

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ. ЭЛЕКТРОНИКА

УДК 621.396:621.391.25

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ГРУПП СПАСАТЕЛЕЙ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ORGANIZATION OF INFORMATION SUPPORT FOR MOBILE GROUPS OF SAVIORS IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

И. Ф. Бажуков¹, И. В. Дулькейт², С. А. Завьялов², А. В. Косых², А. Н. Ляшук²,
Е. А. Чашин², Д. А. Коэмец², С. Г. Рекунов³

¹Воркутинский арктический комплексный аварийно-спасательный центр МЧС России, г. Воркута, Россия

²Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

³Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, г. Санкт-Петербург, Россия

I. F. Bazhukov¹, I. V. Dulkejt², S. A. Zavyalov², A. V. Kosykh², A. N. Lyashuk², E. A. Chaschin², S. G. Rekunov³

¹Vorkuta Arctic Integrated Emergency and Rescue Center of EMERCOM of Russia, Vorkuta, Russia

²Omsk State Technical University, Omsk, Russia

³St. Petersburg University of NFFS of EMERCOM of Russia, St. Petersburg, Russia

Аннотация. Приводятся результаты натурных испытаний опытного образца средневолновой мобильной радиостанции «Ноэма-СВ», которые проводились в Западной Сибири – в Омской области, на базе Воркутинского арктического комплексного аварийно-спасательного центра МЧС России и Арктического спасательного учебно-научного центра «Вытегра». Проведенные на реальных радиотрассах, в том числе в условиях Крайнего Севера, натурные испытания показали возможность организации радиосвязи с мобильными группами спасателей МЧС России в средневолновом диапазоне длин волн, на расстояния в несколько десятков километров при сложном рельефе местности. На равнинной местности дальность радиосвязи увеличивается до нескольких сотен километров. При проведении испытаний использовались разработанные в ОмГТУ укороченные антенны средневолнового диапазона, размещенные на транспортных средствах, используемых мобильными группами спасателей МЧС России, которые показали высокую эффективность, несмотря на малые размеры по сравнению с используемой для радиосвязи длинной волны.

Ключевые слова: натурные испытания, средневолновый диапазон, распространение радиоволн, дифракция радиоволн, радиотрасса, антенна.

DOI: 10.25206/2310-9793-2018-6-4-3-9

1. ВВЕДЕНИЕ

Освоение Арктики признано одним из приоритетов экономического развития России. Одной из важнейших составляющих хозяйственной деятельности в Арктической зоне Российской Федерации является организация системы обеспечения безопасности жизнедеятельности.

Сама по себе задача по обеспечению безопасности может быть разделена на две:

- оповещение о бедствии;
- организация аварийно-спасательной операции.

Первая задача может решаться с помощью Международной спутниковой системы поиска аварийных судов и самолетов КОСПАС-SARSAT. Ее космический сегмент состоит из геостационарных и низкоорбитальных спутников, которые в режиме реального времени наблюдают поверхность земли и, в случае обнаружения аварийных сигналов, обрабатывают их и передают на станции приема и обработки информации. Пользовательское оборудование представляет собой аварийные радиомаяки для авиационного использования, аварийные радио-

буи для морского применения и персональные радиобуи для персонального использования, которые передают сигналы в аварийной ситуации.

Районы Крайнего Севера и Арктическая зона РФ имеют свою специфику в части доведения до потребителя различной информации, так как аномально повышенное поглощение радиоволн в полярной ионосфере является одной из главных причин нарушения радиосвязи. Применение коротковолнового (КВ) диапазона, традиционно используемого для осуществления ионосферной дальней (до тысячи километров) и сверхдальней (несколько тысяч километров) радиосвязи, ограничено непростыми условиями распространения радиоволн, обусловленными нестационарностью ионосферы, а в арктических широтах вообще проблематично, чаще невозможно, так как вблизи полярных районов ионосфера более возмущена, при этом ее ближайший к Земле слой D поглощает большую часть энергии проходящих через него радиоволн [1, 2].

Наибольшую сложность представляет организация радиосвязи на радиотрассах средней дальности от десятков до сотен километров, когда УКВ уже, а КВ еще не работают. Однако информационное обеспечение и координация мобильных групп спасателей должны осуществляться именно на этих расстояниях.

