

Комитет по образованию Санкт Петербурга
Государственное бюджетное негосударственное образовательное учреждение
«Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных»
Северо-Западная межрегиональная общественная организация
Федерации космонавтики России
Балтийский государственный технический университет «Военмех» им.Д.Ф.Устинова

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ НАУКИ И ТЕХНИКИ

**МАТЕРИАЛЫ
XIV ОТКРЫТОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
учащихся, студентов и аспирантов**

25-26 апреля 2016 года

ISBN 978-5-88494-155-7



9 785884 941557

Комитет по образованию Санкт Петербурга
Государственное бюджетное нетиповое образовательное учреждение
«Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных»
Северо-Западная межрегиональная общественная организация
Федерации космонавтики России
Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д.Ф.Устинова

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ НАУКИ И ТЕХНИКИ

**МАТЕРИАЛЫ
XIV ОТКРЫТОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
учащихся, студентов и аспирантов**

25-26 апреля 2016 года
Санкт-Петербург
Россия

Информационные технологии в области науки и техники:
материалы XIV открытой научно-практической конференции
учащихся, студентов и аспирантов. ГБНОУ «СПБ ГДТЮ», – СПб.,
2016. – 74 с.

Публикуемые материалы представляют собой статьи и доклады, представленные на XIV Открытой научно-практической конференции учащихся, студентов и аспирантов «Информационные технологии в области науки и техники», которая прошла 25-26 апреля 2016 года в Юношеском клубе космонавтики им. Г.С. Титова Государственного бюджетного не-типового образовательного учреждения «Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных» (г. Санкт-Петербург).

Материалы сборника охватывают вопросы информационных технологий в области радиолокации, дистанционного зондирования Земли, радиоэлектронных систем управления летательными аппаратами, разработки систем обработки информации, проектирования и управления малыми космическими аппаратами, повышения качества аэрокосмического образования молодежи.

тираж РИС ГБНОУ СПБ ГДТЮ
заказ Т1147, подписано в печать 19.12.16, тираж 100 экз.

ISBN 978-5-88494-155-7

© ГБНОУ СПБ ГДТЮ,
ЮКК, 2016

Организационный комитет тринадцатой открытой научно-практической конференции

- А.И. Тарасов к.т.н., доцент БГТУ «Военмех» им. Д.Ф.Устинова,
председатель попечительского совета
фонда «Апрель 12»,
председатель оргкомитета конференции
- В.Ф. Жуковский к.т.н., заведующий сектором ГБНОУ «СПБ ГДТЮ»,
научный руководитель
Юношеского клуба космонавтики им. Г.С.Титова
- И.Я.Жуковская заведующий лабораторией ГБНОУ «СПБ ГДТЮ»,
куратор конференции
- А.Ю.Ронкина руководитель
Юношеского клуба космонавтики им. Г.С.Титова
ГБНОУ «СПБ ГДТЮ»

Жуковский В.Ф. Молодежное КБ «ANSAT»

6 апреля 2016 года в Юношеском клубе космонавтики им. Г.С. Титова Санкт-Петербургского городского Дворца творчества юных состоялось открытие учебного Центра связи с космическими аппаратами (ЦССКА). На церемонии присутствовал Губернатор Санкт-Петербурга Георгий Сергеевич Полтавченко.

Вместе с Губернатором на открытии присутствовали: и.о. Председателя Комитета по образованию Юрий Владимирович Соляников, Председатель Комитета по промышленной политике и инновациям Санкт-Петербурга Максим Семенович Мейксин, генеральный директор Санкт-Петербургского городского Дворца творчества юных Мария Ренгольдовна Катунцова, генеральный директор – генеральный конструктор АО «НПП «Радар ммс» Георгий Владимирович Анцев, космонавт-испытатель, Герой России Андрей Иванович Борисенко, проректор по внедрению передовых технологий СПб ПУ Петра Великого Олег Николаевич Остапенко, вице президент СЗФО ФК Олег Петрович Мухин

Внедрение Центра связи с космическими аппаратами в ЮКК выполнил за свой счет давний партнер Дворца – Акционерное Общество «Научно-производственное предприятие «Радар ммс». Это конкретный шаг на пути реализации проекта «Школьный спутник АнСат».

Данный программно-аппаратный комплекс позволит осуществлять слежение за космическими аппаратами в реальном времени: получать телеметрию и снимки дистанционного зондирования Земли, осуществлять голосовую связь с МКС. Мы планируем осуществить первый сеанс связи во время второго полета на МКС выпускника клуба Андрея Борисенко.

И самое главное, ЦССКА — это важный элемент проекта АнСат с точки зрения дистанционного управления стендами и действующими макетами (БПЛА, мехатронной системы АнСат, механизма ролспуска солнечного паруса АнСат, ...), создаваемыми в ЮКК.

В этом году мы создали Конструкторское Бюро «АнСат» с целью объединения старших школьников, студентов и специалистов для практической реализации макетов и стендов.

Для работы КБ было закуплено дополнительное оборудование и электронные компоненты:

- 3Д принтеры;
- одноплатные компьютеры Raspberry Pi v.3;
- платы расширения Raspberry Pi Sense Hat с 3-х осевыми инерциальными датчиками (акселерометр, гироскоп, магнетометр), с датчиками

температуры, давления и влажности, а также с матрицей светодиодов 8x8 и джойстиком;

- инфракрасные видеокамеры для Raspberry Pi;
- комплект рулевых машинок (сервоприводов);
- комплект радиомодулей ZigBee v.2 .

Таким образом, мы оснастились и готовы действовать.

На момент публикации данного сборника появилась важная новость — 30 июля 2016 года выпускник ЮКК 1990 года Роман Александрович Евдокимов, начальник сектора в отделе энергетических систем космических средств нового поколения РКК «Энергия», защитил докторскую диссертацию. Поздравляем!!! Диссертационная работа посвящена оптимизации энергодвигательных систем перспективных транспортных космических аппаратов. Результаты работы могут быть использованы при проектировании межорбитальных буксиров для реализации лунной и марсианской программ. Р.А. Евдокимов поддержал работу КБ и дал согласие на научное сопровождение нашего проекта.

**Государственное бюджетное нетиповое
образовательное учреждение
«Санкт-Петербургский городской
Дворец творчества юных»**

В.Ф. Жуковский	к.т.н., заведующий сектором, научный руководитель Юношеского клуба космонавтики им. Г.С. Титова
С.Л. Курдубов	к.ф.м.н., научный сотрудник ИПА РАН, научный руководитель
К. Ризванова	учащаяся 11 класса ГБОУ лицей №244
Н. Котелевский	учащийся 10 класса ГБОУ СОШ №268
М. Купорова	учащаяся 10 класса ГБОУ лицей №126
И. Шамов	Учащаяся 9 класса ГБОУ лицей №329

Ризванова К. Решение обратной задачи для платформы Стюарта

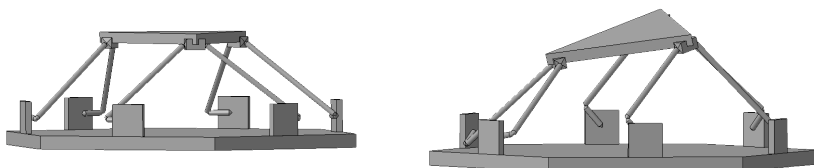
Научный руководитель: Жуковский В.Ф.

Решение обратной задачи платформы Гью-Стюарта – одна из важных задач в робототехнике, потому что от качества вычислений зависит точность позиционирования роботов.

Целью данной работы является постановка и решение обратной задачи параллельной кинематики для платформы 6-dof. Для этого необходимо понять общие механизмы параллельной кинематики, выяснить алгоритм решения задачи и описать это решение в программном коде.

Прямая задача платформы: зная углы поворота каждого двигателя сориентировать платформу.

Обратная задача платформы: зная абсолютное положение платформы в пространстве (крен, рысканье, тангаж, смещения), вычислить углы поворота для каждого двигателя.



Платформа Гью-Стюарта (6-dof)

Были проведены работы по изучению кинематических операций, был описан алгоритм решения обратной задачи и расписано решение этой задачи на компьютерном языке Java.

По итогам исследования алгоритмов было решено что для учебной платформы лучше использовать решение обратной задачи подобное алгоритму, т.е. решать задачу по действиям. Данный метод помогает учащимся наглядно увидеть рассматриваемую задачу и ход её решения, а также более удобен для написания программы.

Данный доклад предназначен для изучения сложных схем робототехники, с дальнейшим применением их в сфере разработок инновационных технологий. В мире, механизмы параллельной кинематики активно используются в робототехнике промышленного масштаба.

Таким образом, доклад актуален как на данный момент для изучения сложных механизмов в робототехнике, так и в будущем для использования результатов в новых разработках.

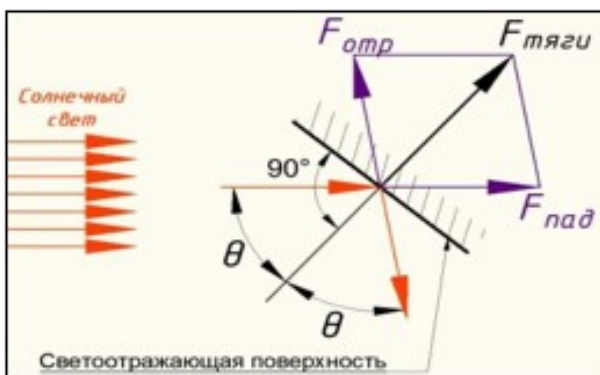
Котелевский Н. Применение солнечного паруса в космической технике. Спутниковая группировка AnSat

Научный руководитель: Жуковский В.Ф.

Солнечным парусом называется устройство, использующее давление солнечного света или лазера на зеркальную поверхность для приведения в движение космического аппарата.

Идея о существовании давления света, впервые выдвинутая ещё в 1619 г. немецким физиком и астрономом И. Кеплером, была обоснована в 1873 г. английским физиком Д. Максвеллом и экспериментально доказана в 1912 г. русским физиком П. Н. Лебедевым. П. Н. Лебедев доказал, что свет является одной из форм материи, обладающей энергией, и оказывающей механическое действие на различные объекты. На основе этого утверждения и была выдвинута идея перемещения в космосе с использованием давления солнечного света.

Солнечный парус был изобретён в 1908 г. выдающимся советским учёным-физиком, инженером, пионером советской космонавтики Фридрихом Артуровичем Цандером (1887 — 1933 гг.). Он впервые выдвинул несколько идей об устройстве и принципах применения солнечного паруса в качестве двигателя при космических перелетах.



Движущей силой солнечного паруса является поток световых частиц (фотонов) и солнечный ветер (поток ионизированных частиц). Они обладают свойствами электромагнитных волн, не имеют заряда и являются квантами света. Поток фотонов оказывает определенное давление на освещаемую поверхность. Давление светового потока (солнечного света) действует на экран с силой 0,01 Н и толкает космический аппарат в сторону от Солнца, придавая ему постоянное ускорение. Изменяя угол расположения паруса (освещаемой поверхности), можно изменять направление полета.



Солнечно-парусные двигатели имеют ряд преимуществ перед обычными топливными реактивными двигателями. Реактивные двигатели не способны обеспечить космическому аппарату постоянное ускорение из-за ограниченности их объема и огромной массы, значительную часть которой составляет топливо. Солнечно-парусный двигатель работает за счёт световой энергии и не использует топлива, поэтому имеет сравнительно маленькую массу. Благодаря этому аппарат может легко и быстро изменять скорость и направление движения, не требует перезарядки и затрат на топливо, может использоваться непрерывно в течение долгого времени.

Основным недостатком солнечно-парусного двигателя является невозможность его применения на большом расстоянии от Солнца, так как по мере удаления от источника света фотонный поток слабеет, а на границе Солнечной системы его сила падает до нуля.

Преимущества солнечного паруса перед реактивными ракетными двигателями:

1. Отсутствие топлива;
2. Лёгкость и надёжность конструкции;
3. Возможность непрерывного использования в течение долгого времени;
4. Возможность быстрого изменения скорости и направления движения.

Недостатки солнечно-парусных двигателей:

1. Зависимость скорости движения от расстояния от Солнца;
2. Невозможность использования на больших расстояниях от Солнца и в пределах земной атмосферы.

Наиболее известным проектом запуска спутников с солнечно-парусными двигателями считается отечественный проект космических экспериментов «Знамя». Первым и единственным успешно запущенным аппаратом этого проекта был космический аппарат «Знамя-2» с освещаемой поверхностью диаметром 20 м. Он был запущен 4 февраля 1993 г.

В 2004 г. был создан российско-американский проект по разработке и запуску космических аппаратов с солнечно-парусными двигателями. Отече-

ственным спутником, созданным в рамках этого проекта, стал «Космос-1» диаметром 30 м, запущенный 21 июня 2005 г. Однако запуск прошёл неудачно, аппарат так и не был выведен на околоземную орбиту.

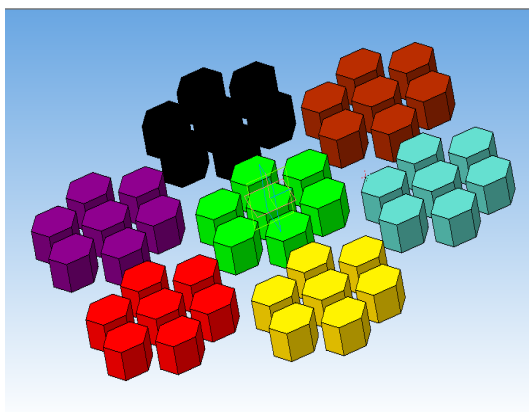
В 2010 г. появился первый японский космический аппарат с солнечно-парусным двигателем «IKAROS», разработанный японской космической корпорацией «JAXA». Его солнечный парус имел форму квадрата, состоял из 4 «лепестков», имел общую площадь 200 м и был запущен к Венере 21 мая 2010 г.

19 ноября 2010 г. космическая корпорация «NASA» разработала и запустила первый американский спутник с солнечным парусом «NanoSail-D2». Солнечный парус был спутника был намного меньше японского аппарата «IKAROS» - его площадь составила всего 10 м².

В конце 2014 г. в рамках проекта «NASA Space Technology Program» был разработан и запущен американский спутник «Sunjammer» - крупнейший в мире на сегодняшний момент космический аппарат с солнечно-парусным двигателем. Освещаемая поверхность нового аппарата представляла собой огромный солнечный парус диаметром 38 м и площадью 1208 м².

В настоящее время в международной космической корпорации «Планетарное общество» ведутся разработки нового спутника «LightSail-1». Спутник планируют запустить в 2016 г. Он будет функционировать на высоте 800 км, в течение четырех месяцев.

В настоящее время Юношеский клуб Космонавтики им. Г. С. Титова проектирует создание группировки спутников «AnSat», на которой в качестве двигателя будет установлен солнечный парус. Группировка спутников «AnSat» будет состоять из большого количества спутниковых систем, каждая из которых будет включать 6 спутников, на которых и будет раскрываться освещаемая поверхность солнечного паруса.



**Купорова М. Силы, действующие на КА в космосе.
Расчет гравитационных сил, действующих на спутниковую
группировку «AnSat»**

Научный руководитель: Курдубов С.Л.

Задачами работы является:

1. Рассказать о силах, которые действуют на тело в космосе;
2. Рассмотреть движение спутниковой группировки вокруг Земли;
3. Рассчитать силы, с которыми Земля действует на спутниковую группировку AnSat;
4. Рассмотреть зависимость сил гравитации от размеров спутника.

Силы, действующие на тело в космосе:

На любой КА, помещенный в произвольную точку межпланетного пространства действует совокупность сил. Величины, направление и их природа различны. Рассмотрим эти силы.

1. Аэродинамические силы. Носят локальный, местный характер. По мере удаления от поверхности планеты они будут уменьшаться, так как уменьшается плотность атмосферы. Наконец, на некоторых достаточно больших высотах атмосфера практически исчезает и вместе с нею исчезают и аэродинамические силы.

2. Электромагнитная сила. Создается электромагнитными волнами, к которым относится весь диапазон радиоволн, тепловое излучение и видимый свет. Если какое-либо тело поглощает, отражает или испускает электромагнитные волны, то вследствие этого возникают силы, действующие на это тело. Из всех действующих сил электромагнитного происхождения главной является сила давления солнечного света (при полетах в пределах Солнечной системы).

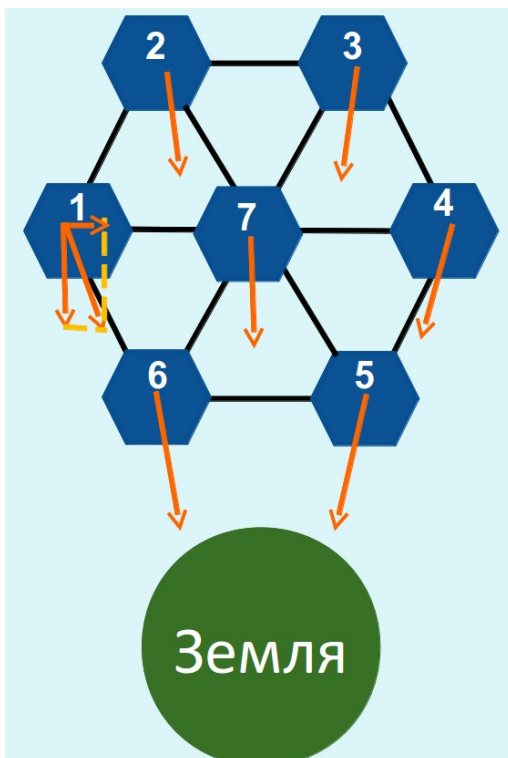
3. Магнитные поля, создаваемые планетами. Если летящий космический аппарат будет нести какой-либо электрический заряд, то взаимодействие этого движущегося заряда с магнитным полем в соответствии с законом Лоренца вызовет силу Лоренца, которую в некоторых случаях необходимо учитывать при запуске КА.

