

Сверхширокополосный радиолокатор для обнаружения людей за оптически непрозрачными препятствиями

Д.А. Охотников

*Научно-исследовательский центр сверхширокополосных технологий Московского
Авиационного Института (НИЦ СШП МАИ). 107078 Москва, Новая Басманная ул. дом 16А.
ком. 409.denisoffice@mail.ru*

Доклад посвящен построению радаров, предназначенных для обнаружения людей за оптически непрозрачными преградами. Рассмотрены особенности радиолокационного обнаружения движущихся и находящихся в покое людей. Рассмотрены проблемы, связанные с получением и обработкой данных, приведены результаты восстановления исходной траектории движения объекта с использованием двух квадратур, ликвидации постоянной составляющей и арктангенс демодуляции. Приведены результаты экспериментов, проведенных с помощью сверхширокополосного радиолокатора.

Введение

Наиболее реальным применением короткоимпульсных СШП радиолокаторов является наблюдение относительно малоподвижных целей на расстояниях в единицы и десятки метров [1]. Подобные приборы представляют собой относительно маломощные доплеровские РЛС, способные наблюдать за движущимися объектами с высокой точностью. Широкое развитие системы СШП радиолокации получили в области наблюдения за живыми объектами - биорадиолокации.

Возможность обнаружения людей на расстояниях в десятки метров способствовала появлению систем охраны территории и портативных приборов для обнаружения людей за оптически непрозрачными препятствиями [2,3]. Способность радиолокационных систем наблюдать за целью через непрозрачные объекты делает их незаметными для человеческого глаза, а широкая полоса зондирующего сигнала позволяет скрыть их от других систем обнаружения. Высокая чувствительность таких систем позволяет обнаруживать не только идущего человека, но и неподвижного, детектируя движение его грудной клетки, вызванное дыханием.

В настоящем докладе рассматриваются особенности построения СШП РЛС, предназначенных для наблюдения за живыми объектами, а также приведены результаты экспериментов работы реального СШП радиолокатора, предназначенного для обнаружения людей за оптически непрозрачными препятствиями.

Радиолокатор для обнаружения людей

В НИЦ СШП МАИ работы по созданию радиолокаторов для обнаружения людей за оптически непрозрачными препятствиями начались в 2007 году. В результате проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ разработан СШП радиолокатор малого радиуса действия, простой по функциональным задачам и позволяющий обнаруживать людей и другие живые существа, как движущиеся, так и неподвижные (по движению грудной клетки), находящиеся за стеной или иной непрозрачной преградой. Основными достоинствами радиолокатора, отличающими его от наиболее известных зарубежных аналогов: RadarVision (США), Xaver 400 (Израиль) и Prism 200 (Великобритания) является его простота, малый вес и низкая стоимость. Эти отличия получены за счет простых и надежных схемных решений, а также за счет отказа от электронного сканирования пространства за преградой, то есть отказа от введения в состав радиолокатора сканирующей антенной решетки, позволяющей

производить угловое разрешения целей. Такое техническое решение было принято после многократных испытаний макетов и образцов радиолокатора совместно с его основными потребителями – подразделениями специального назначения различных силовых ведомств России. Небольшой и легкий прибор, управляемый одной кнопкой включения питания и обслуживаемый одним оператором без специальной подготовки позволяет вести наблюдение под разными углами путем его ручного поворота в нужном угловом направлении. Опытный оператор за короткое время наблюдения производит угловую селекцию целей, достаточную для проведения операций.

Низкая стоимость радиолокатора и большее время непрерывной работы, полученные за счет отказа от сложной системы электронного сканирования луча, позволяют сделать прибор массовым и оснастить им большее количество потребителей.

Радиолокатор излучает импульсы длительностью 2 нс (ширина полосы частот 500 МГц) на центральной частоте спектра 3.5 ГГц с частотой повторения 5 МГц. Импульсная излучаемая мощность 0,5 Вт при средней излучаемой мощности 5 мВт. Динамический диапазон приемника составляет 70 дБ, а антенна обеспечивает обзор пространства в телесном угле $60^0 \times 30^0$. Обнаружитель радиолокатора построен по схеме, представленной на рисунке 1[4].

