратного задела (в первую очередь по бортовой аппаратуре), позволяющего в заданный срок и с наименьшими затратами создать летные комплекты бортовой аппаратуры и необходимую наземную аппаратуру.

В данном случае почти по всем перечисленным факторам удовлетворяет полоса частот 405,878–405,978 МГц, выделенная Регламентом радиосвязи Российской Федерации в направлении «Земля–космос» для судовых средств спутниковой службы радиопределения [4].

При использовании полосы частот 405,878–405,978 МГц для передачи «квитанций» структура и параметры сигналов, передающих «квитанции» на КА, должны иметь спектр не шире 80 кГц.

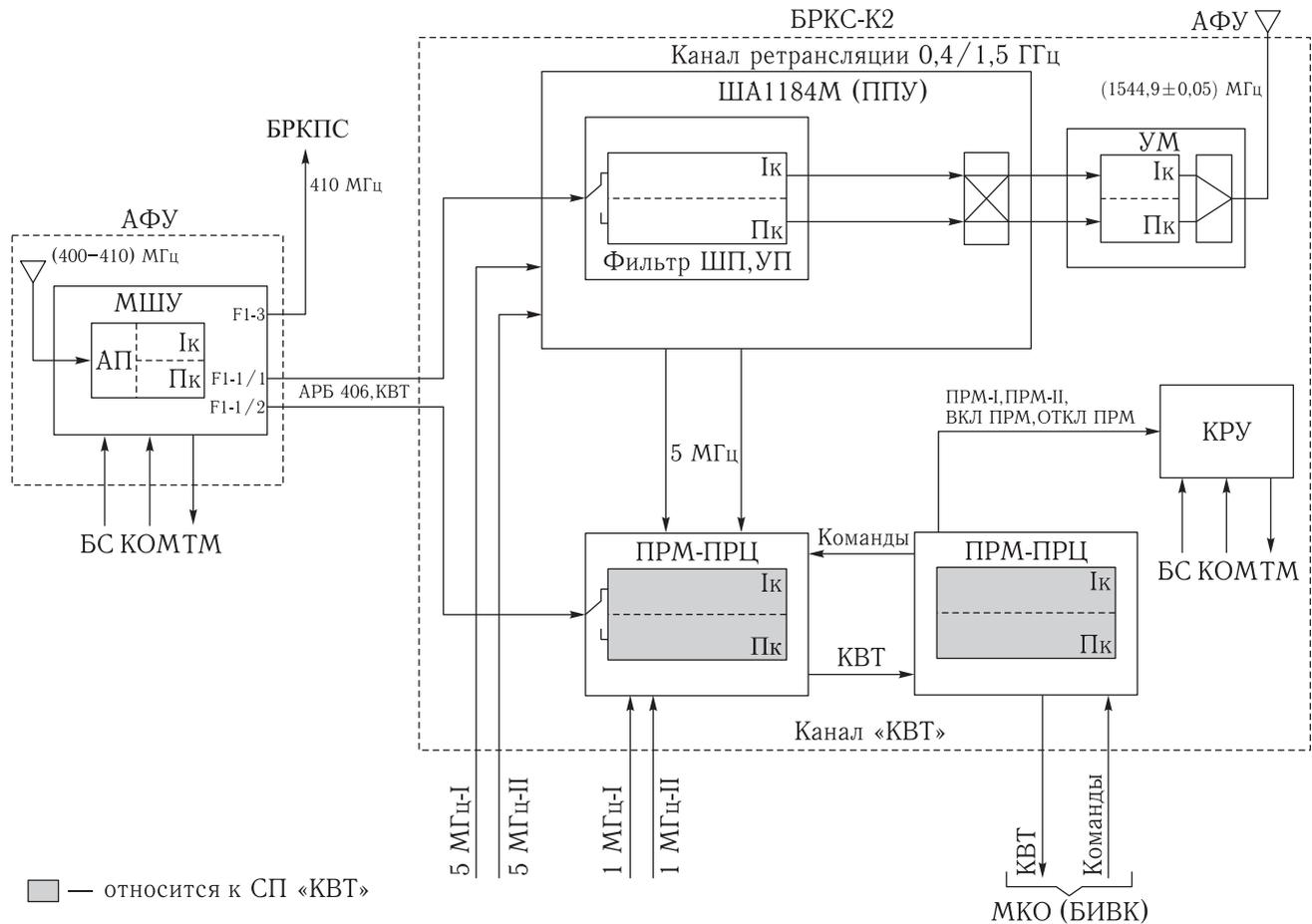


Рис. 2. Структурная схема БРКС-К2

В СП КВТ целесообразно использовать «широкополосный» сигнал. Спектр излучаемых передатчиками сигналов «квитанций» размещается в полосе 80 кГц за счет фазовой модуляции несущей сигнала информацией «квитанции», сложенной по модулю 2 с псевдослучайной последовательностью (ПСП) с тактовой частотой 80 кГц.

Выбор такого сигнала целесообразен по следующим причинам:

- позволяет производить адресный прием сигнала КВТ выбранными КА за счет кодового разделения сигналов, излучаемых с наземных станций;
- обеспечивает высокую помехоустойчивость принимаемых сигналов от паразитных сигналов других радиосистем, излучаемых в выделенном диапазоне;
- использование сигнала «закрытого» ПСП позволяет иметь возможность несанкционированного доступа к каналу передачи квитанций.

3. Бортовой радиотехнический комплекс спасения БРКС-К2 в части приема, обработки и хранения КВТ.

Бортовой радиотехнический комплекс спасения БРКС-К2 на КА «Глонасс-К2» с № 13 выполняет две задачи [5]:

– ретрансляция сигналов АРБ-406 с характеристиками, соответствующими C/S R-012 (Annex D);

– прием, обработка, запоминание «квитанций» (КВТ) и выдачу их в БИВК, для передачи в навигационном кадре для приема НАП, имеющейся в АРБ-406.