4. Сила притяжения. Действие этой силы не остается постоянным ни во времени, ни в пространстве. Это непрерывное изменение сил притяжения объясняется непрекращающимся движением всех тел, создающих гравитационное поле и одновременно находящихся в нем. Важно подчеркнуть, что гравитационные силы в подавляющем числе случаев в основном определяют движение космического аппарата.

Движение группировки вокруг Земли:

Для протяжённого тела, находящегося в гравитационном поле Земли, силы гравитации различаются для ближней и дальней сторон тела. И разность этих сил ведёт к деформации (тела в направлении градиента поля). По-

ложение группировки, в котором силы гравитации для ближней и дальней сторон тела будут максимально различаться, изображено на рисунке. Т.е. в этом положении АнСат будет деформировать больше всего.



Вычисление гравитационных сил Земли (2,6):

Используя формулу з-на Всемирного тяготения рассчитаем, с какой силой гравитация действует на спутник 2 (самый удаленный от Земли) и 6 (самый близкий к Земле). С этой величиной (0,0036Н) группировка будет растягиваться.

Зависимость гравитационной силы, действующей на спутники 2 и 6, от размера механических связей группировки:

Поскольку группировка будет раскрываться, посмотрим, как гравитационная сила зависит от её размера. Часть спутников группировки будет отходить от Земли, другая часть - приближаться к ней. На приближающиеся к Земле спутники гравитация действует сильнее, на удаляющиеся – меньше. Разность сил, действующих на разные концы группировки, будет растягивать её.

Вычисление гравитационных сил Земли (1,4,7):

Сверху и снизу группировка растягивается, а по бокам – сжимается. Используя формулу 3-на Всемирного тяготения рассчитаем, с какой силой на спутники 1,4 (по бокам) и 7 (центральный) будет действовать гравитация. Вектор силы гравитации – это сумма векторов силы, направленной вертикально вниз, и направленной к центру. Сила, направленная к центру спутника (F_{1,4Ц}), будет сжимать его.

Зависимость гравитационной силы, действующей на спутники 1 и 4, от размера механических связей группировки:

Спутники 1,4,7 находятся на одной линии и раскрытие группировки происходит по этой линии. Поэтому, действие сил гравитации с раскрытием группировки не изменяется (что показано на графике).

Расчёт высоты и ширины механических связей:

Представим соединение в виде пластинчатой стальной пружины, чтобы рассчитать минимальную толщину соединений, которые смогли выдерживать такие нагрузки. Используем следующую формулу:

$$F_{\max} = \frac{h\sigma^2[\sigma_{\text{дв}}]}{6L},$$

За максимальную нагрузку (F_{max}) возьмем силу растягивающую спутник (0,0036 Н). Для расчёта определим, что ширина в 5 раз больше высоты. Получим следующие числа: х (*высота*) = 0,9 мм; 5х (*ширина*) = 4,5 мм.

Расчёт массы механических связей:

Мы знаем ширину, высоту и плотность стали, из которой сделаны механические связи. Используя формулу плотности, рассчитаем массу одной механической связи. Она равна 320 грамм. У группировки 6 связей. Их общая масса равна 1920 грамм.

Итог: рассчитана сила:

- Растягивающая спутник (0,0036 Н)
- Сжимающая сила (17*10⁻¹² Н)
- Высота связей (0,9 мм)
- Ширина связей (4,5 мм)
- Масса связей (1920 г)

Впоследствии этот расчет поможет нам при выборе материала механических связей.

Шамов И.А. Визуализация авиационных приборов посредством SVG графики в HTML-среде

Научный руководитель: Жуковский В.Ф.

Целью работы является решение проблемы программной части проекта АнСат.

Задачи:

1. Настройки получения и передачи данных непосредственно с компьютера на сервер.
2. Организация исходного текста векторного изображения в структурированный, рационально скомпонованный код.
3. Визуализация полученных с внешних устройств показаний.
4. Визуализация авионического прибора авиагоризонт в web-среде.
5. Создание стандартного подхода к дополнению системы

Авионика — термин, обозначающий все электронные бортовые приборы, которые могут использоваться летательным аппаратом. Примером авионического прибора может служить авиагоризонт .

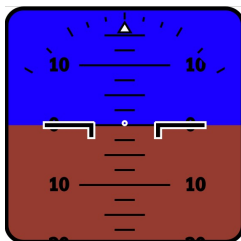


Иллюстрация 1: Прибор авиагоризонт

Прибор нарисован с помощью языка разметки масштабируемой векторной графики — SVG, являющимся одним из подмножества языков разметки XML. SVG используется в проекте из-за множества достоинств:

1. Преобразования изображения без визуальных искажений
2. Малый объём конечного файла
3. Удобная и быстрая работа с изображением при редактировании
4. Простые анимация и оформление, широкие возможности, предоставляемые фильтрами и интерактивностью, реагирование на изменения файла со стороны браузера
5. Иерархическая структура

Была выработана методика преобразования любого SVG изображения прибора в пригодный к эксплуатации в системе. Для этого всем элементам прибора присваиваются уникальные имена, элементы помещаются в тег `<defs>`, позволяющий описать элемент, но не рисовать сразу. После чего элементы вызываются тегом `<use>` с необходимыми преобразованиями (поворо-

тами,сдвигами). Доступ к элементам через тег <use> значительно упрощает работу с анимацией приборов.

Связь клиентской части проекта АнСат с сервером происходит через браузер, то есть с помощью web-технологий. Организуется связь при помощи Javascript-библиотеки NodeJS. NodeJS открывает на сервере сокет (socket - гнездо) для отсылки данных от сервера к клиенту. У клиента появляется возможность взаимодействовать с сервером с помощью такого же сокета. Таким образом, организовывается двухсторонняя передача данных между клиентом и сервером по образцу «запрос-ответ».

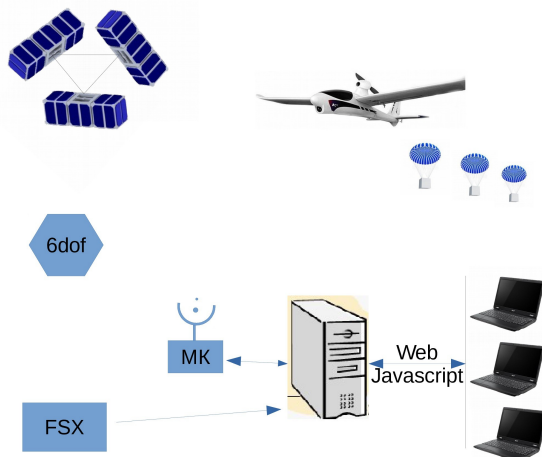


Иллюстрация 2: Программная часть проекта АнСат

Полученные с клиентской машины данные сервер отправляет на микроконтроллер. С микроконтроллера данные сразу же могут отправляться устройствам (Flight Simulator X, 6-dof платформа, БЛА, зонды, спутник и др.) и считываться с них в NodeJS модуль, который отправит данные на клиентскую машину, как показано на иллюстрации 2.

Список источников:

1. HTML5 Graphics with SVG&CSS3 - Kurt Cagle
2. HTML, скрипты и стили - Вадим Дунаев
3. SVG-path — Юлия Бухвалова

Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д.Ф. Устинова

А.А. Сорокин	к.т.н., профессор кафедры «Радиоэлектронные системы управления», научный руководитель
В.А. Сеницын	д.т.н., профессор кафедры «Радиоэлектронные системы управления», научный руководитель
Ю.В. Петров	к.т.н., доцент кафедры «Радиоэлектронные системы управления», научный руководитель
К.А. Афанасьев	старший преподаватель кафедры «Ракетостроение», научный руководитель
С.А. Лосев	к.т.н., доцент кафедры «Систем управления и компьютерных технологий», научный руководитель
В.А. Керножицкий	к.т.н., доцент кафедры «Систем управления и компьютерных технологий», научный руководитель
А.Н. Гушин	к.т.н., доцент кафедры «Системы обработки информации и управления», научный руководитель
А.К. Панасенко	студент 5 курса кафедры «Радиоэлектронные системы управления»
И.Д. Дементьев	студент 5 курса кафедры «Радиоэлектронные системы управления»
С.А. Предыбайло	студент 5 курса кафедры «Радиоэлектронные системы управления»
Е.А. Куликов	магистрант кафедры «Радиоэлектронные системы управления»
Д.А. Наумов	студент кафедры «Радиоэлектронные системы управления»
А.Г. Елисеенко	студент кафедры «Радиоэлектронные системы управления»

Н. Бурыкин	студент кафедры «Радиоэлектронные системы управления»
О. Румянцев	студент кафедры «Радиоэлектронные системы управления»
Е.Н. Изотов	студент кафедры «Радиоэлектронные системы управления»
А.Ю. Атрохов	магистрант кафедры «Радиоэлектронные системы управления»
И.И. Манухин	магистрант кафедры «Радиоэлектронные системы управления»
Д.М. Ярыгин	Студент 4 курса кафедры «Радиоэлектронные системы управления»
В.А. Завьялов	аспирант кафедры «Радиоэлектронные системы управления»
А.В. Нестерович	инженер ООО «НПП ЦРТС»
Е.Н. Бойко	студент кафедры «Системы обработки информации и управления»
П.Е. Родионов	студент кафедры «Системы обработки информации и управления»
К.И. Родин	студент кафедры «Системы обработки информации и управления»
И.В. Хорьяков	студент 4 курса кафедры «Систем управления и компьютерных технологий»

Панасенко А.К.

Корабельные радиолокационные системы и комплексы

Научный руководитель: Петров Ю.В.

Корабельные радиолокационные станции (РЛС) и комплексы (РЛК) предназначены для наблюдения за обстановкой, обеспечения безопасности плавания в условиях ограниченной видимости и для определения места судна по навигационным ориентирам. Кроме этого, РЛС могут применяться в целях навигации в стесненных условиях, предупреждения столкновений судов и обнаружения опасных метеорологических явлений (тайфунов, ураганов, шквалов, снежных зарядов и т.п.).

РЛС состоит из трех основных устройств: антенны, приемопередатчика и индикатора. Передатчик РЛС генерирует высокочастотные электромагнитные колебания, которые излучаются антенной в виде узкого луча, форму которого называют диаграммой направленности. Отразившиеся от объектов эхо-сигналы принимаются той же антенной, поступают в приемник, усиливаются, для чего поступают на индикатор. В цепи антенны имеется переключатель, запирающий приемный канал на время посылки импульсов.

Ниже приведена информация про РЛС, стоящих на вооружении современных кораблей ВМФ России.



Рисунок 1. Радиолокационная станция 3P41 «Волна»

Радиолокационная станция 3P41 «Волна» (обозначение НАТО — англ. Top Dome) — советская и российская радиолокационная станция сопровождения и подсветки цели корабельного зенитного ракетного комплекса «Форт». Представляет собой фазированную антенную решётку под куполом

диаметром около 4 м с фиксированным углом возвышения и наводимую по азимуту. Фазированная антенная решётка отличается своеобразием устройства. Вместо индивидуальных излучающих элементов она снабжена центральным облучателем и плоским отражательным зеркалом. В передней части постаменты имеют также три полуцилиндрических радиопрозрачных колпака (предположительно приёмопередатчик сопровождения через ракету) и небольшой полусферический колпак.

Каждый радар обслуживает 6 (на крейсерах проекта 1144) или 8 (на крейсерах проекта 1164) барабанов установки вертикального пуска ракет и способен одновременно наводить ракеты на 3 цели в режиме разделения времени в отличие от более ранних советских корабельных ЗРК, где каждая цель сопровождалась отдельным радаром. Сканирование по углу места обеспечивается электронно. На каждую цель возможно одновременное наведение двух ракет.

Станция установлена на ракетном крейсере «Варяг» (2015г). Максимальная дальность 100 км.

Радиолокационный комплекс МР-800 «Флаг» (обозначение НАТО — англ. Top Pair) — советский и российский комплекс дальнего радиолокационного обзора, состоящий из двух радиолокационных станций, антенны которых расположены в антенном посту тыльными сторонами друг к другу. В настоящее время состоит на вооружении. Применяется вместе с трёхкоординатным радаром дальнего обзора с механическим сканированием по азимуту и электронным сканированием по углу места МР-600 «Восход».



Рисунок 2. Радиолокационный комплекс МР-800 «Флаг»

Основные характеристики:

Рабочий диапазон длин волн	дециметровый
Зона обзора по дальности, км	500
Зона обзора по пеленгу, град.	360
по углу места, град.	55
Количество измеряемых координат, шт.	3
Скорость вращения антенны, об./мин.	3-12
Общая масса, т	43,5

Навигационная РЛС "Пал-Н" предназначена для кругового радиолокационного обзора, обнаружения, опознавания и автосопровождения обнаруженных надводных целей с выработкой рекомендаций на безопасное расхождение и тактическое маневрирование. На сегодняшний день можно сказать, что РЛС «Пал-Н» по многим ключевым характеристикам (дальность обнаружения, точность определения координат цели, разрешающая способность и др.) превосходит отечественные прототипы и не уступает зарубежным аналогам. К настоящему времени разработан базовый ряд таких РЛС.



Рисунок 3. Навигационная РЛС "Пал-Н"

Основные характеристики:

- Одновременное автосопровождение до 50 целей
- Разрешающая способность по дальности - 20 м
- Разрешающая способность по азимуту,- 1 градус
- Тип антенной системы - рупорно-щелевая

- Помехозащита от непреднамеренных помех - обеспечивается
- Время непрерывной работы - 24 ч.
- Мощность потребления электроэнергии - 1,5 – 3 кВт
- Состав боевого расчета - 2

Основные особенности:

-Совмещение антенной системы НРЛС с антенной системой Гос. опознавания.

-Возможность наложения радиолокационной информации кругового обзора на цифровую морскую карту данного района плавания.

-Повышенная скрытность собственного излучения.

Кроме того, на кораблях ВМФ России стоят такие РЛС как «Подкат», «Подберезовик-ЭТ», семейство советских и российских трёхкоординатных радиолокационных станций корабельного базирования «ФРЕГАТ» (имеет множество разновидностей), РЛС «Фуркэ» и другие.

Дементьев И.Д.

Артиллерийские и разведывательные радиолокационные станции

Научный руководитель: Петров Ю.В.

Артиллерия используется человечеством в различных войнах более 500 лет, и если раньше артиллерия не наносила большого урона противнику, то с началом промышленной революции и новых технических изобретений артиллерия стала играть одну из главных ролей на поле боя. Так, анализируя боевые действия во второй мировой войне, а также в последующих войнах военные специалисты установили, что сухопутные войска несут потери в живой силе и технике главным образом от огня артиллерии, миномётов и ракет. В связи с этим военное командование передовых стран уделяет особое внимание дальнейшему повышению эффективности огня артиллерийских ракетных подразделений и частей.

Одно из важных направлений работ в этой области — создание аппаратуры различного действия (радиолокационной, звукометрической, оптической, сейсмической и т. п.) и разработка новейших способов её боевого применения для разведки и обнаружения огневых средств противника, в первую очередь стреляющих орудий и миномётов. В настоящее время артиллерия оснащена усовершенствованными средствами оптической, звуковой и радиолокационной разведки, что позволяет в считанные минуты выполнять поставленную задачу. Уровень артиллерии поднимается на качественно новую ступень и, несмотря на наличие ракетно-ядерного оружия, артиллерия продолжает играть важную роль. Она остается главным средством огневого поражения противника, поэтому существуют РЛС контрбатареинной борьбы, позволяю-

щие по траекториям снарядов, ракет или миномётных мин определять местонахождение батареи противника и выдавать в реальном времени целеуказание как средствам поражения низколетящих целей, так и средствам контрбатарейной борьбы. Они придаются артиллерийским батареям в качестве средства управления огнём.

Обнаружение батареи противника выполняется на основе регистрация части траектории снаряда. Современные системы решают эту задачу автоматически. Простейший случай траектории — парабола, характерная для полета минометных мин. Траектории артиллерийских снарядов и ракет параболе не соответствуют и поэтому требуют более сложных вычислений. Лучшие современные системы способны обнаруживать снаряды гаубиц на дистанциях около 30 км, ракеты и минометные мины — более 50 км. На больших дистанциях точность определения местоположения батарей снижается. Круговое вероятное отклонение (КВО) обнаружения для современных систем составляет около 0,3 — 0,4 % дальности. То есть, для дальности в 30 км, КВО составляет около 100 м.

В СССР понимали важность данных РЛС, поэтому в 70-х годах была разработана АРК-1 «Рысь» — советская РЛС контрбатарейной борьбы, предназначенная для разведки и корректировки стрельбы наземной артиллерии. «Рысь» представляет собой полностью автономный радиолокационный комплекс, оборудованный средствами топопривязки, ориентирования и навигации. Работа комплекса заключалась в обработке информации полученной отражёнными радиосигналами от снарядов и ракет. По отражённым сигналам, описывающим фрагмент траектории, и по заложенным в память характеристикам артиллерийских орудий и данных топографической привязки, бортовой вычислительный комплекс производил идентификацию снаряда и полный расчёт всей траектории полета с определением позиции пусковой установки и вероятной точкой падения с точностью в десятки метров.

