

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.369.946

Лебедев  
Валерий Михайлович

Командно-телеметрический радиоканал спутниковой системы  
мультимедийной связи и вещания

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-45 80 01 Системы, сети и устройства  
телекоммуникаций

Научный руководитель:  
Липкович Эдуард Борисович  
доцент

Минск 2018

## ВВЕДЕНИЕ

Системы телеуправления, телеметрии и обработки данных обеспечивают двунаправленный обмен информацией между космическим аппаратом и наземной станцией. При этом, на борту космического аппарата решаются задачи передачи сигнала на землю и приема сигнала с земли, а также обработки принятого сигнала и маршрутизации данных, сбора и мультиплексирования данных о состоянии работы подсистем.

Линия связи земля-спутник может являться прямой и непрерывной в том случае, когда спутник находится на геостационарной орбите. Такое положение значительно ослабляет требования, предъявляемые к каналу связи. В других случаях, когда аппарат находится, например, на низкой околоземной орбите, время его видимости может составлять лишь несколько минут на каждом из витков вокруг Земли. Для такого космического аппарата должна быть обеспечена возможность хранения архива данных на борту, а также канал связи с большой полосой пропускания. Иначе эта проблема решается использованием сети наземных станций, между которыми передается право связи с космическим аппаратом.

Телеметрическая линия должна обеспечивать наземные службы информацией о функционировании подсистем космического аппарата для того, чтобы было возможным принимать решение о корректности положения аппарата, о наличии неисправностей в работе или аномального поведения, диагностики причин отклонений от нормы. Для научных космических аппаратов этот канал также может быть задействован для передачи данных исследовательской полезной нагрузки. В случае, если спутник несет телекоммуникационную полезную нагрузку, то части полезной нагрузки наоборот могут быть использованы для резервирования тем или иным образом канала телеметрии.

Телекомандная линия призвана обеспечить оператору возможность влиять на состояние космического аппарата, например, управлять его ориентацией, тем или иным образом изменять состояние подсистем, осуществлять устране-

ние неполадок. В виду своего назначения, линия передачи команд должна быть особенно надежной, иметь возможность квитирования проходящей информации.

Зачастую, в задачи командно-телеметрической системы может также войти участие в контуре измерения дальности до космического аппарата для определения его орбиты.

### **Актуальность проблемы.**

При проектировании командно-телеметрических каналов спутниковых систем необходимо обеспечивать высокий уровень надежности и достоверности передачи информации. При это набор передаваемых в таких каналах информационных данных для космических аппаратов всегда является достаточно обширным и составляет свыше тысячи информационных данных. Рассмотрение условий построения каналов связи, использованием которых обеспечивается высоконадежная доставка данных на линиях вверх и вниз, позволяет выбрать оптимальные методы обеспечения заданных показателей надежности связи.

**Цель и задачи исследования.** Целью диссертационной работы является анализ энергетических показателей спутниковых каналов связи и разработка резервного командно-телеметрического тракта радиосвязи.

В работе выполнено в том числе:

проведен анализ архитектуры построения командно-телеметрической станции описываемой спутниковой системы;

дана оценка требований к характеристикам каналов телеметрии и телеуправления в части обеспечения высокой помехоустойчивости и надежности;

осуществлен расчет энергетических и системных показателей рассматриваемой командно-телеметрической станции;

организация резервной командно-телеметрической станции.

**Методы исследования.** Проводимые исследования основываются на разработанном аппарате анализа характеристик спутниковых каналов связи.

**Достоверность результатов.** Достоверность полученных результатов подтверждается сравнением теоретических и экспериментальных результатов с

известными результатами показателями тракта радиосвязи.

**Апробация работы.** Частичные результаты работы были представлены на XX Международной НТК «Современные средства связи», а также на 13-й Международной молодежной научно-технической конференции «Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций РТ–2017». По результатам диссертации опубликованы две работы.