Зарубежные страны для обеспечения покрытия полярных областей предлагают использовать спутниковые системы связи. В частности Подкомитет по мореплаванию, связи, поиску и спасанию (NCSR-2) Международной морской организации рассматривает вопрос включения спутниковой системы связи «Иридиум» в качестве провайдера Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности. При этом КВ радиосвязь, которая в России на сегодняшний день остается единственной системой связи относительно независимой от зарубежных провайдеров и, по сути, является основным видом радиосвязи в Арктике, предлагается рассматривать как резервную на случай отказа спутниковых систем.

Ориентация на зарубежных провайдеров спутниковой связи, таких как «Иридиум» и INMARSAT и другие зарубежные разработки в области радиосвязи, в сегодняшней геополитической ситуации, попасть под действие санкций в отношении Российской Федерации, что приведет к задержке в освоении стратегически важного для России арктического региона. При этом многие потенциальные российские абоненты спутниковой связи уже сейчас лишены этой возможности из-за высокой стоимости услуг.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для обеспечения информационной и технологической безопасности России в области освоения своей Арктической зоны и решения задачи импортозамещения необходимо дублирование зарубежных систем связи национальной телекоммуникационной системой, в основе которой могут использоваться радиолинии, работающие в диапазоне промежуточных (1,5–4 МГц) и средних волн в полосе частот (415–535 кГц) [3]. В настоящее время это экономически наиболее целесообразно и позволит достаточно быстро развернуть такую систему, так как она не требует сложной инфраструктуры. Большая длина волны позволяет связываться поверхностной волной на расстояниях значительно превышающих зону прямой видимости за счет явлений дифракции и рефракции, что дает возможность обеспечить связь в этом диапазоне на расстояния до нескольких десятков и даже сотен километров, осуществляя загоризонтную радиосвязь.

Основным сдерживающим фактором использования СВ/ПВ диапазонов для радиосвязи с подвижными объектами являются большие габариты полноразмерных антенн, соизмеримые с длиной волны, что затрудняет их размещение на мобильных объектах (автомобили различного назначения, морские и речные суда, нефтедобывающие платформы и т.п.). Поэтому на них используются укороченные антенны с малой действующей высотой, однако при длине вибратора, меньшей, чем одна четверть длины волны, импеданс антенны носит ёмкостный характер, для компенсации реактивной составляющей которого применяется удлиняющая катушка достаточно большого номинала (в СВ диапазоне единицы мГн).

С целью определения потенциальной дальности передачи сигналов в средневолновом (СВ) диапазоне частот на реальной радиотрассе были проведены натурные испытания разработанного ОмГТУ опытного образца судовой средневолновой мобильной радиостанции «Ноэма-СВ» (рис. 1), в составе: приемопередатчика «Ноэма-СВ» мощностью 8 Вт, внешнего усилителя мощности «Ноэма СВ-У1» мощностью 100 Вт и антенны штырь длиной 6 м с антенно-согласующим устройством индуктивного типа востребованной мощностью 100 Вт [4].

При проведении испытаний использовались разработанные в ОмГТУ укороченные антенны средневолнового диапазона, размещенные на легковых автомобилях и на аварийно-спасательных машинах на базе КамАЗ 4803 и ТРЭКОЛ-39294, используемых мобильными группами спасателей МЧС России. Эти антенны показали высокую эффективность, несмотря на малые размеры по сравнению с используемой для радиосвязи длиной волны.



Рис. 1. Опытный образец судовой средневолновой мобильной радиостанции «Нозма-СВ»



Рис. 2. Размещение антенн средневолнового диапазона на легковом автомобиле и на аварийно-спасательных машинах на базе КАМАЗ 4803 и ТРЭКОЛ-39294

Во время испытаний проверялась дальность радиосвязи в диапазоне частот 440–450 кГц с использованием следующих видов сигналов:

- аналоговой телефонии, класс излучения J3E, на нижней боковой полосе частот;
- сообщений цифрового избирательного вызова (ЦИВ), класс излучения F1B, частотный сдвиг 170 Гц, скорость передачи данных 100 бит/с согласно Рекомендациям МСЭ-R M.493-12;
- цифровых данных со скоростью 1200 бит/с, класс излучения – частотная манипуляция с минимальным сдвигом (Fast Frequency Shift Keying – FFSK.).

III. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Этап предварительных испытаний проводился на территории Омской области (рис. 3 [5]), при мощности передатчика 100 Вт была достигнута дальность радиосвязи голосовыми сообщениями до 130 км (радиотрасса 3), а дальность приема цифровых данных со скоростью 1200 бит/с составила 190 км (радиотрасса 6). Такую же дальность радиосвязи, 190 км, удалось обеспечить сигналами ЦИВ, но при мощности передатчика 8 Вт. При мощности передатчика 100 Вт уверенный прием сигналов ЦИВ обеспечивался на дальностях более 220 км (радиотрасса 7).

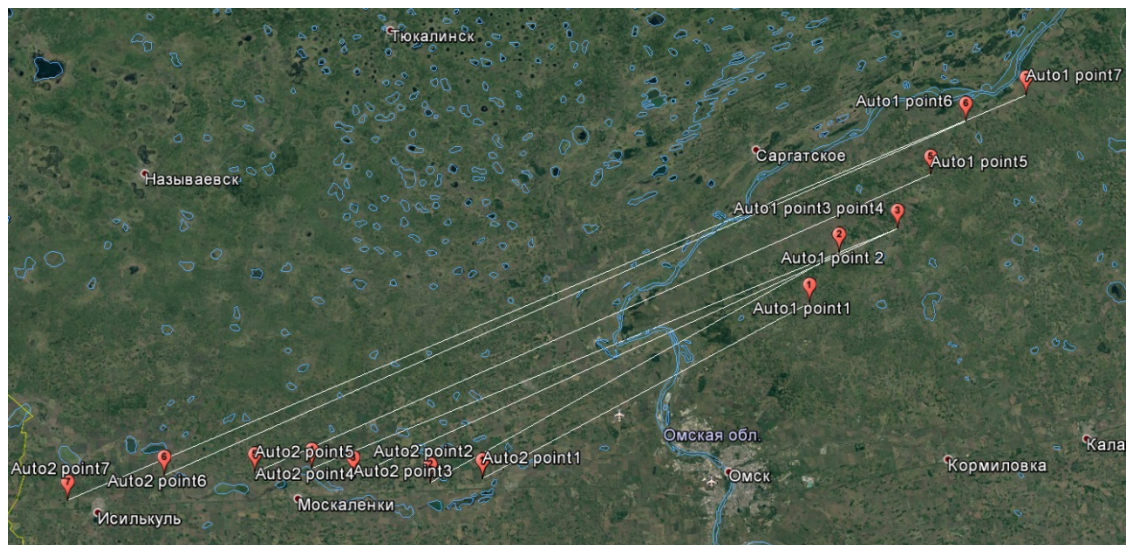


Рис. 3. Расположение радиотрасс на местности на первом этапе испытаний

Второй этап испытаний с участием представителей МЧС (рис. 4 [5]) проводился в Республике Коми на базе Воркутинского арктического комплексного аварийно-спасательного центра МЧС России – филиала Северо-Западного регионального поисково-спасательного отряда МЧС России. Испытания проводились в 2017 и 2018 годах.