С тех пор прошло уже 40 лет, и за это время произошел значительный технологический скачок, что не могло не отразиться на военной отрасли. В 2008 году в войска был передан радиолокационный комплекс разведки и контроля стрельбы «Зоопарк-1». Он предназначен для разведки позиций огневых средств противника, также для расчёта траекторий снарядов и ракет, корректировки огня дружественных огневых средств. Артиллерийские снаряды обнаруживаются с помощью РЛС, и их траектория вычисляется, позволяя определить как точку стрельбы, так и район падения. Высокая производительность РЛС и вычислительного комплекса позволяет определить координаты всех огневых средств противника даже при массированном артиллерийском обстреле, дать распределённые целеуказания и уничтожить эти средства до покидания ими позиции стрельбы.



Рисунок 1. Радиолокационный комплекс разведки и контроля стрельбы «Зоопарк-1»

Помимо дорогостоящих и больших РЛС, которые необходимо устанавливать на автомобили или бронетранспортеры, существуют также более компактные портативные радиолокационные станции. Одним из таких РЛС является радиолокационная станция непрерывного излучения ФАРА. Она предназначена для наблюдения за передвижением людей и техники в труднодоступных районах, а также в условиях ограниченной видимости. Координаты обнаруженных целей могут передаваться армейским средствам поражения.

Другим комплексом данного класса является РЛС «Аистёнок». Его предназначением является разведка позиций огневых средств противника и расчёт траекторий снарядов и ракет, а также слежение за воздушным пространством. К месту боевой работы станция может доставляться как силами расчёта в носимом варианте, так и с помощью входящего в её состав транспортного средства.

Стоит также упомянуть переносную РЛС наземной разведки «Кредо-М1», которая выполняет те же функции, что и ее аналоги, но в любое время суток и года, в том числе при отсутствии оптической видимости.

Таким образом, в России существует целый ряд артиллерийских радиолокационных станций, которые обладают как общими для всех РЛС характеристиками, так и особенностями, присущими только конкретным моделям.

При таком разнообразии российских устройств, не удивительно, что существует немало зарубежных аналогов. В первую очередь это, конечно, американские станции. Одна из ранних РЛС контрбатарейной борьбы, введенных в эксплуатацию еще в 1981 году, называется AN/TPQ-36. Радары, как правило, прицепные, буксируются внедорожниками HMMWV. AN/TPQ-36 имеет электронное управление радаром, то есть сама антенна не движется, хотя её положение и может быть изменено вручную. Установка также может поддерживать собственную артиллерию для более точного наведения при контрбатарейной борьбе или просто для корректировки огня. Очевидно, что технологический скачок не обошел стороной и Америку, поэтому на данный момент более актуальна станция AN/TPQ-48 введенная в эксплуатацию в

2001 году. Ее особенностями являются: обзор на 360 градусов без подвижных частей антенны, малозаметность, повышенная надежность за счет отсутствия подвижных частей, поддержка IP-сетей.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 2. Портативные разведывательные радиолокационные станции: РЛС ФАРА (а), РЛС «Кредо-М1» (б), РЛС «Аустёнок» (в,г)

Китай последние десятилетия непрерывно развивался во всех направлениях, поэтому нет ничего удивительного в том, что, когда уровень китайской микроэлектроники достиг необходимых высот, Китай смог разработать радар, не уступающий по характеристикам западным аналогам. Новая установка получила наименование SLC-2. Почти все ее характеристики секретны, за исключением дальности обнаружения.

Израиль является страной, которой на протяжении всего своего существования грозит реальная угроза нападения в общем и с воздуха с частности.

Для защиты своей территории от артиллерии врага израильскими военными специалистами изобретена система ПРО под названием «Железный купол». В ее состав входит многоцелевая радиолокационная станция EL/M-2084. РЛС предназначена для точной идентификации цели и определения траектории её полета. Поскольку ракеты, которые используют соседние страны, являются устаревшими и не управляемыми, они в 75% случаев не попадают в цель. Поэтому израильские РЛС в целях экономии и с учетом пустынной и местами необитаемой местности проводят вычисление траектории и не выдает команду на перехват, если, согласно расчётам, ракета упадет в ненаселенный район. Это позволяет существенно снизить финансовые затраты на использование «Железного купола». Каждая батарея может защищать территорию площадью 150 квадратных километров.

Помимо РЛС, используемых непосредственно странами, которые их изобрели, существуют распространенные станции, стоящие на вооружении сразу нескольких государств. Одной из таких станций является РЛС контрбатарейной борьбы «Артур». Это мобильная РЛС, использующаяся во многих западных странах, в основном в странах Скандинавии, Чехии и Италии предназначенная для засечки и определения координат огневых позиций стреляющих орудий полевой артиллерии, минометов и пусковых установок противника, а также мест падения боеприпасов и корректировки огня своей артиллерии. Ее можно назвать универсальным комплексом, так как данная РЛС обладает современными параметрами обнаружения цели и состоит на вооружении 15 стран. Использование современных алгоритмов обработки сигналов позволяет обеспечивать надежное функционирование РЛС. «Артур» может одновременно осуществлять засечку, определять координаты огневых позиций стреляющих орудий противника и мест падения боеприпасов своей артиллерии.

Таким образом, артиллерийские радиолокационные станции стоят на вооружении большинства стран, что говорит о том, что, на сегодняшний день, сектор радиоэлектронной борьбы является актуальным, и в него вкладываются большие средства. Специалистов, которым предстоит работать с такой аппаратурой, подготавливают как профильные ВУЗы, так и главные университеты страны. Это говорит об актуальности данной профессии, и в заинтересованности государства в подобных специалистах.

Предыбайло С.А.
Принцип действия и области применения георадаров

Научный руководитель: Петров Ю.В.

За последние годы подповерхностная георадиолокация уверенно заняла достойное место среди неразрушающих геофизических методов исследования и контроля. Георадар штатно применяется в промышленном и гражданском строительстве, в качестве прибора контроля качества уже построенных объектов, на водных акваториях, автомобильных и железных дорогах, шахтах, в скважинах – иными словами, там, где требуется получить разрез исследуемой среды в высоком разрешении.

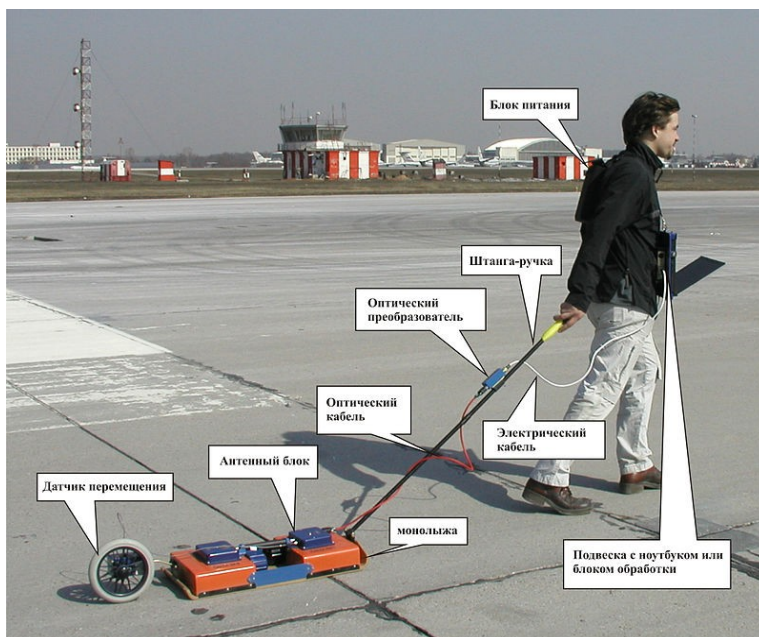


Рисунок 1. Георадарная съемка с помощью георадара «ОКО-2»

Основные преимущества использования георадара при проведении инженерных изысканий – малое время, затраченное на полевые работы, оперативность выдачи конечного результата и экономичность. Кроме того, георадарное зондирование требует минимума пространства для развертывания необходимой аппаратуры, что, зачастую, является существенным преимуществом при его использовании в условиях плотной городской и промышленной застройки.

Георадарное зондирование даёт возможность детально исследовать подповерхностную структуру грунтов или техногенных конструкций, существенно уменьшая расходы на бурение контрольно-измерительных скважин. При этом разрешающая способность по пространственным координатам, получаемая в данном методе, существенно превосходит существующие геофизические методы изысканий (например, инженерную сейсмику), что позволяет выявить тонкую структуру строения разреза.

Суть метода георадарного зондирования состоит в излучении импульсов электромагнитных волн и регистрации сигналов, отраженных от границ раздела слоев зондируемой среды, имеющих различные электрофизические свойства.

В качестве искомым объектов в георадиолокации выступают металлические и неметаллические предметы различных геометрических форм, границы слоёв в грунте или в другой исследуемой среде, места с повышенной или пониженной влажностью, разуплотнённые, трещиноватые или загрязнённые зоны, – т.е. любые области, отличающиеся по своим электрофизическим характеристикам от вмещающей среды.

Ниже представлена иллюстрация преимущества использования георадарного зондирования на примере сравнения разрезов, построенных по данным бурения и на основе георадарных данных.

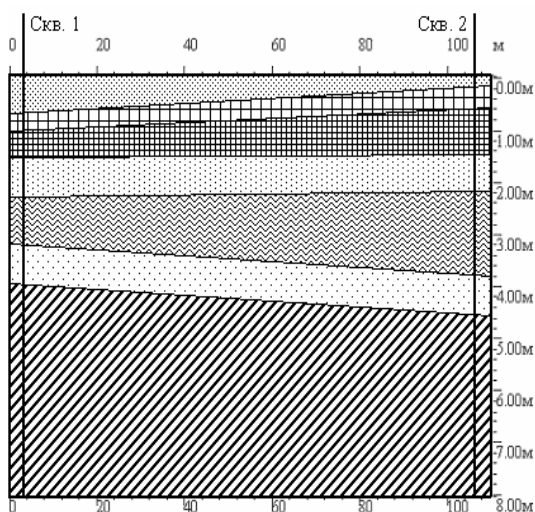


Рисунок 2. Инженерно-геологический разрез по результатам бурения

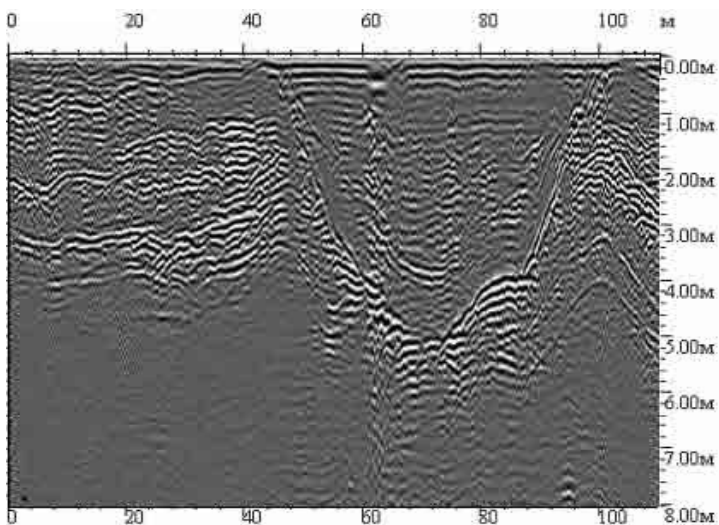


Рисунок 3. Радарограмма - результат георадарного зондирования

Все задачи, решаемые с помощью георадаров, могут быть разделены на две большие группы с характерными для каждой группы методиками исследований, способами обработки, типами отражения объектов исследования в поле электромагнитных волн и представлениями результата.



Рисунок 4. Различное применение георадаров

Геологические и гидрогеологические задачи:

- картирование геологических структур – восстановление геометрии относительно протяжённых границ, поверхности коренных пород под рыхлыми осадками, уровня грунтовых вод, границ между слоями с различной степенью водонасыщения, поиск месторождений строительных материалов;
- определение свойств различных отложений по скорости распространения электромагнитных волн, опираясь на связь этих свойств с диэлектрической проницаемостью пород;
- определение толщины ледяного покрова;
- определение мощности водного слоя и картирование поддонных отложений;
- определение мощности зоны сезонного промерзания, оконтуривание областей вечной мерзлоты, таликов.

Поиск локальных объектов, обследование инженерных сооружений, нарушения штатной ситуации:

- трубопроводов;
- кабелей;
- участков разреза с нарушенным естественным залеганием грунта – рекультивированных земель, засыпанных выемок;
- погребенных отходов и захоронений;
- подземных выработок, подвалов, карстовых и суффозионных провалов;
- границ распространения углеводородных загрязнений;
- поиск скрытых нарушений в станах наземных сооружений, шахт, тоннелей, в опорах и перекрытиях;
- поиск нарушений, возникших в процессе строительства или в процессе эксплуатации в конструкции автомобильных и железных дорог, взлётно-посадочных полос аэродромов и т.д.

Куликов Е.А. Снижение усиления антенной решетки в направлении прихода помехи путем формирования провала в ее диаграмме направленности

Научный руководитель: Петров Ю.В.

Активные фазированные антенные решетки широко применяются как в гражданской, так и в военной сфере. Они представляют собой систему, содержащую совокупность приемо-передающих элементов, расположенных в определенном порядке и ориентированных так, чтобы получить заданную диаграмму направленности. В силу интерференции излученных волн суммарное излучение формируется в виде остронаправленного луча. Каждый элемент характеризуется своей амплитудой и фазой. Пример такой системы представлен на рисунке 1.

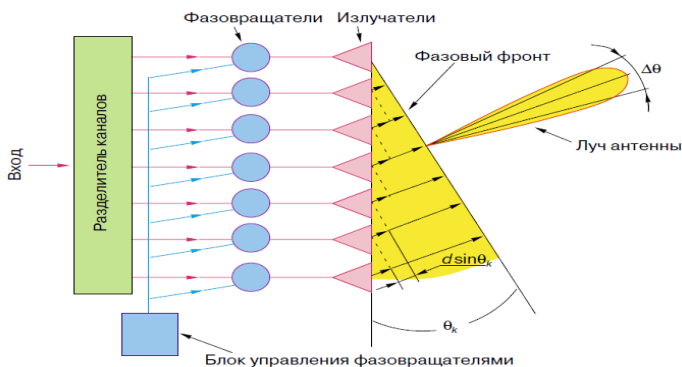


Рисунок 1. Фазированная антенная решетка

Как известно, в процессе приема сигнала на входе приемника присутствует смесь полезного сигнала и помехи. Для увеличения качества принимаемого сигнала (повышения отношения сигнал/помеха) необходимо как можно лучше «подавить» помеху. Как правило, направление ее прихода при этом известно (измеряется соответствующими средствами).

Для подавления помехи, приходящей с какого-то направления, предлагается в каждый из приемо-передающих элементов вводить фазовую поправку таким образом, чтобы снизить усиление антенны в направлении прихода помехи.

В работе рассмотрено снижение усиления антенны в направлении прихода помехи путем уменьшения уровня боковых лепестков диаграммы направленности по азимуту в этом направлении. Предлагается следующая методика:

1. Распределение амплитуд токов имеет вид «косинус с пьедесталом», определяется формулой (1) и представлено на рисунке 2.

$$I(q) = \cos\left(\frac{q - \frac{M-1}{2}}{M-1} \cdot \pi\right) + 0.2 \quad (1)$$

где q - номер излучателя;
 M - количество излучателей.

2. Нормированная диаграмма направленности антенной решетки определяется формулой (2) и представлена на рисунке 3.

$$F1(\alpha) = \sum_{q=0}^{M-1} I(q) \cdot e^{-i \frac{2\pi}{\lambda} q \cdot d \cdot \sin(\alpha - \beta)} \quad (2)$$

где α - азимут;
 β - угол смещения ДН;
 d - расстояние между излучателями;
 λ - длина волны.

3. Фазовая добавка в каждом приеме-передающем элементе $\Delta\varphi(q, \alpha)$ вычисляется по формуле 3.

$$\Delta\varphi(q, \alpha) = a \cdot \sin\left(\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{m \cdot d}{D}\right) \cdot \left(q - \frac{M}{2}\right) + \varphi_0\right) \quad (3)$$

где m -нормировочный коэффициент;
 φ_0 — начальная фаза;
 D — апертура антенны.

4. Диаграмма направленности исходной антенной решетки и решетки, имеющей фазовую добавку, рассчитывается по формулам (2) и (4).

$$F2(\alpha) = \sum_{q=0}^{M-1} I(q) \cdot e^{-i \frac{2\pi}{\lambda} q \cdot d \cdot \sin(\alpha - \beta) + \Delta(q, \alpha)} \quad (4)$$

Согласно описанной методике, были получены следующие результаты. Реализовывалось распределение токов на излучателях. По сформированному распределению токов была получена следующая диаграмма направленности антенной системы.

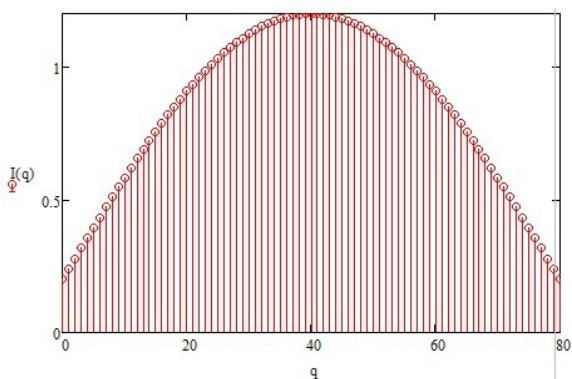


Рисунок 2. Распределение амплитуд токов

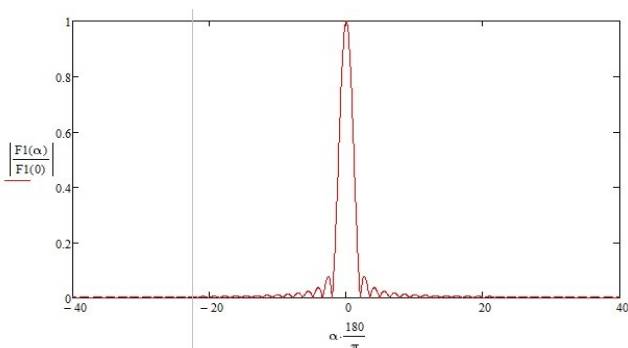


Рисунок 3. Нормированная диаграмма направленности

Ниже приведено сравнение полученных диаграмм направленности с учетом фазовой добавки и без нее при различных значениях амплитуды, частоты и фазы фазовой добавки по формуле (4).