Структурная схема БРКС-К2 представлена на рис. 2.

Канал ретрансляции сигналов АРБ-406 осуществляет ретрансляцию без модуляции. Основные технические характеристики ретранслятора автономно и с привлечением наземных станций

России, США, Канады были измерены в процессе летных испытаний БРКС на КА «Глонасс-К» № 11 в 2011 г. Они в основном удовлетворяют требованиям МІР к системе MEOSAR и не требуют существенных изменений.

Канал КВТ состоит из ПРМ-ПРЦ и УЗФИ. ПРМ-ПРЦ принимает сигналы КВТ и осуществляет детектирование, выделение цифрового сообщения и декодирование кода БЧХ [6,7]. Далее посылка КВТ по интерфейсу RS232 поступает в УЗФИ. УЗФИ по запросу от БИВК передает данные КВТ по шине МКО в БИВК.

Аналоговый блок преобразует входной сигнал в сигнал промежуточной частоты. Цифровой блок осуществляет АЦП, обнаружение, детектирование, выделение цифрового сообщения и декодирование кода БЧХ. В результате обработки принятого сигнала «КВТ» выделенная приемником информация по дублированному интерфейсу RS-232 поступает на УЗФИ.

Передача информации производится пакетами. Состав пакетов уточняется дополнительно в «Протоколе обмена» сигналами между ПРМ-ПРЦ и УЗФИ.

На ПРМ-ПРЦ поступает опорная частота 5 МГц с долговременной нестабильностью за сутки не более 1×10^{-13} и кратковременной нестабильностью: за 100 с не более 5×10^{-12} , за 1 с не более 2×10^{-11} . Формирование частот гетеродинов осуществляется от опорной частоты.

На ПРМ-ПРЦ поступает сигнал 1 Гц, фронт которого сдвинут не более чем на ± 75 нс относительно фазы 180° сигнала «5 МГц».

Блок УЗФИ обеспечивает:

- запоминание «квитанций», поступающих с ПРМ-ПРЦ по интерфейсу RS232 в ЗУ;
- формирование ОТМИ (количество «квитанций», записанных в ЗУ УЗФИ на текущий момент);
- формирование пакетов информации и выдачу их по шине МКО в БИВК.

