

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

УДК 621.396.933.2:355.588.2

Каплярчук  
Евгений Александрович

«Методы построения современных радиосистем оповещения о бедствии»

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-39 80 02 «Радиотехника, в том числе системы и  
устройства радионавигации, радиолокации и телевидения»

---

*(подпись магистранта)*

Научный руководитель  
Титович Николай Алексеевич  
*(фамилия, имя, отчество)*

Кандидат технических наук,  
доцент  
*(ученая степень, ученое звание)*

---

*(подпись научного руководителя)*

Минск 2020

Библиотека БГУИР

Нормоконтроль

---

(фамилия, имя, отчество)

---

## ВВЕДЕНИЕ

В 2017 году исполнилось 35 лет со дня первого спасения, осуществленного международной системой поиска и спасения КОСПАС–САРСАТ.

С тех пор система КОСПАС-САРСАТ существенно изменилась, космические аппараты с оборудованием системы поиска и спасения функционируют не только на низкой, но и на геостационарной орбитах. Всего за время эксплуатации системы с момента запуска было спасено более 41 000 человек.

Система поиска и спасения призвана уменьшить, насколько возможно, задержку в доставке информации о чрезвычайной ситуации (ЧС) службам поиска и спасения и время, необходимое для обнаружения ЧС, поскольку эти параметры непосредственно влияют на вероятность выживания в катастрофе людей. Быстрое детектирование и определение координат ЧС также вносит свой вклад в уменьшение стоимости поисковой спасательной операции и рисков для спасателей [7].

Международная система предназначена для обеспечения передачи сообщений об аварийной ситуации на глобальной, недискриминационной и бесплатной для пользователей основе. Она функционирует в частотных диапазонах, выделенных международным союзом электросвязи (МСЭ) исключительно для оповещения о ЧС, то есть ситуаций серьезной и неизбежной угрозе безопасности человеческой жизни.

Информация, полученная из 177 национальных администраций, указывает, что почти 2 млн радиобуев находилось в эксплуатации в конце 2015 г. По оценкам секретариата КОСПАС–САРСАТ, в конце 2015 г. число радиобуев в мире с протоколом местоположения (location protocol (LP)) достигло 54,2 % всего имеющегося парка радиобуев. С 2009 г. КОСПАС–САРСАТ стал ежегодно оценивать процент зарегистрированных радиобуев от числа обнаруженных активированных радиобуев.

При всех вышеперечисленных данных данный сегмент только начинает свое полноценное глобальное развитие. Персональные радиомаяки, излучающие сигнал о бедствии, только начинают приобретать свою популярность, поэтому их стоимость во многих случаях завышена.

В данной работе будет предложено альтернативное решение данной проблемы, а также будут спроектированы и рассчитаны необходимые элементы конструкции для реализации персонального радиопередатчика.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования:** При возникновении чрезвычайной ситуации любого характера, будь то природные катаклизмы или крушение самолетов с десятками людей на борту, важнейшим условием, позволяющим эффективно провести спасательные операции, является своевременное оповещение спасательных служб. Данная тема сосредоточена на создании для оказавшихся в подобных ситуациях людей персонального радиомаяка, передающего сигналы бедствия на международной частоте спутниковой системы Cospas-Sarsat.

**Цель работы:** Анализ систем оповещения о бедствиях и проектирование индивидуального радиомаяка для передачи сигналов о бедствии.

**Задачи исследования:** 1. Анализ современного состояния отечественной и международной системы оповещения о бедствиях. 2. Анализ особенностей построения канала для приема сигналов о бедствии в системе навигации. 3. Обзор структурных схем передатчика радиобуя. 4. Моделирование канала передачи сигнала о бедствии. 5. Обоснование требований к проектируемому передатчику. 6. Разработка оптимальной схемы и конструкции миниатюрного передатчика оповещения о бедствии.

**Объект исследования:** системы оповещения о бедствии

**Предмет исследования:** миниатюрный передатчик оповещения о бедствии.

### Текст обоснования

По всему миру проводятся учения, во время которых очередную группу пилотов обучают выживанию в экстремальных условиях в течение нескольких суток или даже недель до прибытия спасателей. Особое внимание уделялось навыкам и способам обнаружения себя. Если бы не наличие у современных пилотов сигнальных ракет и самонадувающихся плотов-капсул, то можно сказать, что методы эти практически не изменились со времен первых полярных экспедиций позапрошлого века. Каждый месяц мы можем наблюдать разные новости об исчезновении вертолетов или небольших самолетов с десятками людей на борту. Поэтому и была выбрана данная тема диссертации, чтобы предложить способ быстрого поиска людей терпящих бедствие путем оснащения их миниатюрным персональным радиомаяком, передающим сигналы бедствия на международной волне 121,5 спутниковой системы Cospas-Sarsat. По всему миру проводятся учения, во время которых очередную группу пилотов обучают выживанию в экстремальных условиях в течение нескольких суток или даже недель до прибытия спасателей. Особое внимание уделялось навыкам и способам обнаружения себя. Если бы не наличие у современных пилотов сигнальных ракет и самонадувающихся плотов-капсул, то можно сказать, что методы эти практически не изменились