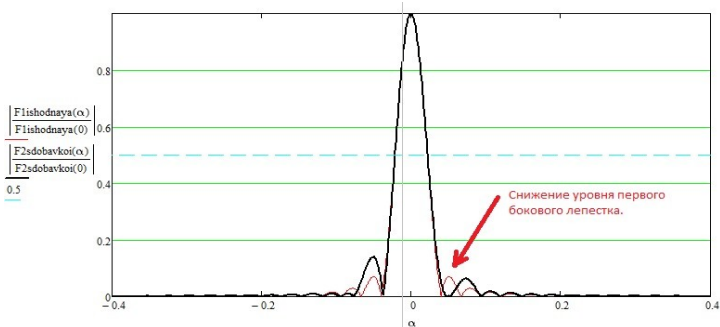


Рисунок 4. Исходная и скорректированная ДН антенны

При $\varphi_0 = 0$ формулы (3), производится формирование провала на симметричном боковом лепестке.

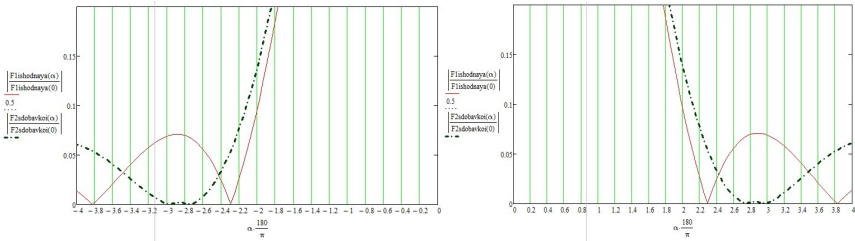


Рисунок 5. Снижение усиления антенны в направлении первого левого и правого бокового лепестка

В результате проведения данной работы были сделаны следующие выводы:

1. Боковые лепестки ДН антенны полностью компенсируются методом введения гармонической фазовой добавки без существенного искажения характеристик главного лепестка ДН антенны.
2. При подавлении бокового лепестка ДН в заданном направлении уровень симметричного бокового лепестка увеличивается.

Список источников:

1. Адаптивные алгоритмы компенсации помех. Авторы: Ивлев Д.Н., Орлов И.Я., Сорокина А.В., Фитасов Е.С.: Учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2014
2. Адаптивная компенсация помех в каналах связи / Лосев Ю.И., Бердников А.Г., Гойхман Э.Ш., Сизов Б.Д., под ред. Лосева Ю.И. – М.: Радио и связь.

Наумов Д.А., Елисеенко А.Г., Бурькин Н., Румянцев О., Изотов Е.
Перспективы применения прогнозирующих систем в управлении
современных беспилотных летательных аппаратов

Научный руководитель: Лосев С.А.

С каждым днём увеличивается сфера применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), как в военных, так и в мирных целях. Доступность БПЛА малой грузоподъёмности дала возможность их применения для фотографирования и видеосъёмки, мониторинга климата, доставки малогабаритных грузов и т.д. В связи с ростом интереса к такой продукции, повышается и спрос на более сложные БПЛА с повышенной грузоподъёмностью и иной аэродинамической схемы. Примером может служить появление на рынке, помимо мультироторных аппаратов и аппаратов классической самолётной конструкции, аппаратов вертолётной схемы грузоподъёмностью до 500 кг.

Но вместе с ростом количества вылетов БПЛА возникает проблема контроля их передвижения в воздушном пространстве и так уже загруженном большим количеством рейсовой гражданской авиации. Обнаружение аппарата с отражающими поверхностями малой площади и выполненного из пластика или композитов становится почти невозможным для систем, спроектированных для работы с большими воздушными судами. Требуется использование локаторов коротковолновых диапазонов, ранее использовавшихся в основном в военных целях.

Отстаёт не только техническое обеспечение контроля воздушного трафика, но и законодательные органы во многих странах не смогли своевременно отреагировать на такой рост количества БПЛА. Только в декабре 2015 г. Госдума приняла закон об обязательной регистрации БПЛА взлётной массой более 0,25 кг. При этом организации контроля воздушного пространства на наличие гражданских БПЛА всё ещё не наблюдается.

На данный момент большинство БПЛА используют примитивную бортовую систему управления (БСУ). Основываясь на показаниях инерциальных датчиков и систем глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС) управление полётом осуществляется по заранее выбранной программной траектории. Вся БСУ работает как система стабилизации относительно программной траектории. Такой вариант БСУ позволяет обойтись малыми вычислительными мощностями, но обладает малой гибкостью. При этом изменение программной траектории после запуска аппарата возможно только при наличии наземной вычислительной станции и канала связи между станцией и аппаратом, поскольку построение изменённой программной траектории невозможно средствами бортовой системы аппарата. Если же причина изменения программной траектории может детектироваться бортовыми средствами аппарата, например, препятствие на пути движения, то возможно применения прогнозирующей системы, реализуемой на борту БПЛА.

Прогнозирование, как вспомогательный инструмент управления аппаратом, нашло широкое применение в сфере математического моделирования поведения летательного аппарата. Такое моделирование может выполняться с самого начала проектирования нового аппарата и многократно повторяться в ходе его разработки и доработки. Этот подход позволяет, используя современные вычислительные мощности, экономить на натурных испытаниях изделия и его элементов. Такие возможности реализованы в сложных средствах автоматизированного проектирования (САПР) и позволяют прогнозировать поведение летательных аппаратов с различными характеристиками. Основным же недостатком таких САПР являются очень высокие системные требования к вычислительно, что исключает их применения в бортовых системах управления.

Подобные системы прогнозирования траектории движения и её корректировки в зависимости от изменения окружающей обстановки уже широко используются в большом количестве проектов по созданию автопилота для автомобиля. Основой большинства таких систем является комплекс лидаров (систем светового обнаружения и определения дальности) и GPS модуль. Используя информацию из собственной базы данных о разрешённых для движения зонах, данные с навигационного модуля о текущем местоположении и расположении места назначения, а также внешние данные о загруженности дорог или их временной недоступности, бортовая система выстраивает оптимальный маршрут движения. Уже в процессе движения корректировка траектории ведётся в зависимости от данных полученных от лидарного комплекса. Достоинства такой системы особенно очевидны в свете тотального нежелания водителей отвлекаться на управление транспортным средством, а также высоких показателей аварийности связанных с низкой культурой вождения.

Несмотря на то, что такие системы для автомобилей ещё не достигли такого уровня, когда выгодно и безопасно их широкое применение, идею, стоящую за ними, можно применить и к другим видам транспорта. И, если, обратившись к водному транспорту, мы видим как увеличение допустимых массы и габаритов для нашей системы, так и большее количество времени для вычисления и корректировки траектории, то с воздушным транспортом всё полностью противоположно. Возрастают скорости движения, как самого объекта управления, так и элементов его окружения. При этом допустимые габариты и масса вычислительной системы значительно уменьшаются, ограничивая доступную вычислительную мощность и системы получения информации об окружающей среде. Ещё одним ограничением служат особенности среды передвижения аппарата, такие как облачность, осадки, смещение воздушных масс и прочие.

Одним из вариантов упрощения системы прогнозирования и корректировки траектории для дальнейшей её реализации на борту БПЛА является использование частного случая математической модели. При таком подходе

большинство важных коэффициентов и значений параметров для рассматриваемого аппарата и его окружения определяется ещё до запуска, и загружаются в бортовой вычислитель, исключая необходимость их расчета в полёте. Для использования упрощённой таким образом модели уже не требуется большая вычислительная мощность, но добавляет возможность корректировки программной траектории на борту аппарата.

Причинами появления необходимости корректировки курса может стать множество факторов, но остаётся задача передачи информации об этих факторах в вычислитель.

Одним из вариантов является установка систем мониторинга окружения на сам аппарат, по аналогии с лидарным комплексом на автомобилях. В таком случае повышается автономность аппарата, так как он может, самостоятельно оценив обстановку, самостоятельно же принять решение о корректировке курса. Опять же, степень и характер такой корректировки с достаточной точностью можно предсказать, только зная параметры запрограммированной математической модели, что открывает дополнительные возможности для использования технологии в военных целях.

Другим вариантом передачи информации является канал связи с наземной станцией. В отличие от рассмотренной выше ситуации, когда на борт подаётся команда об изменении программной траектории, можно передать данные об изменении обстановки или условий окружающей среды. А бортовая система, учитывая полученную информацию, прогнозирует как наиболее оптимальную траекторию движения для летательного аппарата, так и программу управления для реализации рассчитанной траектории. Выгода второго варианта в отсутствии необходимости размещения систем мониторинга на аппарате. Недостатком же является необходимость размещения аппаратуры для обеспечения канала связи, а также защиты канала и информации передаваемой по нему. При этом сохраняется сложность предсказания корректировки траектории аппарата, даже в случае перехвата информации, переданной по каналу связи.

На данный момент основными причинами малой распространённости прогнозирующих систем, как в авиации, так и в наземной и водной технике, является дороговизна и сложность реализации. Но, в свете быстрого развития и распространения информационных технологий во всех сферах деятельности, обусловленного желанием человека переложить как можно больше работы на компьютер, вполне вероятно что ближайшее время и задачу принятия решений полностью передадут в цифровые руки.

Список источников:

1. Лоскутников А. А., Сенюшкин Н. С., Парамонов В. В. Системы автоматического управления БПЛА, Молодой ученый, 2011, №9, 56-58 с.
2. Кабанов С.А. Управление системами на прогнозирующих моделях, Издательство СПбГУ, 1997, 200 с.

Атрохов А.Ю. Сопряжение спектральных и частотных характеристик беспроводного канала передачи энергии в космосе

Научный руководитель: Сорокин А.А.

С каждым днём увеличивается сфера применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), как в военных целях, так и для выполнения вполне мирной работы. Доступность БПЛА малой грузоподъёмности дала возможность их применения для фотографирования и видеосъёмок, мониторинга климата, доставки малогабаритных грузов и так далее. В связи с ростом интереса к такой продукции, повышается и спрос на более сложные БПЛА с повышенной грузоподъёмностью и иной аэродинамической схемы. Примером может служить появление на рынке, помимо мультироторных аппаратов и аппаратов классической самолётной конструкции, аппаратов вертолётной схемы грузоподъёмностью до 500 кг.

В настоящее время актуальной задачей является разработка бесперебойного источника энергии в космосе. Такой источник энергии позволит искусственному спутнику земли (ИСЗ) и другим космическим аппаратам работать долгое время и иметь широкие функциональные возможности. Так устанавливаемые для питания ИСЗ аккумуляторы и заряжающие их солнечные батареи увеличивают массу аппарата, что приводит к сокращению полезной нагрузки и ограничивается ряд выполняемых спутником задач.

Для решения данной проблемы можно создать систему из нескольких спутников. В составе такой системы есть главный спутник – матка, выполняющий роль энергетического центра, и группа спутников выполняющая функциональные задачи. Передача энергии, подзарядка и, возможно, управление функциональными ИСЗ осуществляется по беспроводному лазерному каналу. В связи с чем возникают задачи сокращения до минимума потерь энергии при передаче т.е сопряжение спектральных и частотных характеристик беспроводного канала передачи энергии. Необходимо выбрать оптимальную мощность и длину волны передаваемого сигнала, для сокращения потерь в самом канале, а так же выбрать фотоприемники с оптимальными спектральными характеристиками. На сегодняшний день проведены ряд экспериментов по передаче энергии с помощью лазерного луча. Максимальный КПД системы передачи энергии составил 20% [1]. Данные эксперименты проводились в условиях атмосферы Земли, которая вносила в свой вклад в затухание излучения. К космосе нет атмосферы и, возможно, КПД такой системы будет выше в силу отсутствия поглощающих факторов.

В системе беспроводной передачи энергии в качестве источника выступают излучающие элементы. Предлагается использовать в качестве излучающих элементов полупроводниковые лазерные диоды (ЛД) или светоизлучающие диоды (СИД).

Лазерный диод — полупроводниковый лазер, построенный на базе диодах [1]. Его работа основана на возникновении инверсии населённости в области р-п перехода при инжекции носителей заряда. Светодиод – это излучающий полупроводниковый прибор с р-п-переходом, протекание через который электрического тока в прямом направлении вызывает интенсивное некогерентное излучение. У СИД излучение спонтанное, некогерентное и неполяризованное [1].

К числу основных характеристик излучающих элементов следует отнести [1]:

- диаграмма направленности излучения;
- длина волны излучения моды;
- спектральная ширина;

Диаграмма направленности излучения показывает изменение интенсивности излучения в зависимости от направления, откуда ведётся наблюдение света. Она является важной характеристикой для оптических приложений. После выхода света из источника начинается расширение светового пучка, и только малая его часть в действительности попадает в приемник. Чем уже выходная диаграмма, тем большая часть света может дойти до приемника. Хорошие источники должны иметь малые диаметры выходных пучков света и малую апертуру. Диаметр выходного пучка определяет величину его поперечного сечения. Апертура определяет диапазон углов, в которых происходит излучение света. Типичная диаграмма направленности оптического излучения показана на рисунке 1 [1].

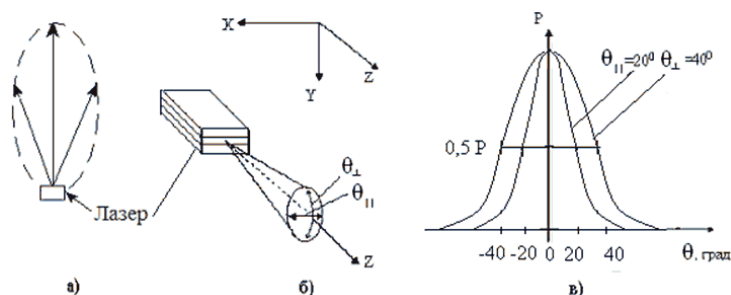


Рис.1 Диаграмма направленности и характер оптического излучения .
а–диаграмма направленности; б–конус излучения; в–зависимость излучаемой мощности от угла во взаимно перпендикулярных направлениях

На рисунке 1б видно, что диаграмма излучения лазера несимметрична. Её ширина, измеряемая на уровне половинной мощности, менее 20о в плоскости, параллельной переходу, и более 40о в перпендикулярной плоскости. На рисунке 1в показана зависимость излучаемой мощности от угла во взаимно перпендикулярных направлениях. Диаграмма направленности имеет форму

эллиптического конуса. Достаточно большая угловая расходимость генерируемого излучения требует применения специальных согласующих устройств.

Так же излучающие элементы характеризуются таким важным параметром как длина волны [1]. Длиной волны излучения считается длина волны λ , на которой выходная мощность максимальна. Спектральная ширина (ширина спектра излучения) $\Delta\lambda$ – интервал длин волн, в котором спектральная мощность составляет половину максимальной. Реально полоса пропускания резонатора конечна и спектр излучения составлен из относительно узких линий. На рисунке 2 показана зависимость спектральной мощности $P(\lambda)$ от длины волны для многомодового и одномодового излучающих элементов.

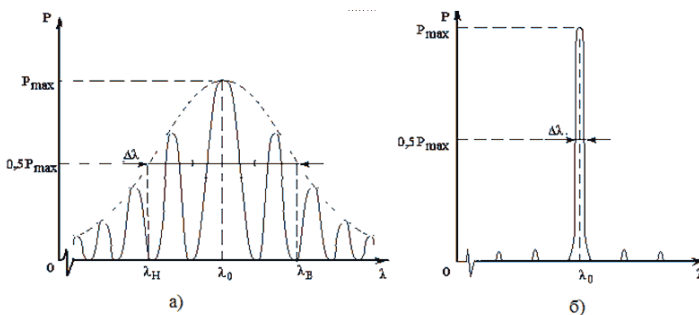


Рис.2 Спектральная характеристика многомодового (а) и одномодового (б) излучающего элемента

У многомодовых ЛД ширина каждой отдельной линии $\delta\lambda=1-3$ нм, интервал между ними составляет 2–5нм. У одномодовых ЛД ширина спектральной линии, состоящая из одной продольной моды $\delta\lambda=0,1-0,4$ нм. Лазерные диоды могут испускают луч с длиной волны от 750 нм до 3500нм. СИД имеют длину волны излучения $\lambda_0=850$ нм и спектральную ширину $\delta\lambda=30$ нм или $\lambda_0=1300$ нм и спектральную ширину $\delta\lambda=90$ нм [1].

Главная отличительная черта спектра ЛД – линейчатая структура и значительно более узкий спектр по сравнению с СИД.

В системе беспроводной передачи энергии в качестве приемника энергии необходимо использовать элемент, который бы преобразовывал энергию лазерного излучения в электрическую – фотоэлемент. Фотоэлемент – это электронный прибор, который преобразует энергию фотонов в электрическую энергию [2]. Наиболее эффективными, с энергетической точки зрения, устройствами для превращения солнечной энергии в электрическую являются полупроводниковые фотоэлементы. Поскольку это прямой, одноступенчатый переход энергии. КПД производимых в промышленных масштабах фотоэлементов в среднем составляет 16 %, у лучших образцов до 25 %.