В навигационном кадре передается:

- 92 бита (80 бит «КВТ» + 12 бит ОТМИ) — при «короткой» КВТ;
- 184 бита (160 бит «КВТ» + 24 бит ОТМИ) — при «длинной» КВТ;
- прием по шине МКО кодовых команд управления и их дешифрацию;

- выдачу управляющих сигналов в КРУ;
- выдачу управляющих команд в ПРМ-ПРЦ по интерфейсу RS232.

4. Основные требования к наземному комплексу системы передачи квитанции (НК КВТ).

Для реализации режима «квитирования» составные части НК КВТ и привлекаемые функционально МКВЦ и СПС должны гарантировать решение основных описанных ниже задач.

Доработанный для режима «квитирования» МКВЦ должен обеспечивать:

- выделение сообщения АРБ, требующего КВТ-I;
- выдача запроса КВТ-I в Центр КВТ;
- выдача в СПС запроса на КВТ-II;
- получение от СПС КВТ-II;
- выдача в центр КВТ запроса на КВТ-II;
- получение от Центра КВТ и передача в другие КЦС (по принадлежности) сообщения о закладке КВТ.

Создаваемый в рамках НК КВТ Центр КВТ должен обеспечивать:

- получение от МКВЦ аварийного сообщения, содержащего запрос АРБ на квитанцию первого типа;
- получение через МКВЦ запроса на «Квитанцию» второго типа (КВТ-II, «длинную» — 160 информационных бит, сформированных службой поиска и спасания (СПС));
- определение, через какие КА следует передавать квитанции (КВТ-I и КВТ-II) в зависимости от видимости КА-АРБ и загрузки каналов передачи КВТ на КА и с КА на АРБ;
- определение станции КВТ, через которые будут передаваться КВТ на КА;
- формирование задания на передачу КВТ через выбранные станции на выбранные КА;
- выдачу сформированного задания на КВТ на станции КВТ;
- передачу из Центра КВТ сообщения в МКВЦ о том, что квитанция № XXX передана на АРБ № YYY через КА № ZZZ во время ННН для сообщения об этом ПСС по принадлежности или КВЦ других стран, если терпящий бедствие объект находится в их компетенции.

Функциональная схема НК КВТ представлена на рис. 3.