со времен первых полярных экспедиций позапрошлого века. Каждый месяц мы можем наблюдать разные новости об исчезновении вертолетов или небольших самолетов с десятками людей на борту. Поэтому и была выбрана данная тема диссертации, чтобы предложить способ быстрого поиска людей терпящих бедствие путем оснащения их миниатюрным персональным радиомаяком, передающим сигналы бедствия на международной волне 121,5 спутниковой системы Cospas-Sarsat.

**Структура магистерской диссертации:** работа изложена на 60 страницах, состоит из разделов «Введение», основной части, разбитой на главы, в которой приводится анализ научной литературы, описание использованных методов, оборудования и материалов, а также сущность и основные результаты исследования; заключение (выводы); список использованной литературы.

**План магистерской диссертации:**

Введение

Глава 1 основные положения концепции развития сегмента международной системы поиска и спасения

- 1.1 Основные принципы создания ГМССБ
- 1.2 Цифровой избирательный вызов. NAVTEX
- 1.3 Радиолокационное обнаружение
- 1.4 Радиооборудование спасательных средств

Глава 2 структура современных радиосистем оповещения

- 2.1 Распространение радиоволн
- 2.2 Устройство поиска и спасения

Глава 3 оценка зоны обслуживания станции приема и обработки информации

- 3.1 Алгоритмы планирования
- 3.2 Алгоритм планирования, позволяющий оценить зону обслуживания СПОИ-СО
- 3.3 Оценка величины зоны обслуживания существующих на данный момент СПОИ-СО
- 3.4 Моделирование зоны обслуживания в зависимости от алгоритма планирования и количества антенн на СПОИ-СО

Глава 4 встраиваемая антенна для аварийных радиомаяков второго поколения системы коспас–сарсат

- 4.1 Алгоритм расчета встраиваемой антенны для радиомаяков второго поколения
- 4.2 Расчет дипольно-рамочной антенны измерений макетного образца антенны и сравнение с расчетными данными

Глава 5 проектирование персонального радиомаяка Заключение

Список литературы

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Разработка и внедрение в практику принципиально нового метода поиска и спасания потерпевших бедствие людей через спутниковую систему КОСПАС–САРСАТ стали знаковым явлением конца XX в.

Инициаторами создания данной международной организации стали бывший СССР, США, Франция и Канада. Сейчас организация объединяет 43 государства, а предоставляет аварийную информацию о местоположении бедствия на недискриминационной основе и бесплатно любому конечному пользователю без всякого исключения. Одно лишь условие - в наличии должен быть аварийный радиобуй (морской, или авиационный, или персональный) для подачи сигнала бедствия. Радиобуй нужно зарегистрировать, чтобы знать владельца. Всего же в мире уже более 2 млн радиобуев КОСПАС–САРСАТ, работающих на частоте 406 МГц.

В данной работе проведен анализ размера зоны обслуживания СПОИ-СО с различным количеством антенн при использовании различных алгоритмов выбора спутников для наведения на них антенн СПОИ-СО с учетом наличия медленно подвижных буев.

Проведен анализ двух имеющихся алгоритмов выбора спутников-ретрансляторов для наведения на них антенн СПОИ-СО, приведены их достоинства и недостатки. Среди недостатков следует особо выделить отсутствие учета наличия медленно подвижных буев и отсутствие оптимизации зоны обслуживания СПОИ-СО.

Предложен новый алгоритм планирования, обеспечивающий итерационную оптимизацию зоны обслуживания СПОИ-СО и учитывающий наличие медленно подвижных АРБ.

Выполнено математическое моделирование зоны обслуживания для конфигураций СПОИ-СО, существующих на данный момент (4 или 6 антенн). Это моделирование показало низкую эффективность 4-антенных СПОИ-СО и невозможность работы по медленно подвижным АРБ, в то время как 6-антенная СПОИ-СО продемонстрировала возможность выполнения требований как по не подвижным (в радиусе около 4500 км), так и по подвижным АРБ (в радиусе около 3000 км).