Основные необратимые потери энергии в фотоэлементе связаны с [2]:

- отражением ИК излучения от поверхности преобразователя,

- прохождением части излучения через фотоприемник без поглощения в нём,
- рассеянием на тепловых колебаниях решётки избыточной энергии фотонов,
- рекомбинацией образовавшихся фото-пар на поверхностях и в объёме фотоприемника,
- внутренним сопротивлением преобразователя,
- и некоторыми другими физическими процессами.

Качество фотоприемников характеризуется безразмерным параметром квантовая эффективность [2], который равен отношению числа фотонов, поглощение которых образцом вызвало образование электронов, к общему числу поглощенных фотонов. Обычно выражается в процентах. Были проведены эксперименты по исследованию чувствительности фотоприемников на основе GaAs и GaSb. У фотоприемника GaAs квантовая эффективность составляет 0.8, что говорит о лучшей эффективности преобразования лазерного излучения. Однако как видно из рисунка 3 [2], приемник на основе GaSb имеет высокую квантовую чувствительность в диапазоне длинных волн, а GaAs – в коротких. И если использовать два типа приемников по переменно, то можно расширить рабочий диапазон длин волн системы передачи энергии.

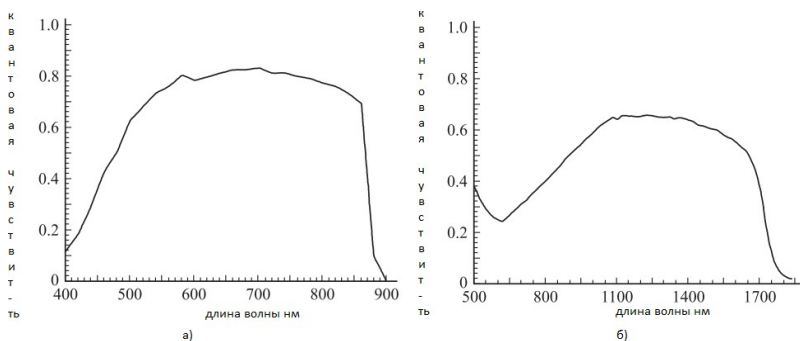


Рис.3 Спектры квантовой чувствительности приемника на GaAs(а) на GaSb(б)

В настоящее время разрабатываются необходимое оборудование и программные продукты, которые позволят провести эксперименты, подтверждающие правильность подхода оценки степени согласования беспроводного канала передачи энергии и выявления новых вопросов, как целей дальнейших исследований.

Список источников:

1. Носов Ю.Р. Оптоэлектроника.. – М.: Радио и связь, 2015. – 360 с.
2. Шевцов Э.А., Белкин М.Е. Фотоприемные устройства – М.: Радио и связь, 2012. – 230 с.

Манухин И.И. Повышение эффективности диагностирования и обслуживания радиоэлектроники

Научный руководитель: Сорокин А.А.

Сегодня трудно представить деятельность человека без радиотехнических средств. Они используются в системах управления, контроля и многих других [1].

Многие такие устройства, выполняющие на первый взгляд простые функции, по своему устройству простыми не являются. Это обусловлено тем, что все они являются частью больших систем, выполняющих более сложные функции, что влечет за собой несколько последствий: Во первых любой элемент системы должен чётко выполнять свою функцию, по возможности в любых условиях, то есть быть адаптивным. Во вторых должен иметься информационный канал, по которому функциональный элемент сообщает управляющему о своём состоянии, то есть между ними должна быть обратная связь.

На сегодняшний день многие электронные устройства требуют регулярного само диагностирования, а также периодического контроля специалистом [1]. Таким образом, в процессе эксплуатации системы специалист становится её структурным элементом и от его действий зависит как эффективность использования системы, так и успешность выполнения поставленных перед ней задач [2].

Современная техника невероятно сложна и для её обслуживания специалист должен обладать, помимо высокой квалификации, большим объёмом информации. Производителю, или разработчику в свою очередь необходимо учесть все возможные события, такие как поломки или другие нештатные ситуации и дать ему чёткие инструкции, однако на практике оказывается, что учесть все возможные варианты невозможно. Это приводит к возникновению нештатных ситуаций.

В совокупности эти факторы приводят к тому, что при диагностике специалисту приходится принимать уникальное решение при возникшей ситуации. Каждое такое решение становится информацией, как для другого специалиста, так и для искусственного интеллекта механизма самодиагностики. На многих предприятиях – изготовителях радиоаппаратуры началось создание разрозненных, чаще внутренних, баз данных. Преимуществами таких баз данных перед их бумажными аналогами – формулярами, являются: во первых удалённый доступ, во вторых отсутствие жёсткой привязки к конкретной единице, что упрощает поиск полезной информации. Главное преимущество – возможность применения программных средств обработки этих данных.

Дальнейшим развитием подобных информационны систем стали специализированные социальные сети, объединяющие специалистов одного профиля и предоставляющие им возможность общения друг с другом.

Важнейшими преимуществами таких сетей являются:

- Возможность составления специалистом банка данных, основанного на личном опыте.
- Создание базы данных содержащей информацию о различных ситуациях, как стандартных, так и не стандартных, что позволяет: во первых специалисту быстро найти решение проблемы, во вторых разработчику наладить гибкую обратную связь с эксплантатом.

В настоящее время существует ряд проблем, препятствующих внедрению подобных информационных технологий во многие сферы деятельности человека.

Во первых часто предприятие – изготовитель не заинтересовано в распространении большей части информации о своей аппаратуре. Косвенно эта проблема решается путём создания систем внутри организаций, однако их эффективность гораздо ниже.

Во вторых для решения этой задачи необходимо рассматривать систему, где применяется подобная информационная технология, как человеко-машинную, а специалиста, как её структурную единицу.

Целесообразно создание программного продукта, совместного с аппаратными средствами, которые существенно упростят задачу для специалистов.

Создание такой информационной технологии позволит специалистам стать звеном в механизме самодиагностики аппаратуры. Это в свою очередь повысит эффективность обслуживания и ремонта, а производителю позволит лучше учитывать опыт эксплуатации его продукции [2].

С помощью применения нейросетевых технологий возможно создание программного робота, который должен самообучаться при нештатной ситуации, решённой специалистом и выдавать решение специалисту при повторении такой же ситуации. Необходимо применить алгоритмы обработки измерений для оценки эффективности каждого решения [2].

На сегодняшний день в России подобным системам уделяется мало внимания. Многие специалисты самостоятельно начинают обмен опытом, создаются специализированные специальные сети. Это говорит о необходимости применения таких технологий. А некоторые успехи, достигнутые с их применением, говорят об их эффективности. Однако эти процессы происходят не организованно, без участия предприятий – разработчиков, что не позволяет воспользоваться всеми преимуществами таких технологий.

Список источников:

1. Б. А. Никольский, Основы радиотехнических систем, Самара, Самарский государственный аэрокосмический университет, 2013. – с. 9.
2. Воронов А. А. Основы теории автоматического управления, Москва, 1980. – с. 56.

Ярыгин Д.М. Разработка и исследование алгоритма оценки взаимной корреляции характеристик излучателя и фотоприемника

Научный руководитель: Сорокин А.А.

На протяжении долгого времени наиболее распространенной средой передачи данных и энергии являлся провод. Альтернативой классическим «проводным» системам передачи энергии и информации могут являться беспроводные радиотехнические и(или) оптические системы. Благодаря прогрессу технологий в последние годы оптические линии связи заменяют кабель как средство передачи сигналов и энергии, исключают проблемы электромагнитной совместимости, повышают надежность и высокую скорость передачи информации. Особенно это важно для систем космического базирования. При всём разнообразии конструктивного оформления оптическая система имеет общую структуру как показано на рисунке 1.



Рисунок 1. Обобщённая структура оптической системы передачи электрического сигнала

Система состоит из фотоизлучателя и фотоприёмника или фоточувствительного элемента (ФчЭ), между которыми осуществляется оптическое взаимодействие через оптический канал или среду, в зависимости от вида системы. Кроме того, для обеспечения оптимальных условий работы ФчЭ в состав системы могут входить такие вспомогательные устройства (на рисунке не показаны) как охлаждаемые и неохлаждаемые диафрагмы, фильтры, вторичные источники питания и т.д. Фотоизлучатель (светоизлучатель) преобразует электрическую энергию в оптическое излучение, далее излучение через оптический канал попадает в фотоприёмник (фотодетектор), который в свою очередь преобразует оптическое излучение в электрические информационные сигналы. В качестве фотозлучателя могут быть использованы светодиоды, полупроводниковые лазеры, люминесцентные конденсаторы и т.д., имеющие определённую спектральную характеристику. Под параметры фотоизлучателя подбирают подходящий (совместимый) фотоприёмник с максимальной чувствительностью в заданной полосе длин волн. В качестве фотоприёмника для ВОЛС используют высокочувствительные быстродействующие фотодиоды на основе кремния Si (для диапазона 0,8-0,9 мкм) и германия Ge (для диапазона 1,3-1,6 мкм).

Спектральные характеристики фотоприёмников на основе кремния и германия представлены на рисунке 2. Однако, несмотря на то, что германиевые фотодиоды давно выпускаются промышленностью, они обладают определёнными недостатками и это вызывает необходимость подбора фотоприёмника на основе других соединений материалов, например InGaAs, PbS и др. [4]

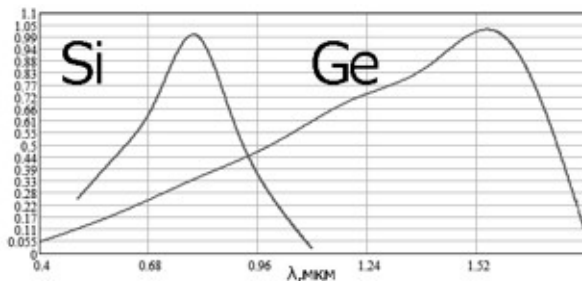


Рисунок 2. Спектральные характеристики фотоприёмников на основе кремния и германия

Отсюда, возникает задача подбора совместимых фотоизлучателя и фотоприёмника. В данной работе рассмотрен вариант подбора совместимых фотоизлучателя и фотоприёмника на основе анализа их спектральных характеристик. Существует несколько методов анализа согласования спектральных характеристик. Традиционно используется метод оценки на основе выборки расчетных точек. На заданных длинах волн определяются нормированные значения характеристик и по этим данным судят о степени их близости. Можно применить частотный (спектральный) метод расчета. Его суть в вычислении взвешенной суммы (интеграла) по заданному диапазону длин волн. Общий недостаток указанных методов – отсутствие универсальности. Их область применения ограничена.

Для того чтобы фотоприёмник принимал максимум энергии от фотоизлучателя необходимо чтобы их спектральные характеристики имели максимальное сходство в заданном диапазоне длин волн. Очевидно, что о степени сходства характеристик можно судить рассмотрев взаимную корреляцию их характеристик. Для этого предлагается разработать программный модуль (алгоритм) реализующий вычисление взаимной корреляционной функции (ВКФ) характеристики фотоизлучателя и фотоприёмника на заданном пользователем диапазоне длин волн, результатом которого является вывод на экран непосредственно ВКФ. Применение данного программного модуля для различных фотопреобразователей с различными характеристиками должно позволять быстро и удобно строить ВКФ и анализировать по ней на сколько тот или иной фотоприёмник удовлетворяет установленным требованиям. Для обеспечения быстроты построения необходимо использовать дискретный вариант

ВКФ с изменяемым шагом дискретизации и в заданном диапазоне. Таким образом будет соблюдаться баланс между точностью и скоростью вычисления.

Дискретную ВКФ характеристик фотоприёмника и фотоизлучателя можно вычислить, как ВКФ двух сигналов [1]:

$$B_s(i) = \Delta t \sum_{k=0}^{N-1} S_1(k)S_2(k - i)$$

Где $S_1(k)$ – значения соответствующие характеристике фотоприёмника, рассматриваемые как сигнал 1.

$S_2(k)$ – значения соответствующие характеристике фотоизлучателя, рассматриваемые как сигнал 2.

$B_s(i)$ – значения дискретной ВКФ.

Дискретная ВКФ незаменима если учесть, что пользователю понадобится рассчитывать корреляцию характеристик заданных массивами дискретных значений объемом N .

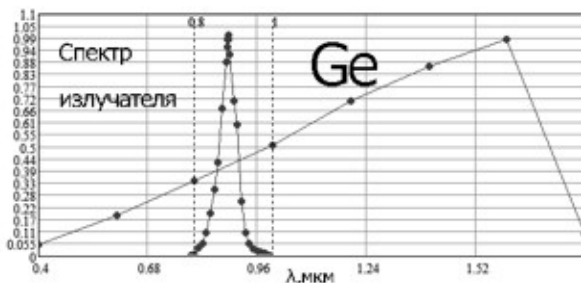


Рисунок 3. Дискретные значения характеристик образцов фотоизлучателя и фотоприёмника на основе германия

Однако, на практике бывает, что имеющиеся характеристики измерены на разном по протяжённости диапазоне длин волн и с различным шагом. В результате построение ВКФ по таким данным существенно усложнит алгоритм. Например, на рисунке 3 представлен случай когда значения (точки) характеристики фотоизлучателя измерены в достаточно узком диапазоне длин волн (0,8-1 мкм) в отличие от значений (точек) характеристики фотоприёмника. Точками на графике обозначены реальные значения, которые были измерены. Как видно из рисунка 3, значения, соответствующие фотоприёмнику, на диапазоне длин волн излучателя просто неизвестны. И при расчёте, в соответствии с дискретным вариантом ВКФ, дискретным отсчётам одной характеристики не будут соответствовать отсчёты другой характеристики, что приведёт к неправильному результату или ошибке. Поэтому построение ВКФ напрямую по измеренным характеристикам в таком случае невозможно. Для решения этой проблемы можно воспользоваться кубической сплайн-интерполяци-

ей, которая позволяет провести кривую через набор точек таким образом, что первые и вторые производные кривой непрерывны в каждой точке. Точки, соответствующие измеренным значениям, при этом соединяются не ломаной линией, а гладкой кривой, т. е. отрезками кубических парабол. В результате имеем множество точек с шагом и уже по этим точкам можно построить ВКФ. Кроме того, алгоритм должен обеспечивать удобство загрузки массива данных, удобство просмотра результатов и предусматривать возможность сохранить на компьютере в текстовом файле график ВКФ.

Предложенный программный модуль реализован на базе распространённого пакета Mathcad рисунк 4.

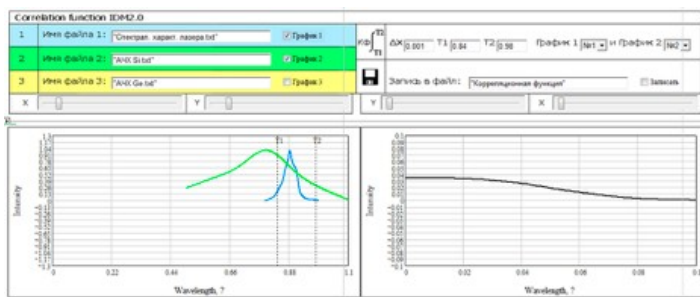


Рисунок 4. Окно программного модуля построения взаимной корреляции характеристик излучателя и фотоприёмника Correlation function IDM2.0

Разработанный программный модуль разбит на 4 подпрограммы в соответствии с разработанной блок-схемой, изображённой на рисунке 5:



Рисунок 5. Блок-схема программного модуля

- 1) Подпрограмма чтения массивов данных из текстового файла;
- 2) Подпрограмма интерполяции значений массивов;
- 3) Подпрограмма построения ВКФ;
- 4) Подпрограмма записи значений массива ВКФ в новый текстовый файл.

Список источников:

1. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. — 4-е изд., 1986.
2. Петров Ю. В. Компьютерные технологии: Методические указания к практическим работам. — Часть 1, 2005.
3. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. — СПб.: Питер, 2003.
4. Бараночников М.Л. Приёмники инфракрасного излучения: Состояние разработок и промышленного выпуска, перспективы развития и прогнозы — Москва, 1985.
5. Шишкин Г.Г. Электронные приборы — Москва, 1996.
6. http://www.exponenta.ru/soft/mathcad/UsersGuide/chapter13/13_5.asp
7. <http://www.sistemair.ru/dok/mathcad/text/index8-16.html>

Завьялов В.А., Нестерович А.В. Оценка эффективности алгоритмов определения координат целей многопозиционных радиолокационных системах

Научный руководитель: Синицын Е.А.

Выбор правильного алгоритма определения координат является актуальной задачей при построении многопозиционной радиолокационной системы (МПРЛС). В МПРЛС применяется совместная обработка принятого сигнала, информация извлекается из нескольких пространственно разнесенных участков поля рассеяния цели. Совместная обработка принятого сигнала позволяет значительно повысить помехозащищённость и информативность радиолокационных средств. Одним из преимуществ совместной обработки является получение координат цели за одно зондирование, зная только углы положения антенн и расстояния передатчик-цель-приёмники. Это позволяет отказаться от пеленгации, повысить частоту работы системы и повысить разрешающую способность по дальности.

Измерение координат в МПРЛС подразделяется на несколько этапов: на первом измерение происходит индивидуально в каждой элементарной ячейке МПРЛС - бистатических РЛС, на втором полученные замеры объединяются и формируют результирующую оценку координат. Формирование результирующего замера (второй этап) представляет собой статистическую за-

дачу оценки координат, полученных на первом этапе, поэтому точность такой оценки напрямую зависит от результатов первичных замеров.