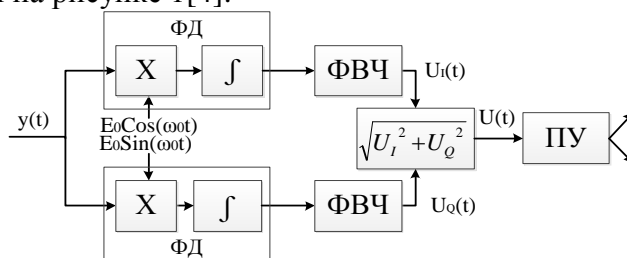


Рис. 1. Структура обнаружителя с квадратурными каналами.

Использование фазового детектирования позволяет обнаруживать изменение фазы на один градус, что для сигнала частотой 3.5 гигагерца соответствует перемещению объекта на расстояние менее миллиметра. Этого достаточно, чтобы обнаружить человека, находящегося в покое, по движению, которое совершает грудная клетка во время дыхания. Дальность до строба, в котором производится поиск, устанавливается микропроцессором, который последовательно перемещает строб на расстояниях от 0 до 10м с шагом 0,3м. Время обнаружения движущегося человека с момента его появления в стробе не превышает 1-1,5 с. Для обнаружения неподвижного человека необходимо время до 3-3,5 с. Обзор пространства происходит несколько раз на протяжении времени наблюдения. Таким образом, в каждом положении строба микропроцессор накапливает в памяти значения обеих квадратур для последующей обработки.

Ниже приведены результаты построения траектории движения грудной клетки человека, находящегося за кирпичной стеной толщиной 50 см в состоянии покоя, с помощью алгоритма, рассмотренного в [5]. На рисунках 2 и 3 показаны графики зависимостей напряжения двух квадратур от времени. Рис. 4 отображает данные двух квадратур на векторной плоскости.

На рис. 5 и 6 приведены восстановленная траектория движения грудной клетки и спектр полученного сигнала. Восстановленный сигнал и его спектр соответствуют параметрам реального движения грудной клетки.

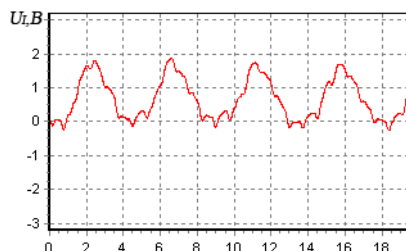


Рис. 2. Зависимость напряжения от времени на выходе первого квадратурного канала.

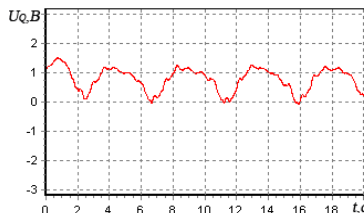


Рис. 3. Зависимость напряжения от времени на выходе второго квадратурного канала.

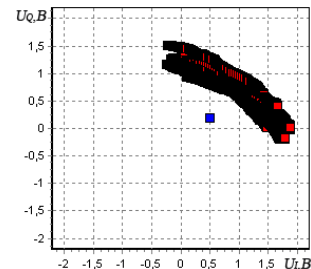


Рис. 4. Векторная плоскость по данным двух квадратур.

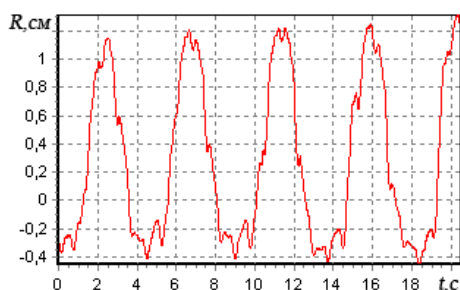


Рис. 5. Траектория движения грудной клетки человека.