Приведенные моделирования призваны дать оценку минимального количества антенн, требуемого для обеспечения покрытия обслуживания с заданными характеристиками в желаемой зоне покрытия. Отмечено, что нужное количество антенн может быть достигнуто за счет установки их на СПОИ-СО либо за счет обмена измерениями с соседними СПОИ-СО при условии координирования их работы.

Также в данной работе: предложена дипольно-рамочная антенна для применения в персональном спасательном радиомаяке КОСПАС–САРСАТ нового (второго) поколения; приведено подробное описание этапов проектирования такой антенны и предложена инженерная методика ее расчета; расчетно-экспериментальным путем получен входной коэффициент стоячей волны антенны КСВ = 1,1 и полусферическая ДН антенны на частоте 406 МГц с  $K_u = 2,5$  дБ; путем изменения конфигурации противовеса антенна вписана в радиомаяк с габаритами (200××75×45) мм<sup>3</sup>; учтен фактор влияния

платы передатчика на форму ДН антенны. Выбрано ее наилучшее положение в корпусе радиомаяка.

Были рассмотрены технические характеристики существующих и перспективных комплексов системы поиска и спасения КОСПАС–САРСАТ, предназначенных для размещения на различных космических аппаратах.

В результате проведенного анализа сформированы унифицированные требования к перспективной бортовой аппаратуре, которая при условии ее разработки и реализации в перспективных ОКР в рамках ФКП 2016–2025 или ФЦП «ГЛОНАСС» может быть размещена на космических аппаратах низкоорбитального, среднеорбитального и геостационарного (включая высокоэллиптические космические аппараты) сегментах системы.

С учетом проектирования перспективной аппаратуры КОСПАС–САРСАТ в виде комплекса базовых элементов с жестко ограниченной функциональностью, а также с учетом необходимости реализации функции обработки сигнала аварийных радиобуев на борту низкоорбитальных космических аппаратов появляется возможность создания максимально унифицированного комплекса поиска и спасения, который с минимальной реконфигурацией может быть использован на борту любого сегмента системы поиска и спасения.

В конце работы проведено проектирование персонального радиомаяка типа «мидальон-маяк» который выполняет все необходимые функции и соответствует мировым стандартам разработки персональным системам оповещения о бедствии.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Начало практической реализации международной спутниковой системы поиска и спасения КОСПАС–САРСАТ было положено запуском первого советского спутника КОСПАС-1 в 1982 г. За прошедшие 38 лет с

использованием системы КОСПАС–САРСАТ было спасено более 44 тысяч человек. Это выдающееся достижение получило большое признание среди мирового сообщества пользователей авиационным и морским транспортом, а также индивидуальных пользователей на суше.

Программа КОСПАС-САРСАТ оказывает содействие службам поиска и спасения во всем мире путем своевременного предоставления мировому сообществу на недискриминационной основе точных и надежных данных о бедствии и его местоположении.

Цель системы КОСПАС–САРСАТ состоит в снижении, насколько это возможно, задержки предоставления аварийных сообщений службам поиска и спасения и времени на местоопределение бедствия и оказание помощи, что напрямую влияет на вероятность выживания человека на море и на суше.

Для достижения этой цели участники КОСПАС–САРСАТ вводят в эксплуатацию, поддерживают, координируют и эксплуатируют спутниковую систему, которая способна обнаруживать аварийные сигналы от радиобуев, соответствующих спецификациям и стандартам, а также определять их местоположение в любой точке земного шара. Данные о бедствии и его местоположении передаются участниками КОСПАС–САРСАТ в соответствующие службы поиска и спасения.

КОСПАС–САРСАТ сотрудничает с Международной организацией гражданской авиации (ИКАО), Международной морской организацией (ИМО), Международным союзом электросвязи (МСЭ) и другими международными организациями с целью обеспечения соответствия услуг КОСПАС–САРСАТ по предоставлению данных о бедствии и потребностями, стандартами и соответствующими рекомендациями мирового сообщества.

При этом всем рынок персональных маяков о бедствии недополучает необходимых средств персонального обнаружения, которые предлагаются в данной работе.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**

1. Каплярчук, Е. А. История развития вооружения противовоздушной обороны / Е. А. Каплярчук // Инновационные технологии в учебном процессе: материалы 52-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов. (Минск, 29 апреля 2016 г.). – Минск : БГУИР, 2016. – С. 33 - 34.

2. Каплярчук, Е. А. Системы оповещения о бедствии / Е. А. Каплярчук // Радиотехника и электроника: 55-я юбилейная научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 22-26 апреля 2019 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2019. – С. 74 – 75.

Автор \_\_\_\_\_ Е.А.Каплярчук

Заведующий кафедрой ИРТ Н.И. Листопад

Научный руководитель Н.А. Титович