Известно, что для определения пространственного положения целей путем оценки первичных координат в МПРЛС применяют следующие основные методы:

- эллиптический,
- гиперболический,
- триангуляционный.

Как правило, гиперболический и триангуляционный метод не используются самостоятельно, а только совместно с эллиптическим методом, что приводит к увеличению точности измерения координат за счет избыточности измеряемых параметров. Результатом первичных замеров в МПРЛС для эллиптического метода является суммарная дальность «передающая позиция-цель-приемная позиция». Эллиптический метод позволяет определять три пространственные координаты цели только по суммарным дальностям от цели до передающих и приемных позиций. При измерении суммарной дальности координатные поверхности для бистатических РЛС - эллипсоиды вращения с фокусами в точках расположения передающей и приемной позиций, при этом цель находится в точке пересечения эллипсоидов вращения, из этого следует название метода. Далее измерение первичных координат цели переводится в двумерную плоскость (бистатическая плоскость), которая проходит через цель, точку передающей и приемной позиции. Дальность от цели до передающей позиции и приемной позиции, для рассматриваемой элементарной ячейки МПРЛС, выражаются через суммарную дальность, пеленг цели (угол направления передающей антенны) и длину линии базы (расстояние между приемной и передающей станцией).

Второй рассмотренный алгоритм определения координат целей в МПРЛС основан также на первичном определении суммарной дальности «передающая позиция-цель-приемная позиция». Для каждой бистатической пары передатчик-приемник строятся поверхности положения в виде эллипсоидов вращения с фокусами в точках передающей и приемной позиции. На поверхности такого эллипсоида располагается цель. Далее для каждой бистатической пары строится поверхность. Поверхность задается через точку пересечения вектора направления приемной антенны с эллипсоидом вращения и нормаль к вектору передающая позиция-цель. В результате получают набор плоскостей касательных к эллипсоидам положения в окрестности точки расположения цели. Для каждой пары плоскостей формируют прямые пересечения и точки пересечения полученных прямых. Получают набор точек. Среди этого набора точек выбирают точки с наибольшим центром масс. Выбранные точки являются координатами потенциальных целей.

В проведенном исследовании была дана оценка эффективности двух рассмотренных алгоритмов определения координат целей в МПРЛС, выяви-

лись некоторые достоинства и недостатки алгоритмов. Для расчетов и моделирования применялся программный пакет Matlab 8.3. В качестве модели использовалась МПРЛС, основанная на одной передающей и трех приемных станциях.

Первый алгоритм, основанный на построении бистатической плоскости для каждой элементарной ячейки МПРЛС, позволял получать первичные данные о положении цели гораздо быстрее, чем второй алгоритм, так как используется меньшее число математических операций, к тому же для получения первичных замеров ему не требуется информация, полученная от соседних бистатических РЛС. То есть в МПРЛС состоящей из трех элементарных ячеек, при выходе из строя двух из них, можно получить координаты цели, опираясь на данные, полученные лишь одной работоспособной бистатической РЛС. Однако в целом данный алгоритм охарактеризовался средней точностью определения координат целей. В применяемой модели МПРЛС, состоящей из трех бистатических РЛС, на выходе получались три первичных замера координат цели, на основе которых можно лишь судить о предполагаемой области (зоне) нахождения цели. Повышение точности определения координат цели у первого алгоритма обеспечится за счет применения большего числа передающих и приемных позиций, объединенных в единую сеть и передающих первичные замеры в центр обработки информации.

Второй алгоритм охарактеризовался высокой точностью результирующих оценок координат целей, за счет применения большего числа математических операций и обработки данных между парами бистатических РЛС. В результате на выходе получался набор точек, в окрестности которых с высокой вероятностью находилась цель. Однако рост числа элементарных ячеек МПРЛС, при использовании второго алгоритма, приведет к значительному увеличению нагрузки на центры обработки информации. К тому же потребуются дополнительная фильтрация полученных групп точек для отбора истинных значений координат цели.

Список источников:

1. Черняк В. С. Многопозиционная радиолокация. - М.: Радио и связь, 1993. - 416 с.
2. Многопозиционные радиолокационные станции и системы, Черняк В. С., Заславский Л. П., Осипов Л. В, 1996 г.
3. Кондратьев В. С., Котов А. Ф., Марков Л. Н. Многопозиционные радиотехнические системы, Под ред. В. В. Цветнова - М.: Радио и связь, 1986 - 264 с.
4. Бычков А.В., Пелипенко И.И. Алгоритм нахождения трехмерных координат целей в многопозиционной радиолокации без пеленгации, Вестник СибГУТИ. 2015. №2.
5. S. R. Doughty Development and Performance Evaluation of a Multistatic Radar System, University of London, 2008.

Завьялов В.А., Нестерович А.В. Основные преимущества использования многопозиционных радиолокационных станций в системах управления воздушным движением

Научный руководитель: Синицын Е.А.

В настоящее время ввиду существенного роста количества рейсов и интенсивности полетов летательных аппаратов (ЛА) гражданской и государственной авиации возрастают требования к системам организации и управления воздушным движением. Одним из основных элементов систем управления воздушным движением (УВД) и управления полетами ЛА государственной авиации (ГА) являются радиолокационные станции наблюдения за воздушной обстановкой на трассе полета ЛА и в аэродромных зонах. Повышение требований к системам УВД и управления полетами ЛА ГА обуславливает необходимость улучшения следующих основных тактико-технических характеристик радиолокационных станций (РЛС):

- зона действия и максимальная дальность обнаружения ЛА,
- разрешающая способность,
- точностные параметры измерения параметров положения (координат) и движения ЛА,
- пропускная способность,
- помехоустойчивость и помехозащищенность,
- защита от диверсий (в условиях роста террористической угрозы).

Несмотря на значительный прогресс в развитии радиолокационной техники, возросшие требования к РЛС во многих случаях не удается удовлетворить в рамках традиционного построения РЛС, когда используется классический принцип построения однопозиционной приемо-передающей РЛС. В последние годы в системах УВД наряду с совершенствованием традиционных однопозиционных РЛС происходит постепенный переход к многопозиционным радиолокационным станциям (МПРЛС), в которых используются несколько передающих и приемных позиций (сенсоров), объединенных в единую радиолокационную станцию.

Основными преимуществами МПРЛС для систем управления воздушным движением являются следующие особенности:

- возможность создания требуемой зоны действия, например в условиях горной местности;
- высокоточное определение позиции цели;
- возможность отказа от пеленгации (определение трех координат цели путем измерения только временных параметров сигналов);
- высокая разрешающая способность;
- высокая пропускная способность;
- снижение мощности передающих устройств;
- уменьшение габаритов приемных и передающих устройств;

- живучесть, выход из строя одной позиции не приведет к глобальному выходу из строя (защита от диверсий и террористических актов).

Многие результаты, полученные в ходе теоретического исследования многопозиционной радиолокации, подтвердились в ходе экспериментальных исследований и эксплуатации разработанных отечественных и зарубежных МПРЛС. Однако, остается нерешенным большой круг вопросов, связанных с повышением радиолокационной наблюдаемости целей, автоматизации процессов и оптимальным управлением информационными ресурсами в МПРЛС. Так же ведутся исследования по получению радиолокационных изображений целей различных классов.

В Российской Федерации переход к МПРЛС начался относительно недавно, основными разработчиками таких систем являются АО «ВНИИРА» совместно с ООО «НПП «ЦРТС». В рамках «Модернизации Единой системы организации воздушного движения Российской Федерации (2009-2020 годы)», впервые в России введена в эксплуатацию многопозиционная система наблюдения «ЭРА» в аэропорту города Сочи (Адлер). Благодаря проведенной модернизации международный аэропорт в Адлере по оснащению радиотехническим оборудованием и средствами УВД стал самым современным в России.

Список источников:

1. Основы теории управления воздушным движением: Учеб.пособие / сост. Карнаухов В.А. - Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2010. - 78 с.
2. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. - М.: Радио и связь, 1993. - 416 с.
3. Многопозиционные радиолокационные станции и системы, Черняк В.С., Заславский Л.П., Осипов Л.В, 1996 г.
4. Кондратьев В.С., Котов А.Ф., Марков Л.Н. Многопозиционные радиотехнические системы, Под ред. В.В. Цветнова - М.: Радио и связь, 1986 - 264 с.
5. Doughty S.R. Development and Performance Evaluation of a Multistatic Radar System, University of London, 2008.

Завьялов В.А., Нестерович А.В. Оценка зон действия многопозиционных радиолокационных станций для различных целей

Научный руководитель: Сеницын Е.А.

Для правильного функционирования многопозиционных радиолокационных станций (МПРЛС) требуется оценить зону действия таких станций. В основе оценки зоны действия МПРЛС лежит оценка зоны действия ячейки МПРЛС - бистатической РЛС. Для оценки зоны действия бистатической РЛС рассчитывается отношение сигнал-шум на входе приемника по известному выражению (1):

$$q = 10 * \log\left(\frac{k}{R_{Tx}^2 * R_{Rx}^2}\right), \quad (1)$$

где q - отношение сигнал-шум на входе приемника, R_{Tx}^2 - расстояние от передатчика до цели, R_{Rx}^2 - расстояние от приемника до цели, k - коэффициент, который зависит от параметров передающей и приемной позиции, и рассчитывается по формуле (2).

$$k = \frac{P_{Tx} * G_{Tx} * G_{Rx} * \lambda^2 * \sigma_B * F_{Tx}^2 * F_{Rx}^2}{(4 * \pi)^3 * K * T_S * B_N * L_{Tx} * L_{Rx}}, \quad (2)$$

где P_{Tx} - импульсная мощность на выходе передатчика, G_{Tx} - коэффициент усиления передающей антенны, G_{Rx} - коэффициент усиления приемной антенны, λ - длина волны, σ_B - эффективная площадь рассеивания (ЭПР) цели, F_{Tx}^2 - фактор распространения сигнала от передатчика до цели, F_{Rx}^2 - фактор распространения сигнала от цели до приемника, K - постоянная Больцмана, T_S - эффективная шумовая температура на входе приемника, B_N - шумовая пропускная способность приемника, L_{Tx} и L_{Rx} - коэффициенты потерь в передатчике и приемнике соответственно.

В проведенном исследовании оценивались зоны действия бистатической РЛС и МПРЛС. Параметры передающих и приемных станций для МПРЛС считали аналогичными параметрам передающей и приемной станции бистатической МПРЛС соответственно. Использовались три цели со следующими значениями ЭПР: беспилотный летательный аппарат ($\sigma_B = 4 \text{ м}^2$), среднемагистральный ($\sigma_B = 40 \text{ м}^2$) и дальнемагистральный ($\sigma_B = 80 \text{ м}^2$) пассажирские самолеты. ЭПР целей считали постоянной. В реальном случае значения ЭПР целей для каждой отдельной ячейки МПРЛС (бистатической РЛС) раз-

личны и зависят от направления облучения и приема. Также в некоторых случаях может потребоваться статистический расчет флуктуации ЭПР. Отношение сигнал шум на входе приемника было задано на уровне не ниже 10 дБ. Высота, на которой находились наблюдаемые цели - 2 км. Расстояние между приемной и передающей позицией – линия базы МПРЛС, взяли равным 30 км.

Моделирование производилось в программном пакете Matlab 8.3. В качестве первых результатов были получены срезы зависимости отношения сигнал-шум на входе приемника от дальности до цели для бистатической РЛС. На основе полученных результатов была проведена оценка зоны действия МПРЛС с тремя приемными и тремя передающими, расположенными в вершинах правильного шестиугольника с длиной стороны равной длине линии базы.

В качестве примера на рисунке 1 приведен результат моделирования зоны действия МПРЛС для беспилотного летательного аппарата (БПЛА), летящего на высоте 2 км, при отношении сигнал-шум на входе приемного устройства равном 10дБ. На рисунке 1,

Tx обозначены позиции, на которых находятся передающие станции, а Rx обозначены позиции, на которых находятся приемные станции.

Сформированные оценки зон действия МПРЛС сравнивались с результатами, полученными в зарубежных исследованиях. Результаты сравнения сведены в таблицу 1. Для определения размера зоны действия измерялась длина большой полуоси построенной области.

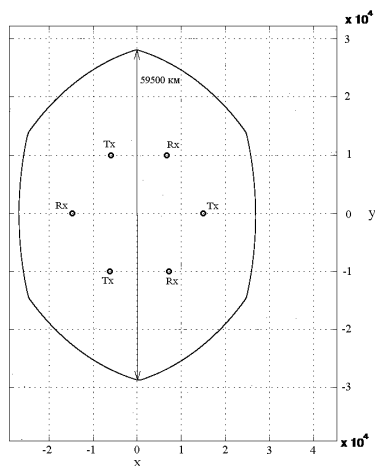


Рисунок 1 - Результат моделирования зоны действия МПРЛС для БПЛА летящего на высоте 2 км, при отношении сигнал-шум на входе приемных устройств равном 10дБ

Таблица 1. Результаты сравнения

Параметр	Полученный результат	Результаты зарубежных исследований
БПЛА		
длина большой полуоси зоны действия, км	59,6	92,5
Среднемагистральный самолет		
длина большой полуоси зоны действия, км	152,7	161,9
Дальнемагистральный самолет		
длина большой полуоси зоны действия, км	264.6	282.2

Как видно из таблицы 1, наибольшее отклонение результата наблюдалось для БПЛА. Это отклонение, вероятно, связано с другим значениям принятой ЭПР для БПЛА. Для остальных двух целей, результаты схожи с результатами зарубежных исследований.

Список источников:

1. Черняк В. С. Многопозиционная радиолокация. - М.: Радио и связь, 1993. - 416 с.
2. Теоретические основы радиолокации. Под ред. Ширмана Я.Д. Учебное пособие для вузов. М., изд-во «Советское радио», 1970, стр.560.
3. S. R. Doughty Development and Performance Evaluation of a Multistatic Radar System, University of London, 2008.
4. H. D. Griffiths Bistatic and Multistatic Radar, University College London Dept. Electronic and Electrical Engineering Torrington Place, London WC1E 7JE, UK.
5. Multi-Static Primary Surveillance Radar – An examination of Alternative Frequency Bands, Report No: 72/07/R/376/U, July 2008, Roke Manor Research Ltd.

Бойко Е.Н. Повышение эффективности экранной электромагнитной защиты космического летательного аппарата от орбитальных осколков

Научный руководитель: Керножицкий В.А.

На сегодняшний день все более актуальной становится проблема "космического мусора". Под "космическим мусором" (space debris) подразумеваются все искусственные объекты и фрагменты в космосе, которые уже неисправны, не функционируют и никогда более не смогут служить никаким полезным целям, но являющиеся опасным фактором воздействия на функционирующие космические аппараты, особенно пилотируемые.

Большинство этих объектов находится на орбитах с высоким наклоном, плоскости которых пересекаются, поэтому средняя относительная скорость их взаимного пролета составляет около 10 км/с. Вследствие огромного запаса кинетической энергии столкновение любого из этих объектов с действующим космическим летательным аппаратом может повредить его или даже вывести из строя. В настоящее время обнаружение крупногабаритных осколков успешно осуществляется с помощью радиолокационных станций слежения, что позволяет выполнить маневр космического летательного аппарата по уходу от столкновения. Однако, эффективных мер защиты от объектов космического мусора размером менее 1 см в поперечнике практически нет.

На сегодняшний день во многих странах мира накоплен большой опыт по разработке систем защиты объектов от разрушающего воздействия различных ударных средств. В космической отрасли наибольшее распространение получили защитные экраны. Материалы и размеры защитного экрана выбирают так, чтобы при малых скоростях соударения экран мог противостоять пробивному воздействию орбитального осколка, а при больших скоростях - обеспечить раздробление последнего на мелкие частицы, чем исключают недопустимые повреждения защитного экрана.

К сожалению, защитные экраны не могут обеспечить должной защиты космического летательного аппарата, так как существует большая вероятность пробития защитного экрана осколком, несущимся с огромной скоростью - до 16 км/с. Поэтому, с целью повышения эффективности экранной защиты, а также безопасности полетов и живучести космических аппаратов, предложена "Электромагнитная система защиты космических аппаратов от орбитальных осколков" [1], основанная на воздействии мощного электромагнитного импульса на орбитальный осколок, пробивающий защитный экран и контактирующий с защищаемой поверхностью (элементами корпуса). Это обеспечивается тем, что в пространстве между защитным экраном и защищаемой поверхностью на осколок воздействует мощный электромагнитный импульс, формируемый от специального импульсного источника. В этом случае

специальный источник тока подключается к защитному экрану и корпусу космического аппарата. Возникающий при этом ток замыкания, протекая через корпус осколка, инициирует силу Лоренца, которая разрушает осколок или изменяет направление его полета, направляя его под острым углом к защищаемой поверхности, что также снижает его поражающие воздействия.

Однако, существует дополнительный фактор защиты, обусловленный тем, что при проходе через защитный экран орбитальный осколок, нагреваясь до сверхвысоких температур, является источником возникновения плазмы, контактирующей с защищаемой поверхностью до столкновения с ней осколка. В этом случае возникает предварительное замыкание электрической цепи, образованной защищаемой поверхностью, плазмой, орбитальным осколком, защитным экраном и импульсным источником тока. А сам осколок, подвергаемый воздействию поперечно приложенной силы Лоренца, может рассматриваться как мгновенно возникшая консольно закрепленная в защитном экране балка. Таким образом, орбитальный осколок может подвергаться силе Лоренца, нейтрализующей его воздействие, в двух случаях:

- во-первых, когда замыкание электрической цепи происходит при подходе осколка к корпусу за счет образуемой им плазмы;

- во-вторых, когда осколок вследствие своих размеров не может быть нейтрализован в первом случае, замыкание электрической цепи происходит при непосредственном контакте осколка с защитным экраном и корпусом.