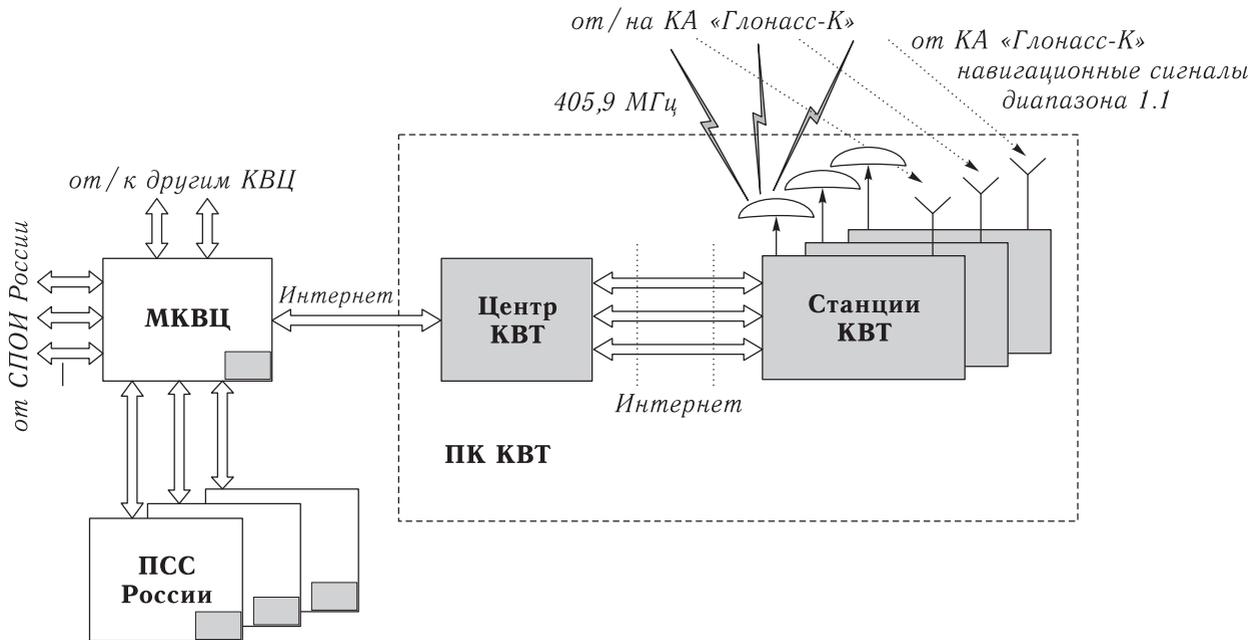


Рис. 3. Функциональная схема НК КВТ

5. Алгоритм работы НК КВТ.

Центральным звеном в НК КВТ является Центр КВТ. Начиная с момента получения от МКВЦ сообщения АРБ с запросом на выдачу «квитанции» Центр КВТ отвечает за доставку «квитанции» на АРБ и осуществляет контроль исполнения всех этапов процесса. Центр КВТ выдает станции КВТ задание на закладку «квитанции» на КА и ожидает от МКВЦ сообщения АРБ с измененным содержанием, сигнализирующим о получении «квитанции». Если такое сообщение не получено в течение заданного интервала ожидания, а АРБ продолжает излучать посылки, Центр КВТ повторно выдает задание станции КВТ. Задача станции КВТ — гарантированно заложить «квитанцию» на КА или сообщить в Центр КВТ о невозможности выполнить задание. Успешность закладки «квитанции» на КА проверяется станцией КВТ по наличию или отсутствию «квитанции» в навигационной информации, передаваемой данным КА. При этом задача КА — в случае получения квитанции от станции КВТ включить ее в состав навигационного кадра.

Необходимой представляется также выдача измененного сообщения АРБ после получения им КВТ I типа и КВТ II типа для достоверного отчета о получении КВТ на АРБ.

Такой подход позволяет сделать логику работы бортового комплекса максимально простой, переложив основную логическую нагрузку на НК КВТ, что, в свою очередь, позволит при необходимости менять алгоритм работы НК КВТ или изменять отдельные параметры.

Заключение

В данной статье изложены основные принципы «Системы передачи квитанций» (СП КВТ) на НАП в составе АРБ (АРМ-, ПРБ-406), подтверждающей прием в МКВЦ сообщения от активированного АРБ-406.

СП КВТ состоит из бортового радиокomплекса КВТ и наземного комплекса КВТ (НК КВТ).

Представлена логика работы бортового радиокomплекса КВТ, который состоит из приемника-процессора и устройства запоминания и формирования информации. Сигнал на вход ПРМ КВТ поступает с приемной АФС 406 МГц БРКС-К2 станций передачи КВТ, излучающих сигналы КВТ в диапазоне 405,928 МГц. При этом обеспечивается ЭМС с бортовым ретранслятором сигналов АРБ-406. Средняя скорость передачи КВТ на НАП АРБ-406 составляет 15 бит/с.

Список литературы

1. План-содержание инженерной записки «Космическая система передачи “квитанции” для космической системы SAR/ГЛОНАСС» от 12 января 2012 г. Шифр «СП КВТ». ОАО «Российские космические системы». Москва, 2012.
2. Инженерная записка № 05/1040 «Система передачи “квитанции” для среднеорбитального сегмента системы КОСПАС на базе КА “Глонасс-К” (SAR/ГЛОНАСС)». Шифр «СП КВТ». Этап 1. ОАО «Российские космические системы». Москва, 2012.
3. Документ С/S R.012 «План реализации системы MEOSAR» (редакция 7, октябрь 2011 г., гл. 7).
4. Регламент радиосвязи Российской Федерации. Электронная версия. Москва.
5. Документ С/S T.001 «Технические требования к АРБ-406» (октябрь 2011 г.).
6. Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки. М.: Мир, 1976. Приложение В. С. 513–516.
7. Дж. Кларк-мл., Кейн Дж. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи. М.: Радио и связь, 1987. С. 179–202.