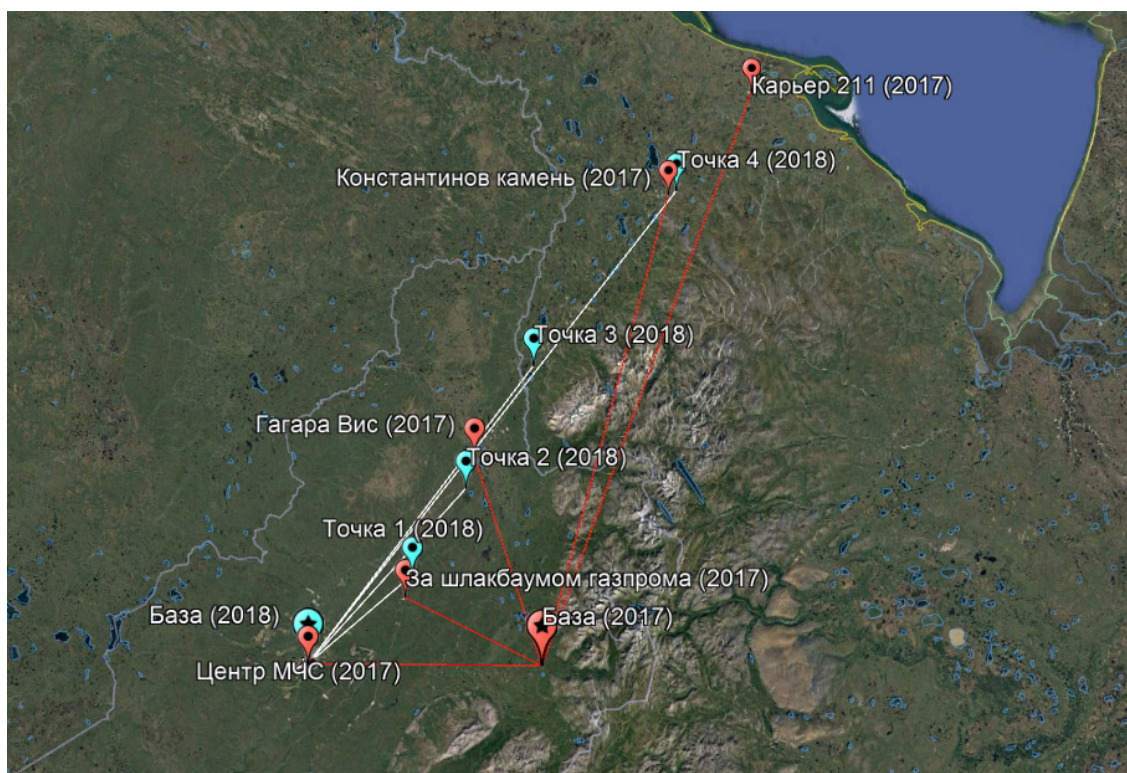


Рис. 4. Расположение радиотрасс на местности на втором этапе испытаний

Проведенные в 2017 году испытания показали возможность устойчивой радиосвязи голосовым сигналом и передачи сообщений цифрового избирательного вызова в СВ диапазоне при мощности передатчика 100 Вт на расстоянии до 60 км (Гагара Вис – точка 2), в том числе и в движении. Радиосвязь Базы (2017) с пунктами Константинов Камень и Карьер отсутствовала, так как они затенялись горным массивом (рис. 4).

Перенос исходной точки (База 2018) в центр МЧС позволил исключить это затенение и получить дальность голосовой радиосвязи до 100 км – Константинов Камень (точка 4).

Испытания были проведены и на базе Арктического спасательного учебно-научного центра «Вытегра». При проведении этих испытаний один опытный образец радиостанции «Нозма СВ», был установлен стационарно на территории Арктического спасательного учебно-научного центра «Вытегра», а второй – на автомобиле «ГАЗель» (рис. 5). В ходе проведения этих испытаний была обеспечена голосовая радиосвязь и передача данных со скоростью 100 бит/с на расстояние более 100 км (рис. 6 [5]). Основным отличием этих испытаний было то, что поверхностная волна распространялась не только вдоль суши, но и над поверхностью Онежского озера (рис. 6).



Рис. 5. Размещение антенн стационарное и на АСМ «ГАЗель»

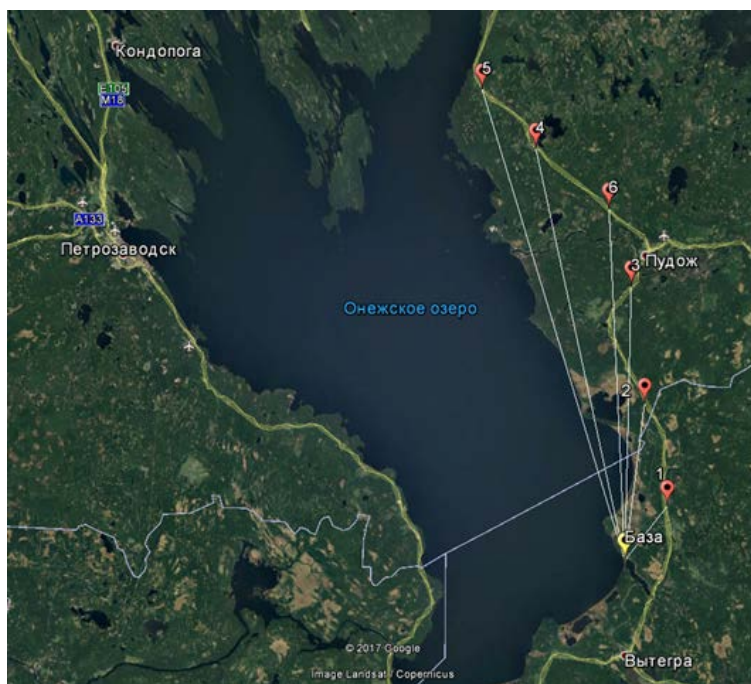


Рис. 6. Размещение точек приёма и передачи при испытаниях на базе Арктического спасательного учебно-научного центра «Вытегра»