В зависимости от длины орбитального осколка величина расстояния между защищаемой поверхностью и защитным экраном может регулироваться, как в известном устройстве [1].

Таким образом, уточненная модель воздействия орбитального осколка с космическим аппаратом позволяет повысить эффективность защиты космического аппарата.

Список источников:

1. Пат. 2316456 Российская Федерация, МПК В 64 G 1/56, F 41 Н 5/007. Электромагнитная система защиты космических аппаратов от орбитальных осколков / Керножицкий В.А., Кондратова Е.С., Крикалев С.К.; заявитель и патентообладатель БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова; заявл. 29.03.06; опубл. 10.02.08, Бюл. № 4.

2. Романов В.И. Начала экскретологии / В.И. Романов. - М.: Ваш полиграфический партнер, 2011. - 164 с.

3. [Ресурс сети Интернет] <http://study.mipt.ru/mod/wiki/map.php?pageid=3&option=2> / Космический мусор.

3. Франк-Каменецкий Д.А. Плазма – четвертое состояние вещества / Д.А. Франк-Каменецкий. - М.: Атомиздат, 1963. - 163 с.

Система сбора и передачи данных на удаленных терминал

Научный руководитель: Керножицкий В.А.

Актуальной задачей современного радиоэлектронного приборостроения является создание автономных, необслуживаемых позиций радиолокационных и радиотехнических систем работающих в едином информационном поле, образующим многопозиционную радиотехническую систему специального назначения предназначенную для мониторинга наземного и воздушного пространства.

Принципиальной проблемой, является создание параметрического ряда контейнерных базовых несущих конструкций (КБНК) способных разместить радиоэлектронную аппаратуру требуемого назначения.

Наряду с функциями контроля, диагностики, индикации рабочих режимов и аварийных сигналов, предназначенных для обеспечения работы обслуживающего персонала и аппаратуры различного функционального назначения в условиях чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера аппаратура КБНК потенциально должна быть способна передать требуемый объем информации по данным датчиков обнаружителей - измерителей различной физической природы.

Разрабатываемая система контроля внешней обстановки контейнерных базовых несущих конструкций (КБНК) с высокими характеристиками автономности предназначена для контроля параметров окружающей среды (температуры, влажности, давления, скорости ветра, сейсмической активности) и выдачи результатов измерений в систему передачи данных на удаленный терминал.

Проведенный анализ требований, предъявляемых к системе контроля параметров внешней обстановки, показал, что система должна обеспечивать:

- измерение температуры окружающей среды в диапазоне от минус 60 С⁰ до плюс 65 С⁰;
- измерение атмосферного давления в диапазоне от 410 мм. рт. ст. до 820 мм. рт. ст.;
- измерение относительной влажности воздуха от 30 % до 98 %;
- измерение скорости ветра с ограничением не более 25 м/с;
- контроль сейсмической активности с ограничением не более 8 баллов.

Необходимо отметить, что указанный диапазон измерения температуры окружающей среды шире диапазона температур, при котором должна функционировать система в составе КБНК. Поэтому в соответствии с ГОСТ 15150-69 значения температуры минус 60 С⁰, плюс 65 С⁰ являются предельными, то есть при значениях температуры внешней среды от минус 60 С⁰ до

минус 50 С⁰ и от плюс 50 С⁰ до плюс 65 С⁰ КБНК должна сохранять работоспособность в течение не более 12 часов без сохранения требуемой точности, но с условием восстановления метрологических характеристик после воздействия.

На основании изложенного была разработана функциональная схема системы контроля параметров, представленная на рисунке 5.1.



Рисунок 1. Функциональная схема системы контроля параметров

С помощью абонентского терминала (АТ) пользователям предоставляется ряд телекоммуникационных услуг, ориентированных на передачу полученных нами данных.

Абонентский терминал представляет собой аппаратно-программные средства, обеспечивающие передачу данных между абонентами, находящимися на стационарных или подвижных объектах. Связь между абонентами осуществляется по КВ (УКВ) радиоканалу, проводному каналу ТЧ или спутниковому каналу. При использовании спутниковой системы связи "Гонец-Д1", автономный аппаратно-программный комплекс "ВИП-Гонец", позволяет обеспечить связь абонентов, расположенных в любых точках Земного шара. Дальность передачи данных по радиоканалу определяется типом используемых радиостанций. Абонентский терминал обладает следующими достоинствами: удобством в работе, небольшими массой и габаритами; временем разворачивания менее 10 мин; связью со спутником без участия оператора; всенаправленная антенна; определение координат с точностью до 100 м. При расположении абонентов в зоне радиовидимости спутника передача информации обеспечивается без задержки. При удаленности абонентов друг от друга более чем на 5000 км, информация, переданная отправителем, запоминается спутником и ретранслируется получателю при пролете в его регионе, при этом время доставки сообщения не превысит нескольких часов. Область применения: со-

здание выделенных ведомственных, корпоративных, банковских, медицинских, административных сетей; передача/прием текстовых или файловых сообщений произвольного формата (до 200 кбайт), сопряжение с почтовыми службами корпоративной сети или интернета; обеспечение связи с удаленными территориями со слаборазвитой инфраструктурой (районы Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока); связь с геологическими партиями, нестандартными поселениями; дистанционный мониторинг; передача информации от датчиков, расположенных на удаленных объектах в автономном режиме или по групповым опросам диспетчерского центра; определение координат с помощью систем GPS с точностью до 100 м, передача трассы в диспетчерский центр; связь в чрезвычайных ситуациях; экологический и промышленный мониторинг, сбор научной информации (геодезической, гидрологической, от сейсмодатчиков и др.).

В результате проведенной работы мы получаем систему, достаточно точно отображающую текущую внешнюю обстановку в любом регионе России.

Список источников:

1. А.С. Сигов *Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения.* – Ч. 3: Материалы и технологии. М.: Редакционный издательский отдел МИРЭА, 2015.
2. А.П. Елохин *Автоматизированные системы контроля окружающей среды.* – М.: МИФИ, 2012.

Хорьяков И.В. Структура ресурса о свободном программном обеспечении

Научный руководитель: Гущин А.Н.

Сегодня, современному пользователю, для решения поставленной задачи необходимо определиться с используемым при этом программным обеспечением (ПО). Это ПО может быть как платным, так и свободным. Очевидно, что сами по себе программные продукты стоят недешево. Свободное программное обеспечение (СПО) распространяется бесплатно, при условии соблюдения лицензионных соглашений. В сложившихся обстоятельствах свободные лицензии становятся основным механизмом, позволяющим пользователям не нести лишние финансовые затраты, а авторам технологично и легально передавать неопределенному кругу лиц права на использование своих разработок.

В рамках данной работы стояла задача разработки ресурса о свободном программном обеспечении. Важными аспектами работы этого ресурса являются поиск необходимого ПО по требуемому набору выполняемых функ-

ций, обрабатываемых и генерируемых форматов, по нужной операционной системе (ОС) и свободным лицензиям. Просмотр ресурса возможен в текстовом и графическом виде, т.е. он доступен в режиме командной строки и в интернет-браузере; Предусмотрено создание локальной копии ресурса и создание копии ресурса для его развертывания на другом домене в сети Интернет.

Структура ресурса включает в себя сайт, базу данных (БД), программу для взаимодействия сайта с базой данных и программу для персонального компьютера (ПК).

Структура ресурса (рис.1):

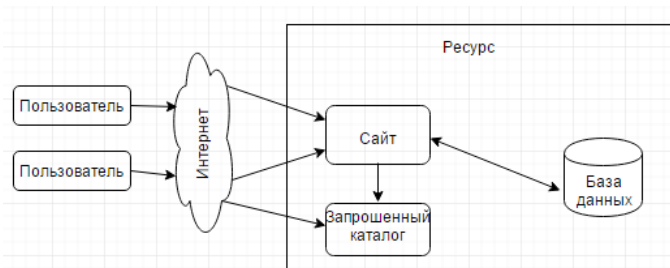


Рис.1

На базе данного ресурса возможна генерация локального представления части ресурса. Структура этого представления (рис.2):



Рис.2

Для работы ресурса необходим веб-сервер с поддержкой php-5.0, MySQL-5.5.

Используется следующий вариант модели базы данных (рис.3).

Использование дополнительных таблиц ofr, vfr, osp, lip и grf позволило быстро и эффективно выполнять запросы SELECT и INSERT к БД. Благодаря связыванию таблиц по ключам, заменяя связи между основными таблицами дополнительным, в паре с php-скриптами, для работы с таблицами. Для ресурса было спроектировано ПО, с помощью которого осуществляется сбор информации о СПО и поисковом запросе пользователя, и поиск в БД программ, удовлетворяющих критериям поискового запроса пользователя.

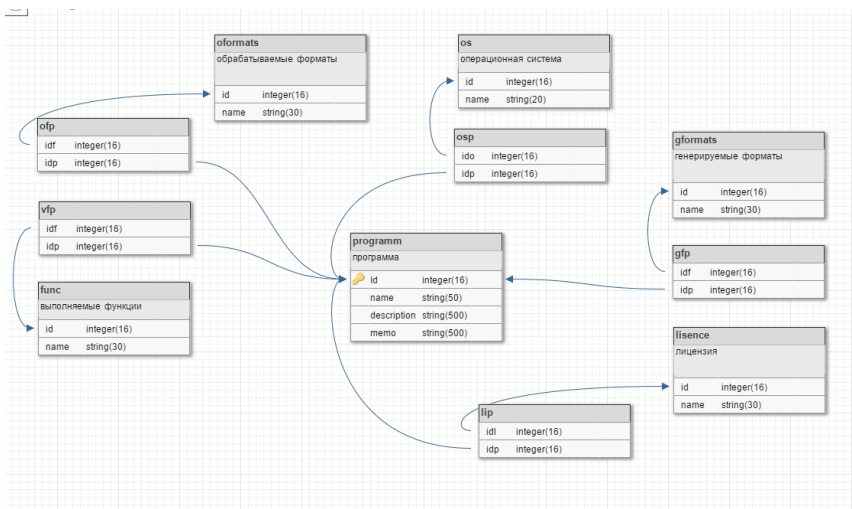


Рис.3

Весь ресурс разработан на компьютере под управление операционной системы Linux, в средах разработки Visual Studio Code и QT.

Разработанный ресурс позволяет пользователю: познакомиться с СПО; искать необходимое ПО, в процессе решения поставленных перед ним задач; делиться своими разработками в области СПО; работать в режиме командной строки или в режиме с поддержкой графического интерфейса; создавать локальные копии подборок интересующих его программ.

Список источников:

1. М. Брауде-Золотарев, Г. Гребнев, П. Протасов, А. Ралько, Е. Сербина, «Свободное программное обеспечение в организации. Сборник материалов.», М.: INFO-FOSS.RU, 2008.
2. Смирнова Н.Н. Управление программными проектами – БГТУ «ВОЕНМЕХ», СПб., 2007.
3. Верхолат А.М., Гаврилов В.А., Смирнова Н.Н. Администрирование серверов баз данных: учебное пособие [для вузов] БГТУ «ВОЕНМЕХ», СПб., 2006.
4. Операционная система GNU и движение за свободные программы - Режим доступа: <https://www.gnu.org/> - свободный (дата обращения 15.02.2016);

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

- Е.Ф. Чичкова к.г.н., зам.директора Северо-Западного Центра
Аэрокосмического мониторинга СПбГУАП,
научный руководитель
- В.И. Казаков ассистент кафедры «Конструирования и технологий
электронных и лазерных средств»,
научный руководитель
- Д.М. Рыжиков соискатель ученой степени к.т.н. СПбГУАП
- С.Н. Мосенцов студент 4 курса кафедры «Конструирования и
технологии электронных и лазерных средств»

Рыжиков Д.М.

Формирование исходных данных для расчета биогенной нагрузки на акватории по мультиспектральным спутниковым снимкам

Научный руководитель: Чичкова Е.Ф.

В рамках научно-исследовательской работы по расчету биогенной нагрузки на акватории в результате моделирования существовала необходимость получения объективной оценки площадей территорий различных классов и назначения. Целью данной работы является формирование исходных данных для модели ILLM – Institute of Limnology Load Model.

В качестве исследуемой территории были заданы 7 водосборных зон вблизи Финского залива – рисунок 1.



Рисунок 1 – Исследуемые водосборные бассейны

В качестве исходных данных модель расчета биогенной нагрузки использует площади территорий следующих классов, для которых эмпирически были получены параметры содержания азота и фосфора – веществ, вызывающих образование биоты в акваториях:

- леса;
- поля;
- болота;

- луга;
- урбанизированные зоны, свалки и неиспользуемые земли.

Важнейшим вопросом проведения исследований по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является выбор исходных данных. В данной работе рассматривались только данные систем ДЗЗ космического базирования, ввиду того, что данные аэрофотосъемки были недоступны. Спутниковые снимки имеют определенный набор характеристик, определяющих их применимость для решения определенной задачи: пространственное разрешение, спектральные диапазоны съемки, периодичность съемки, стоимость и др. В таблице 1 приведены некоторые системы ДЗЗ с разделением по пространственному разрешению.

Таблица 1 – Пример систем ДЗЗ

	Пространственное разрешение	Диапазон размеров пикселей снимка, м	Примеры систем ДЗЗ
1	Низкое	> 100	Terra/MODIS, Aqua/MODIS, Suomi NPP и др.
2	Среднее	10 – 100	LandSat-7,8 и др.
3	Высокое	1 – 10	RapidEye, SPOT и др.
4	Сверхвысокое	< 1	WorldView-1,2,3, Pleiades и др.

В данной работе выбор пал на бесплатные данные, что сузило круг вариантов до систем низкого и среднего пространственного разрешения. В результате детального анализа характеристик перечня систем ДЗЗ со свободно распространяемыми данными для решения данной задачи был выбран спутник LandSat-8. Мультиспектральный снимок LandSat-8 включает в себя 12 каналов съемки: 5 каналов видимого и ближнего инфракрасного диапазонов, 3 – коротковолнового инфракрасного диапазона, 2 – длинноволнового (теплого) инфракрасного диапазона, 1 панхроматический канал и 1 канал оценки качества съемки.

Для получения тематического результата классификации, снимки LandSat-8 были подвергнуты процедурам радиометрической, топографической и атмосферной коррекции. Сама процедура классификации проводилась с использованием программного обеспечения ERDAS Imagine и методов расстояния Махаланобиса и максимального правдоподобия, относящихся к подходу по-пиксельному анализу, а также объектно-ориентированного подхода. На рисунке 2 представлены исходные данные и результаты классификации для водосбора реки Нарвы. Данная территория была покрыта двумя снимками LandSat-8, каждый из которых обрабатывался в отдельности.

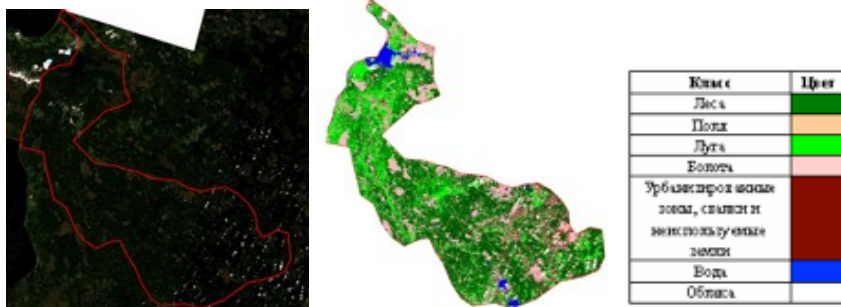


Рисунок 2 – Результат классификации водосбора реки Нарвы

Для заданных классов подстилающей поверхности, а также классов «Водные объекты» были рассчитаны суммарные площади – таблица 2. Следует отметить, что применение методов автоматической классификации не может гарантировать стопроцентной точности результатов. Для уточнения результатов использовались лесоустроительные карты, индекс вегетации NDVI и методы визуального дешифрирования.

Таблица 2 – Результат формирования исходных данных по водосбору реки Нарвы.

Площадь, кв. км						
Леса	Поля	Луга	Болота	Урбанизированные зоны, свалки, неиспользуемая территория	Водные объекты	Суммарная
2588.5	400.2	1191.5	1002.2	192.1	109.2	5483.7

Полученный результат по оценке биогенной нагрузки на Финский залив от водосборной зоны реки Нарвы помимо оценки общей экологической обстановки имеет межгосударственную значимость. Интерес представляет трансграничный перенос биологической компоненты залива с российской части акватории на эстонскую, точная оценка которого влияет на денежные квоты, необходимые для уплаты нашей стране в соответствии с постановлением Хельсинской комиссии.

В результате проведения данной работы были найдены оптимальные по ряду характеристик исходные спутниковые данные, была проведена их классификация по заданному перечню типов подстилающей поверхности, были рассчитаны площади классов. Полученные значения площадей были использованы в качестве исходных данных в модели ILLM для расчета биогенной нагрузки на акваторию Финского залива.

Список источников:

1. Обработка многоспектральной космической информации высокого пространственного разрешения в программной среде ERDAS Imagine, верификация результатов для Северо-Западного региона РФ / Григорьев А. Н. [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса / ИКИ РАН, М., 2012
2. Рыжиков Д.М. Автоматизация дешифрирования космических снимков по эталонному спектральному образу лиственного леса / Д.М. Рыжиков // Научная сессия ГУАП, часть II, технические науки, сборник докладов 6-10 апреля 2015 г., СПб, с. 292-297.
3. Кондратьев С.А., Казмина М.В., Шмакова М.В., Маркова Е.Г. Метод расчета биогенной нагрузки на водные объекты // Региональная экология. – 2011. - № 3-4. - С.50-59.
4. Шовенгердт Р. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.