**Практическая ценность.** Модели расчета системных показателей командно-телеметрической станции позволили определить структуру построения резервного командно-телеметрического канала и выполнить ряд экспериментальных исследований.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и приложений. Работа содержит 69 страниц машинописного текста, 17 рисунков, 6 таблиц и список литературы из 21 наименований

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, даётся краткая характеристика её разработанности, определяются объект и предмет исследования, цель и задачи, указана теоретико-методологическая основа, формулируются основные положения диссертации, выносимые на защиту.

Первая глава «Общие принципы построения командных и телеметрических каналов спутниковых систем» содержит описание общих принципов построения и функционирования командно-телеметрических каналов спутниковых систем.

Во второй главе «Организация исследуемого командно-телеметрического канала» описывается и анализируется построение командно-телеметрического радиоканала для спутниковой системы на основе геостационарного спутника связи на платформе DFH-4, включая бортовое и наземное канальное оборудование.

Третья глава «Расчет системных показателей канала» посвящена расчету выходной мощности наземного передатчика и бортового телеметрического передатчика, при которых обеспечиваются заданные системные параметры, связанные с надежностью канала связи. Проводится оценка запаса по этим показателям, даются выводы о возможности организации резервного канала телеуправления и телеметрии.

В приложении приводится листинг автоматических расчетов, выполненных в среде математического моделирования РТС Mathcad.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основании представленных в диссертации исследований можно обобщить решенные задачи.

Обоснована актуальность выбранной темы, даётся краткая характеристика её разработанности, определяются объект и предмет исследования, цель и задачи, указана теоретико-методологическая основа, формулируются основные положения диссертации, выносимые на защиту.

Первая глава «Общие принципы построения командных и телеметрических каналов спутниковых систем» содержит описание общих принципов построения и функционирования командно-телеметрических каналов спутниковых систем.

Дано описание построения командно-телеметрического радиоканала для спутниковой системы на основе геостационарного спутника связи на платформе DFH-4, включая бортовое и наземное канальное оборудование.

Выполнены расчеты выходной мощности наземного передатчика и бортового телеметрического передатчика, при которых обеспечиваются заданные системные параметры, связанные с надежностью канала связи. Проведена оценка запаса по этим показателям.

В рамках решенных задач работ можно выделить следующие результаты:

дана оценка энергетического запаса на линиях телеуправления и телеметрии в существующей системе спутниковой связи;

определены минимальные значения диаметра антенны и выходной мощности передатчика резервного командо-телеметрического тракта при условии отсутствия запаса на надежную связь ( $K_{\text{зап}} = 0$  дБ);

базируясь на расчетах и характеристиках имеющегося оборудования выбран приемо-передающий модуль станции VSAT с антенной диаметром 3,7 м, что позволило сохранить коэффициент запаса порядка 8,5 дБ для радиолинии «земля-спутник» и порядка 4,5 дБ для радиолинии «спутник-земля»;

определена структура построения резервного тракта и разработан модуль переноса сигнала телеметрии из L-диапазона на частоту 70 МГц для последующей обработки сигналов в штатном модеме.

выполнена инсталляция и испытания резервного тракта.

В качестве рекомендаций по результатам выполненной работы можно отметить, что при развертывании подобных систем целесообразно использовать спутниковые платформы, предусматривающие помехозащищенное кодирование в каналах телеуправления и телеметрии, что позволит упростить КИС ЗС и улучшить экологическую обстановку за счет снижения выходной мощности передатчика ЗС.

Таким образом, задачи, которые были поставлены перед началом проектирования, успешно реализованы.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**

[1-А] Лебедев, В. М. Коаксиально-волноводный переход для антенны на основе интегрированного в подложку печатной платы волновода / В. М. Лебедев, А. Г. Тука // Современные средства связи: материалы XX Международной НТК, 14-15 октября 2015 г., г. Минск. – Минск: УО ВГКС, 2015.

[2-А] Лебедев, В. М. Антенная решетка на основе печатных волноводов. / В. М. Лебедев, А. В. Рубаник, И. В. Хомяков // Современные проблемы радио-

электроники и телекоммуникаций, РТ-2017: материалы 13 Международной НТК, 20-24 ноября 2017 г., г. Севастополь. – Севастополь: ФГА ОУВО СГУ, 2017. – С. 20.