

11. П. П. Храпцов, О. Г. Пенязков, В. А. Васецкий, В. М. Грищенко, А. И. Махнач, И. А. Ших. Двухступенчатая легкогазовая магнитоплазменная метательная установка для баллистических испытаний в условиях глубокого вакуума // Доклады Национальной академии наук Беларуси 2015 март–апрель Том 59 № 2 С. 99-104.

12. Новиков Л.С. Воздействие твердых частиц естественного и искусственного происхождения на космические аппараты. Учебное пособие. – М.: Университетская книга, 2009. – 104 с.

13. Voronov K.E., Piyakov I.V., Kalaev M.P. etc. Investigation of the Operation of the Flight Detector of High-Speed Charged Microparticles for a Time-of-Flight Mass Spectrometer // Instruments and Experimental Techniques 2023. — Vol. 66. Issue 6. № 6. — P. 1018-1024

14. Semkin N. D. , Telegin A.M., Voronov K.E. Registering the elemental composition of micrometeoroids and debris // Astrophysics and Space Science Proceedings. — 2013. — Vol. 32. — P. 263-270.

15. Semkin N. D. , Novikov L.S., Voronov K.E. etc. Physical effects during micrometeoroid particles' high-velocity impacts on metal-dielectric-metal film structures // AIP Conference Proceedings. — 2009. — Vol. 1087. — P. 572-576.

16. Воронов К.Е., Телегин А.М., Леонович Г.И. и др. Перспективные направления построения бортовых систем контроля электризации поверхности КА // Всероссийская научно-техническая конференция "Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций". — 2023. — С. 13-18

17. Воронов К.Е., Григорьев Д.П., Телегин А.М. Экспериментальный стенд для контроля поверхности космического аппарата на базе пьезодатчиков // Всероссийская научно-техническая конференция "Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций" . — 2021. — С. 56-57

18. Авдеев В.А. , Воронов К.Е. Расчет концентрации молекул воздуха в зоне утечки из герметизированного модуля космической станции // ВНТК "Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций". — 2018. — С. 147-149

Воронов Константин Евгеньевич, к. т. н., доцент кафедры РЭС, директор института космического приборостроения. E-mail: voronov.ke@ssau.ru.

УДК 621.396.43

МЕТОДОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОПЫТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИНИЙ СВЯЗИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

А.Ю. Барабошин, Д.В. Лучин
Филиал ФГБУ НИИР — СОНИИР, г. Самара

Ключевые слова: перспективные телекоммуникационные системы, тропосферная радиосвязь.

Современные телекоммуникационные решения характеризуются появлением новых информационных приложений, таких как видео высокой четкости, мультимедиа с эффектом присутствия и других, основанных на применении мобильной широкополосной связи, а также смещением тренда информационного обслуживания в сторону организации автоматического

обмена данными различных устройств (D2D) и роботизированных транспортных средств (V2X). Указанные приложения критически зависят от пропускной способности канала связи и требуют разработки для грядущего поколения беспроводной системы связи 5G/6G «новое радио» (6G NR) перспективных типов радиосигналов, способных обеспечить высококачественную передачу различных видов данных на сверхвысоких скоростях и при критически ультрамалых задержках.

Также важнейшей задачей для России, учитывая географическое положение, является обеспечение полноценными услугами связи множественные труднодоступные и малонаселенные территории, в том числе Арктические регионы, обеспечение надежной связью северного морского пути. Решение указанной задачи также базируется на применении современных технологий беспроводной передачи данных, благодаря чему обретают новые свойства и становятся востребованными такие технологии, как тропосферная связь [1].

Разработка чрезвычайно сложных современных телекоммуникационных систем выполняется на базе технологий SDR, которые позволяют эффективно применять при обработке сигналов, как традиционные методы цифровой обработки, так и технологии, реализующие элементы искусственного интеллекта, нейросетевые технологии и другие современные подходы к обработке сигналов в сложных каналах связи. При разработке таких систем для достижения высоких эксплуатационных характеристик необходимы также и специализированные подходы к организации опытной эксплуатации линий связи.

В качестве примера разработки подобной методологии остановимся на исследованиях, проведенных в ходе разработки аппаратуры тропосферной связи и организации ее опытной эксплуатации (рисунок 1).