Мосенцов С.Н. Лазерный сенсор продуктов горения с оптоволоконной передачей зондирующих сигналов

Научный руководитель: Казаков В.И.

Введение

Вне зависимости от назначения, среды использования и технических требований, лазерные оптические пожарные датчики анализируют заданное пространство с повышенной пожароопасностью по характеру изменения оптической пропускаемости лоцируемого пространства за счёт появления в нем продуктов горения веществ.

Целью данной работы является разработка и проектирование лазерного оптического пожарного датчика с передачей зондирующих сигналов по оптоволокну.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Исследовать механизм взаимодействия частиц дыма, СО и СО₂ с лазерным излучением.
2. Разработать оптическую линзовую систему чувствительного элемента.
3. Оценить энергетические дифракционные потери в чувствительном элементе.
4. Рассчитать параметры передающего и приёмного оптоэлектронных модулей.

Теоретическая основа

В данной работе рассматривается лазерный пожарный извещатель, использующий методы спектроскопии для обнаружения таких наиболее распро-

странённых продуктов горения, как CO и CO₂. Также датчик производит детектирование превышения уровня заданной ПДК дымовых частиц за счёт ослабления излучения в лоцируемой зоне.

Науке очень хорошо знаком тот факт, что земная атмосфера не одинаково прозрачна для света на любой отдельно взятой длине волны [1]. Это связано с тем, что атмосфера Земли имеет в своём составе множество различных газов и взвесей различного происхождения. Каждый элемент воздушной оболочки Земли имеет свой собственный спектр поглощения. Суммарная смесь всех газов и взвесей в итоге и даёт так называемый спектр поглощения земной атмосферы.

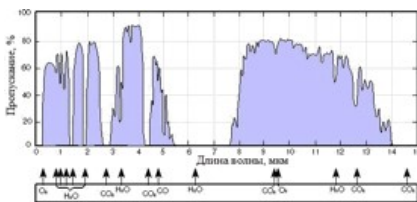


Рисунок 1 – Спектр поглощения земной атмосферы в инфракрасной области.

Из рисунка 1 хорошо видно, что земная атмосфера обладает ярко выраженными окнами прозрачности и имеет почти 100%-ое поглощение излучения на длинах волн в диапазоне ~5.5÷7.6 мкм, обусловленное присутствием в атмосфере паров воды. Также имеет место почти полное поглощение излучения на длинах волн порядка 2.8 мкм и 4.2 мкм, характерных для диоксида углерода.

Остальные составляющие земной атмосферы дают малый вклад в общую из-за малой концентрации. Однако при проектировании высокочувствительных пожарных датчиков ставится цель обнаружения увеличения концентрации этих веществ, которые выделяются на начальной стадии пожара. Поэтому следует учитывать центральные длины волн тех газовых компонентов, появляющихся в результате горения и нехарактерных для газового состава чистой атмосферы, на которых происходит максимальное поглощение ими оптического излучения.

Активное поглощение оптического излучения в дымовой завесе приводит к существенному ослаблению света на пути прохождения светового пучка. Формула, позволяющая вычислить степень ослабления оптического излучения дымом, выглядит следующим образом:

$$k = \frac{2.317 \cdot 10^{-8} \cdot \epsilon'' \cdot M}{[(\epsilon' + 2)^2 + \epsilon''^2] \cdot \lambda \cdot C}, \quad (1)$$

где ϵ' и ϵ'' – действительная и мнимая части комплексной диэлектрической проницаемости частиц дыма, M – концентрация частиц дыма, λ – длина волны оптического лазерного излучения, $C = 2.3 \cdot 10^{-3}$ – константа [2].

По формуле 1 было вычислено и построено семейство графиков зависимости ослабления излучения от расстояния, пройденного в дыму четырёх разных концентраций с помощью среды Mathcad, что отражено на рисунке 2. В данных вычислениях были приняты допущения, что дым не имеет градиента плотности, равномерно распределён по пространству и микрочастицы дыма являются частицами углерода.

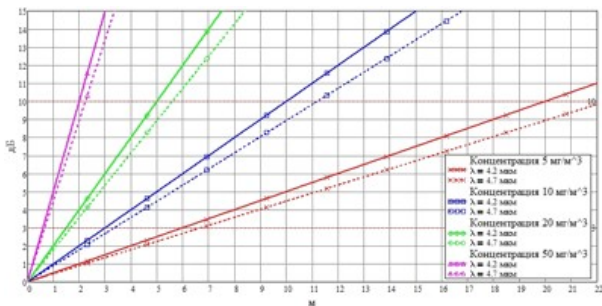


Рисунок 2 – Зависимость ослабления излучения от расстояния, пройденного в дыму четырёх разных концентраций.

Как видно из рисунка 2, степень ослабления излучения в дыму существенно зависит от расстояния распространения оптического излучения, концентрации частиц в дымовой завесе и длины волны излучения.

Структура извещателя

Целью данной работы является разработка лазерного пожарного извещателя с передачей зондирующих сигналов по оптическому волокну. Поэтому, прежде всего, необходимо разработать саму концепцию этого извещателя. В связи с этим, предлагается лазерный пожарный извещатель, структурная схема которого изображена на рисунке 3.

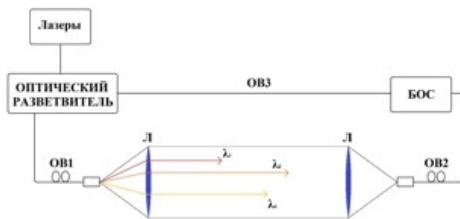


Рисунок 3 – Структурная схема лазерного пожарного извещателя.

В состав предлагаемого извещателя входят:

1. Лазеры;
2. Оптический разветвитель;
3. Отрезки оптических волокон (ОВ1, ОВ2, ОВ3);
4. Положительные линзы (Л);

5. БОС – блок обработки сигналов.

Принцип работы базируется на исследовании пожарного датчика, предложенного в работе [10]. Однако по сравнению с предложенным ранее пожарным извещателем данная разработка имеет ряд значительных изменений и дополнений.

В данном случае излучение с многоспектральным составом $\lambda 1.. \lambda n$ от лазеров попадает на оптический разветвитель. С первого выхода оптического разветвителя по оптическому волокну (ОВ1) излучение проходит систему линз, размещенную в рабочем пространстве, лоцируемом на наличие продуктов горения, и фокусируется на торец другого оптического волокна (ОВ2), соединенного с блоком обработки сигналов. Второй выход разветвителя соединен оптическим волокну (ОВ3) со вторым входом блока обработки сигналов. Смысл соединения оптического разветвителя и БОС посредством оптического волокна (ОВ3) пояснен далее.

В данном случае оптическое волокно служит средством передачи информации о пожарной обстановке, совмещая в себе превосходные характеристики переносчика информации в пожарных системах: гибкость, простоту эксплуатации, долговечность, широкий диапазон рабочих температур, а самое главное, абсолютную взрывобезопасность. Зондирующие сигналы передаются по волокну в форме лазерного излучения, которое не может стать причиной искры или возгорания.

В связи с тем, что при возникновении пожароопасной обстановки концентрации веществ горения сильно возрастает и превышает предельно допустимые значения концентраций, для центральных длин волн, на которых будет проводиться лоцирование пространства, предлагается использовать центральные длины волн (4.2 и 4.7 мкм) для веществ, на которых происходит максимальное поглощение излучения. Излучение с данными спектральными составляющими попадает на фотоприёмные устройства, встроенных в блок обработки сигналов.

Для данного пожарного извещателя было условно принято, что он должен будет производить проверку потенциально пожароопасного пространства на наличие в нём таких газов как СО и СО₂. Также на длинах волн, которые соответствуют максимумам поглощений данных газов, будет производиться замер ослабления излучения, который может возникнуть в результате задымления исследуемого пространства. Таким образом в пожарном извещателе будет использоваться два лазера, излучающих на частотах максимальных поглощений для СО и СО₂, четыре фотоприёмника и два компаратора.

Из рисунка 4 [3] хорошо видно, что двуокись углерода почти максимально поглощает излучение на двух длинах волн: 2.7 и 4.2 мкм.

Однако использование длины волны в 2.7 мкм нецелесообразно, из-за сильного преобладания в этой области зоны поглощения водяных паров. Длина же волны в 4.2 мкм оптимальна, так как на ней почти не происходит погло-

щения какими бы то ни было иными газами и веществами и данное окно почти полностью принадлежит CO_2 составляющей.

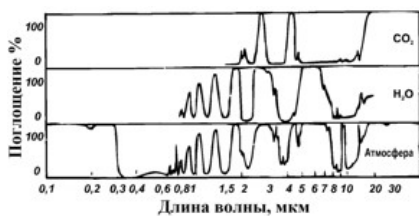


Рисунок 4 – Поглощение излучения CO и CO_2 .

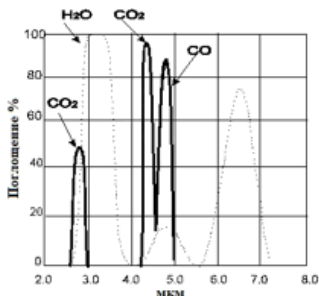


Рисунок 5 – Поглощение излучения угарным газом

Также из известно [3], что максимумы поглощений угарного газа приходятся на длины волн 2.44 и 4.7 мкм. Однако использовать длину волны в 2.44 мкм нет возможности по той же причине, что была и для CO_2 (рис. 5) [4].

Таким образом, в проектируемом пожарном извещателе будет находиться два лазера инфракрасного диапазона, излучающих на длинах волн в 4.2 мкм и 4.7 мкм. При повышении концентрации CO или CO_2 в исследуемом пространстве, процент поглощения излучения будет также расти. Это приведёт к возрастанию значения разницы величин принимаемых сигналов на фотоприёмниках, и, как следствие, к выдаче сигнала о появлении в исследуемом пространстве неспецифических для атмосферы продуктов горения.

Дифракционные потери излучения

Известно, что под влиянием дифракции Френеля на приёмном устройстве пожарного извещателя формируется распределение светового поля, схематично представленное на рисунке 6.

Как видно, на выходе из оптического волокна распределение светового поля имеет Гауссову форму. При прохождении некоторого расстояния вдоль оси Z, расходящийся из торца оптического волокна с диаметром сердцевины d световой поток претерпевает изменения обусловленные теорией дифракции. На коллимирующую линзу диаметром D падает дифрагированное оптическое поле. Задачей при расчёте энергетических потерь за счёт дифракци-

онного расхождения оптического пучка является нахождение той доли излучения, что теряется за счёт распространения за пределами диаметра коллимирующей линзы D . Из более ранних работ [5,6,7] известно, что для разных λ и соотношений диаметров d и D имеются разные потери излучения.

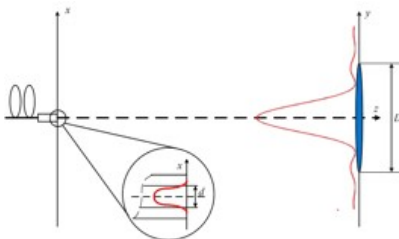


Рисунок 6 – Формирование дифракционной картины Френеля

График зависимости доли потеряннного излучения от расстояния между апертурами d и D (при $D=0.01$ м) для длин волн 4.2 и 4.7 мкм представлен на рисунке 7. А график зависимости доли потеряннного излучения от величины апертуры коллимирующей линзы D (при $Z=0.1$ м) для длин волн 4.2 и 4.7 мкм представлен на рисунке 8.

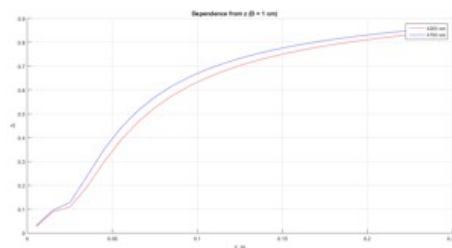


Рисунок 7 – Зависимости долей оптических потерь от расстояния между апертурами

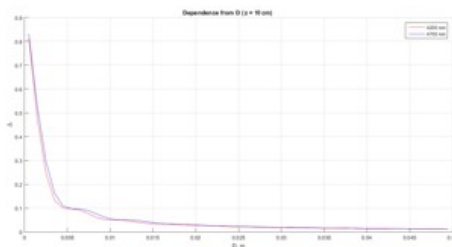


Рисунок 8 – Зависимости долей оптических потерь от диаметра апертуры D

Из этих графиков видно, что доля оптического излучения, что распространяется за пределами коллимирующей линзы и не попадающего на фотоприёмник в приёмном устройстве пожарного извещателя, тем выше, чем

больше расстояние между апертурами d и D . Также эта величина растёт при уменьшении диаметра апертуры D коллимирующей линзы.

Видно, что потери пренебрежимо малы, однако при распространении пучок приобретает более сильную дифракционную расходимость и вносит серьёзные энергетические потери в систему.

Список источников:

1. Козинцев, В.И. Основы импульсной лазерной локации / В.И. Козинцев, М.Л. Белов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 40 с.
2. Patterson, E.M., Measurements of visibility vs. Mass-concentration for air-borne soil particles / E.M. Patterson, D.A. Gillette // *Atmospheric Environment*, vol.11 – 1977. – №2. – pp. 193-196.
3. Ослабление оптических и инфракрасных волн в атмосфере [Электронный ресурс]: науч. журн. «Радиотехнические системы» – А.Н. Сенченко, А.С. Злыгостев, 2010. – URL: <http://rateli.ru/books/item/f00/s00/z0000000/st078.shtml>
4. Число молекул в 1 см^3 воздуха при различных давлениях ниже атмосферного ($t = 20^\circ\text{C}$) [Электронный ресурс]: электрон. каталог криогенного оборудования «КРИОГЕНТЕХ». – 2016. – URL: http://www.cryocatalog.ru/info/mol_quant.php
5. Mosentsov, S.N., Energy transfer in the optical system, includes a layer of free space and lenses / S.N. Mosentsov, V.I. Kazakov, O.D. Moskaletz // *Wave electronics and Its Applications in the Information and Telecommunication Systems*. – 2015. – №18. – p. 23.
5. Mosentsov, S.N., Influence of aperture lens system on optical information processing / S.N. Mosentsov, V.I. Kazakov, O.D. Moskaletz // *Optics and Photonics for Information Processing*, SPIE Vol. 9598 959809-1-9. – 2015. – №9. – pp. 6-8.
7. Мосенцов, С.Н., Анализ процесса распространения оптических волновых пучков в линзовых системах. / С.Н. Мосенцов, В.И. Казаков, О.Д. Москалец // Труды IX конференции «Оптика-2015». – 2015. – №79. – С. 87-89.

Содержание

Организационный комитет тринадцатой открытой научно-практической конференции.....	3
Жуковский В.Ф.	
Молодежное КБ «ANSAT».....	4
Государственное бюджетное нетиповое образовательное учреждение «Санкт-Петербургский городской Дворец творчества юных».....	6
Ризванова К.	
Решение обратной задачи для платформы Стюарта.....	7
Котелевский Н.	
Применение солнечного паруса в космической технике. Спутниковая группировка AnSat.....	8
Купорова М.	
Силы, действующие на КА в космосе. Расчет гравитационных сил, действующих на спутниковую группировку «AnSat».....	11
Шамов И.А.	
Визуализация авиационных приборов посредством SVG графики в HTML-среде.....	14
Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д.Ф. Устинова.....	16
Панасенко А.К.	
Корабельные радиолокационные системы и комплексы.....	18
Дементьев И.Д.	
Артиллерийские и разведывательные радиолокационные станции.....	21
Предыбайло С.А.	
Принцип действия и области применения георадаров.....	26
Куликов Е.А.	
Снижение усиления антенной решетки в направлении прихода помехи путем формирования провала в ее диаграмме направленности.....	30
Наумов Д.А., Елисеенко А.Г., Бурыкин Н., Румянцев О., Изотов Е.	
Перспективы применения прогнозирующих систем в управлении современных беспилотных летательных аппаратов.....	34
Атрохов А.Ю.	
Сопряжение спектральных и частотных характеристик беспроводного канала передачи энергии в космосе.....	37
Манухин И.И.	
Повышение эффективности диагностирования и обслуживания радиоэлектроники.....	41

Ярыгин Д.М. Разработка и исследование алгоритма оценки взаимной корреляции характеристик излучателя и фотоприемника.....	43
Завьялов В.А., Нестерович А.В. Оценка эффективности алгоритмов определения координат целей многопозиционных радиолокационных системах.....	47
Завьялов В.А., Нестерович А.В. Основные преимущества использования многопозиционных радиолокационных станций в системах управления воздушным движением.....	50
Завьялов В.А., Нестерович А.В. Оценка зон действия многопозиционных радиолокационных станций для различных целей.....	52
Бойко Е.Н. Повышение эффективности экранной электромагнитной защиты космического летательного аппарата от орбитальных осколков.....	55
Родионов П.Е., Родин К.И. Система сбора и передачи данных на удаленных терминал.....	57
Хорьяков И.В. Структура ресурса о свободном программном обеспечении.....	59
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения.....	62
Рыжиков Д.М. Формирование исходных данных для расчета биогенной нагрузки на акватории по мультиспектральным спутниковым снимкам.....	63
Мосенцов С.Н. Лазерный сенсор продуктов горения с оптоволоконной передачей зондирующих сигналов.....	66