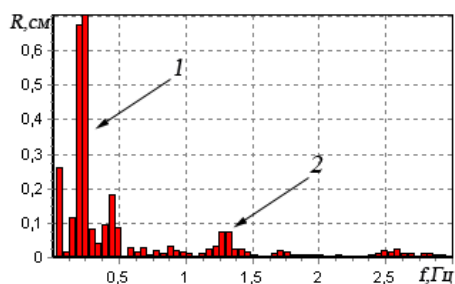


Рис. 6. Спектр траектории движения грудной клетки человека. 1 – частота дыхания, 2 – частота сердцебиения.

Радиолокатор обнаруживает людей на расстоянии до 10 м за следующими типами стен:

- бетон толщиной 0,2 м;
- кирпич толщиной 0,4 м;
- каменная кладка толщиной 0,4 м;
- дерево толщиной 0,4 м.

Работа с радиолокатором показана на рис. 7.



Рис. 7. Работа с радиолокатором.

Чтобы устранить влияние движения рук оператора на результаты наблюдения, работа радиолокатора может производиться с переносной легкой опоры. Корпус макета

радиолокатора обеспечивает его защиту от пыли и влаги и выдерживает механические нагрузки в соответствии с действующими нормами.

НИЦ СШП МАИ выпущен полный комплект рабочей конструкторской и технологической документации на радиолокатор.

Летом 2010-ого года радиолокатор прошел испытания в подразделениях МВД [7], и в ближайшее время предполагается его принятие на снабжение органов внутренних дел. Прибор может успешно применяться при проведении антитеррористических мероприятий.

В 2012 был усовершенствован и переведен на печатную микрополосковую антенну, что позволило существенно уменьшить габариты и вес прибора, а также дало возможность формировать на его основе многопозиционную радиолокационную систему для обнаружения людей под развалинами зданий и сооружений, под завалами и лавинами.

В период с 24 января по 1 февраля 2013 года Министерство внутренних дел России, совместно с Управлением по обеспечению безопасности крупных международных и массовых спортивных мероприятий МВД России г. Сочи провели натурные испытания специальных технических средств для обеспечения общественного порядка и безопасности в период Олимпиады-2014. В испытаниях принимали участие и представители НИЦ СШП МАИ.

НИЦ СШП МАИ представлял на испытаниях сверхширокополосный радиолокатор для обнаружения людей за стенами. Прибор показал надежное обнаружение за стенами как одного человека, так и группы людей, расположенных на расстояниях до 10 метров за стеной. Сотрудники МВД отметили высокую эффективность прибора, а также неоценимую помощь сверхширокополосных устройств при проведении розыскных и оперативных мероприятий.

Работа, в результате которой были получены представленные результаты, проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного контракта №07.524.11.4011.

Литература

1. «Биорадиолокация» (под редакцией А.С. Бугаева, С.И. Ивашова, И.Я. Иммореева). Издательство МГТУ имени Н. Э. Баумана. 2010 г.
2. Обнаружение и дистанционная диагностика людей за препятствиями с помощью РЛС./ Бугаёв А.С., Васильев И.А., Ивашов С.И. и др. // Радиотехника. – 2003. - №7. - С. 42-47.
3. I. Immoreev, “Radar Observation of Objects, which Fulfill Back-and-Forth Motion”. В книге «Ultra-Wideband, Short Pulse Electromagnetics 9». Springer, New York, Dordrecht, Heidelberg, London, 2010.
4. Финкельштейн М. И. Основы радиолокации: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1983. – 536 с. Ил.
5. Охотников Д.А. «Селекция движущихся целей, совершающих возвратно-поступательное движение». Успехи современной радиоэлектроники, №10, 2011.
6. Охотников Д.А. Особенности радиолокационного обнаружения целей, совершающих возвратно-поступательное движение // Сборник докладов 5й Международной конференции «Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals». Ukraine, Sevastopol, 6-10 September, 2010. Материалы конференции. – Москва: Стр. 154 – 157.
7. Иммореев И.Я. Сверхширокополосные радары. Особенности и возможности, Радиотехника и электроника, 2009, том 54, №1, стр. 5-31.