Основные сложности и ограничения тропосферной радиосвязи обусловлены спецификой физического механизма дальнего тропосферного распространения, в основе которого лежит не рефракция, как в декаметровый радиосвязи, а рассеяние на неоднородностях тропосферы. К числу наиболее существенных проблем следует отнести:

- весьма значительное ослабление сигнала на трассе распространения (по сравнению с радиорелейной связью прямой видимости, спутниковой радиосвязью, декаметровый радиосвязью на основе ионосферного распространения);
- многолучевое распространение и, как следствие, наличие замираний сигнала (до 40 дБ);
- ограниченность скорости передачи информации, обусловленной частотным и временным рассеянием в канале связи;
- зависимость уровня сигнала от времени суток и года, от метеорологических и климатических условий.



Рисунок 1 – Стационарная станция тропосферной радиосвязи ЦСТР-С, установленная в пос. Придорожный

Одним из методов обеспечения высокоскоростной передачи в условиях замираний является использование разнесения (временного, частотного, пространственного). Ключевым фактором, определяющим эффективность разнесения, является коэффициент корреляции каналов разнесения (рисунок 2). Для оценки оптимальности используемой сигнально-кодовой конструкции также необходимо знать характер и параметры замираний сигнала. Опытная эксплуатация линии тропосферной радиосвязи осуществлялась после выполнения предварительного расчета трассы [2].

Для определения указанных ранее параметров канала была разработана методика и специальное программное обеспечение, позволяющее провести экспериментальные исследования эффективности алгоритмов автоматического наведения станций, коэффициента корреляции каналов, определение параметров быстрых замираний сигнала, суточного хода отношения сигнал/шум тропосферного радиоканала, определить пропускную способность полученной радиолинии. Поскольку станции находятся на достаточно большом удалении друг от друга, а проведение испытаний и сбор статистики должны выполняться достаточно продолжительное время, специальное программное обеспечение было разработано с использованием технологий, позволяющих организовать проведение испытаний с использованием удаленного доступа к оборудованию.

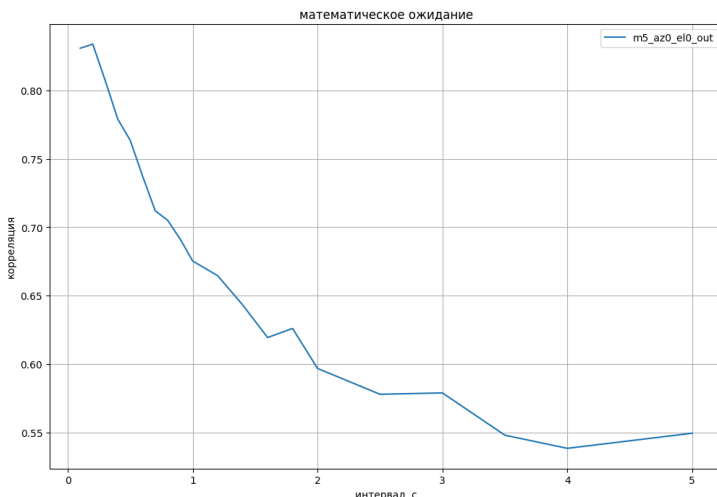


Рисунок 2 – коэффициент корреляции каналов пространственного угломестного разнесения

Показано, что при создании оборудования на базе технологии SDR дополнение его рабочих алгоритмов программами проведения специфических измерений параметров оборудования и характеристик радиоканала, с последующей статистической обработкой полученных результатов, позволило оптимизировать алгоритмы работы оборудования для достижения высоких эксплуатационных характеристик. Указанная особенность определила новизну методологической основы организации опытной эксплуатации линий связи перспективных беспроводных систем.

Список использованных источников

1. Основные направления совершенствования тропосферной связи / И.Р. Сиваков, С.В. Ионов // Информационно-телекоммуникационные технологии. Системы, средства связи и управления, 2015. - №4.

2. Методологическое обеспечение моделирования тропосферный радиолиний. Оценивание средней энергетике. / В.Б. Бакеев, Д.В. Лучин, А.П. Трофимов, В.В. Юдин и др. - Электросвязь, №2, 2023, с 2 - 8.

Барабошин Андрей Юрьевич, к. т. н., начальник лаборатории, филиала ФГБУ НИИР – СОНИИР. E-mail: bay@soniir.ru.

Лучин Дмитрий Вячеславович к. т. н., директор научного центра, филиала ФГУП НИИР – СОНИИР. E-mail: dmyl@soniir.ru.