IV. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Радиосвязь на радиотрассах дальностью 120–155 км (трассы 4 и 5) отсутствовала. Пропадание радиосвязи на радиотрассах 4 и 5, объясняется значительным изменением рельефа местности. На первом этапе испытаний и на протяжении радиотрасс 1, 2 и 3 второго этапа испытаний перепады высот рельефа местности не превышали 100 м и были значительно меньше используемой для радиосвязи длины волны, в то время как на протяжении радиотрасс 4 и 5 перепады высот рельефа местности составляли несколько сот метров – больше используемой для радиосвязи длины волны.

Для решения задачи радиосвязи с объектами, находящимися в «мертвой» зоне вне радиовидимости на радиотрассах средней и малой дальности, может применяться способ КВ-радиосвязи, использующий почти вертикальное облучение ионосферы, получивший название NVIS (Near Vertical Incidence Skywave propagation) [6]. При применении NVIS радиосвязи, радиоволны, отражающиеся от слоя E, расположенного на высоте 90...120 км, поглощаются слоем D, который начинается на высоте 50 километров, не имеет максимума плотности по высоте и плавно переходит в слой E, проходя его дважды. Поэтому для Арктической зоны Российской Федерации более предпочтительными являются организационные методы, основанные на создании сети радиосвязи в средневолновом диапазоне, с использованием автоматической ретрансляции сигналов удаленными ретрансляторами, которые могут работать в автономном, необслуживаемом режиме. Для расчета «мертвых» зон, обусловленных рельефом местности, и точек оптимального расположения ретрансляторов можно воспользоваться рекомендациями Международного союза электросвязи МСЭ-R P.526-10 «Распространение радиоволн за счет дифракции» [7].

Еще одним важным результатом проведенных испытаний является то, что по их результатам были сформулированы рекомендации СПБУ ГПС МЧС России и Воркутинского АКАСЦ МЧС России:

1. Выполнить радиостанции в возимом и автономном исполнении, конструктивно в одном блоке (приемопередатчик и усилитель мощности), со стандартным исполнением.
2. Расширить частотный диапазон частот, как минимум, до 4,2 МГц.
3. Панель с приборами управления и тангентой сделать съемными для удаленного управления радиостанцией, обеспечив возможность быстрого выбора заранее заданных частотных каналов и адресов для передачи текстовых сообщений.
4. Рассмотреть возможность беспроводного сопряжения приемопередатчика с пультом для набора/чтения SMS и предусмотреть на передней панели кнопки для передачи запрограммированных сообщений в режиме низкоскоростной передачи данных, например, «прибыл», «на приеме», «повторите запрос», «мои координаты».
5. Реализовать в радиостанции журнал хранения входящих и исходящих текстовых сообщений на съемный носитель, «запрос на связь» с подтверждением в режиме низкоскоростной приёмопередачи, добавить кнопку SOS с передачей координат.
6. Антенный штырь должен обеспечивать оперативное развёртывание, если возможно, то автоматическое, и иметь возможность установки на грунте, в том числе мерзлый грунт и лед. В комплектность должно входить все необходимое для установки приспособления: механизм фиксации на грунте, противовесы и т.п.
7. Питание радиостанции должно обеспечиваться от источников постоянного тока 12 В, 24 В и источника переменного тока 220 В. Для автономного исполнения радиостанции должен быть свой аккумулятор. Должно быть приведено время автономной работы. Для радиостанции автомобильного исполнения должна быть регламентирована потребляемая мощность и ток.

При разработке радиостанции широко применялись современные цифровые технологии, использующие принципы открытой модульной архитектуры со стандартными интерфейсами и единой операционной средой, так называемая технология программируемого радио (Software-defined Radio – SDR), позволяющая программно конфигурировать технические средства в зависимости от решаемых задач и реализовывать на программном уровне различные функции, обычно реализуемые аппаратно, например:

- привод летательных аппаратов на необорудованные площадки, в том числе и полностью автономный, включая ближний привод к спасательным средствам;
- прием навигационной информации, передаваемой по системам НАВТЕКС/NAVDAT и др.

V. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные натурные испытания на реальных радиотрассах, в том числе в условиях Крайнего Севера, показали возможность организации радиосвязи с мобильными группами спасателей МЧС России в средневолновом диапазоне длин волн, на расстояния в несколько десятков, а при равнинном рельефе местности до нескольких сотен километров, в том числе и в движении.

Радиосвязь обеспечивалась в окрестностях города Воркуты, несмотря на наличие большого числа сосредоточенных помех, что само по себе свидетельствует об интенсивном использовании на Крайнем Севере средневолнового диапазона длин волн, который оказывается весьма перспективным, а иногда и единственным частотным ресурсом, обеспечивающим функционирование различных радиотехнических систем.

Разработанные в ОмГТУ укороченные антенны для средневолнового диапазона могут быть размещены на транспортных средствах, используемых мобильными группами спасателей МЧС России, и обеспечивают хорошую эффективность. Необходимо отметить, что штыревые антенны сегодня являются наиболее распространенными на мобильных объектах (автомобили и суда различного тоннажа и назначения).

Результаты испытаний и сформулированные СПбУ ГПС МЧС России и Воркутинского АКАСЦ МЧС России рекомендации позволяют определить направления дальнейшей работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dulkey I. V., Zavyalov S. A., Chaschin E. A., Shigabutdinov A. R. Some aspects of providing information security of hydrocarbons extraction and transportation in the Arctic Zone of the Russian Federation // *Procedia Engineering*. 2015. Vol. 113. P. 344–348.
2. Брыксенков А. А., Дулькейт И. В., Завьялов С. А., Косых А. В., Хазан В. Л., Шигабутдинов А. Р. Создание единого информационного пространства по обеспечению мореплавания в акватории Северного морского пути на основе интеграции радиооборудования и использования информационных технологий // *Морские информационно-управляющие системы*. 2014. № 3 (6). С. 68–73.
3. Дулькейт И. В., Завьялов С. А., Косых А. В., Ляшук А. Н., Чашин Е. А. Результаты натурных испытаний средневолновой мобильной радиостанции на радиотрассах средней дальности // *Омский научный вестник. Сер. Приборы машины и технологии*. 2016. № 3 (147). С. 82–86.
4. Alexei N. Liashuk, Sergey A. Zavyalov, Evgeny A. Chashin. Small Monopole Transceiver Antenna for Medium Frequencies // 2016 17th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM). 2016. P. 140–144. DOI: 10.1109/EDM.2016.7538712.
5. Планета Земля. URL: <https://www.google.com/intl/ru/earth/> (дата обращения: 10.05.2017).
6. Поляков В. Т. NVIS техника ближней связи на KB // *Спецтехника и связь*. 2009. № 1. С. 59–63.
7. Recommendation ITU-R P.526-6 Propagation by Diffraction. URL: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-rec/p/R-REC-P.526-6-199910-S!!PDF-E.pdf (дата обращения: 12.05.2017).

УДК 539.3

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПАВ В ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ С НЕОДНОРОДНЫМ ПОКРЫТИЕМ

SOME PROPERTIES OF SAW IN PIEZOELECTRIC STRUCTURES WITH INHOMOGENEOUS COATING

Т. И. Белянкова^{1,2}, Е. И. Ворович³, В. В. Калинчук^{1,2}, О. М. Тукодова³

¹Южный научный центр Российской академии наук, г. Ростов-на-Дону, Россия

²Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

³Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

T. I. Belyankova^{1,2}, E. I. Vorovich³, V. V. Kalinchuk^{1,2}, O. M. Tukodova³

¹Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia

²Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

³Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Аннотация. Рассматривается задача о распространении поверхностных sh-волн в пьезоэлектрической структуре с покрытием из функционально градиентного материала. В качестве «опорного» материала использован пьезоэлектрик гексагональной сингонии класса 6mm. Решение задачи строится на основе подхода, сочетающего аналитические методы построения решения для однородных составляющих