

ИЗМЕРЕНИЕ ПОРТРЕТОВ И СКОРОСТИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ СШП РАДАРА

Э.Г. Зиганшин

*Московский Авиационный Институт,
125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское ш., д.4
e-mail: zig@uwbgroup.ru*

В докладе приведены результаты измерений движущихся объектов с помощью СШП радара. Приведено описание радара, принцип его функционирования и технические характеристики. Описаны условия проводимых измерений. Представлены результаты измерений. Особенностью проведенных измерений является получение доплеровских сигналов движущихся объектов, линейные размеры которых превышают в несколько раз разрешающую способность радара.

The Paper contains results of moving targets measurements by UWB radar. The description of radar, a principle of operation and technical specification are presented. Conditions of measurements are described. Results of measurements are presented. Feature of the presented measurements: Doppler signals of linear moving targets which linear sizes exceed resolution of radar.

Введение. Одним из главных преимуществ СШП радиолокационных систем является высокая разрешающая способность по дальности [1]. Это позволяет не только разрешать по дальности (а при многопозиционной радиолокации и по углу [2]), но и измерять отражения от отдельных «блестящих точек» протяженных целей получая, таким образом, портрет цели [1]. Как правило, первичная обработка сигнала в существующих СШП радиолокационных системах строится с учетом обнаружения отражений неподвижных целей. Прежде всего, это весьма распространенные радары подповерхностного зондирования [3]. Но существуют и системы, основной задачей которых является обнаружение и измерение движущихся объектов. Одной из таких СШП радиолокационных систем является серия радаров Radar Vision фирмы Time Domain [4].

На кафедре 44-3 МАИ был создан макет СШП радара предназначенной для измерения движущихся объектов. В данном докладе представлен материал, посвященный краткому описанию принципов построения данного радара и результатам проведенных с помощью него измерений.

Описание радара. Радар выполнен по схеме с отдельными приемной и передающей антеннами. Структурная схема радара показана на рисунке 1. Приемник имеет жесткую синхронизацию с генератором для обеспечения когерентной обработки. Плата обработки сигнала и управления осуществляет высокоскоростную (на частоте повторения импульсов) обработку сигнала. Результат обработки выводится в виде осциллограммы на экране персонального компьютера оператора. Фотография конструкции электронного модуля радара показана на рисунке 2.

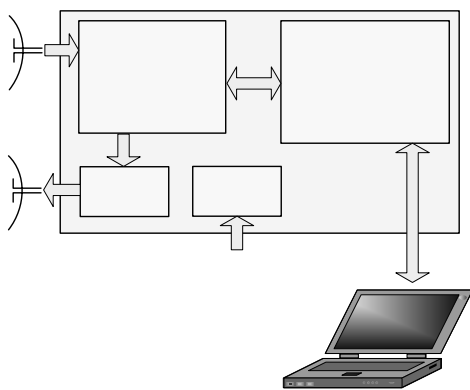


Рис. 1. Структурная схема СШП радара



Рис. 2. Конструкция электронного модуля

Функциональная схема обработки сигнала в приемнике показана на рисунке 3.

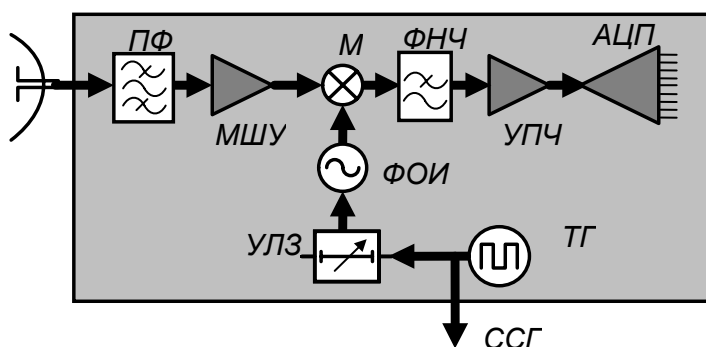


Рис. 3. Функциональная схема обработки сигнала в приемнике

Тактовый генератор (ТГ) приемника задает частоту повторения импульсов. Этот сигнал используется и для синхронизации сигнала генератора (ССГ) и для запуска формирования опорного импульса (ФОИ) приемника, чем достигается когерентность обработки. Для задания дальности работы радара используется задержка тактового сигнала в приемнике с помощью управляемых линий задержки (УЛЗ). Сигнал с антенны поступает на вход полосовых фильтров (ПФ), рассчитанных на полосу частот зондирующего сигнала, а далее на малошумящий усилитель (МШУ). С выхода МШУ сигнал поступает на вход фазового детектора (М + ФНЧ). Результат детектирования усиливается усилителем УПЧ и оцифровывается в АЦП. Таким образом, в систему обработки сигнала поступает в цифровом виде результат обработки эхосигнала в каждом периоде зондирования. В этой работе будут представлены результаты обработки такого сигнала по алгоритму скользящего среднего. Несмотря на простоту данного алгоритма, он позволяет наиболее наглядно показать суть работы данной РЛС.

Основные характеристики радара:

Диапазон частот сигнала зондирования (-3дБ):	1100 – 1400 МГц
Длительность импульса зондирования по полувысоте:	2.5 нс
Мощность импульса зондирования:	~2.5 Вт
Частота повторения импульсов зондирования:	400 кГц
Средняя за период излучения мощность передатчика:	~2.5 мВт
Максимальная дальность измерений:	320 м
Точность установки строга дальности:	3.75см
Ширина ДН антенн:	23° в обеих плоскостях

Принцип работы системы. Текущий контролируемый радаром участок пространства ограничивается диаграммами направленности антенн, разрешающей способностью радара по дальности dR (определяемой длительностью импульса зондирования) и текущей дальностью обнаружения R_C . Назовем его стробом. Схематично строб СШП радара показан на рисунке 4.

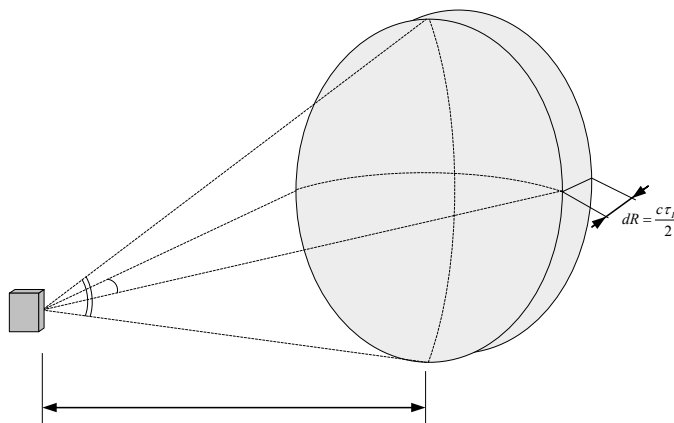


Рис. 4. Строб СШП радара

Созданный радар может одновременно контролировать только один строб (на одной дальности). Принцип функционирования радара следующий: строб радара выставляется на определенную дальность и включается режим измерения. Непрерывный поток сигнала поступает в систему обработки (или оператору). Сигнал может быть как от неподвижных объектов в стробе (постоянная составляющая), так и от движущихся целей (измеряемых или помеховых объектов). По анализу сигнала (оператором или автоматизированной системой) происходит смена строба для сопровождения измеряемых целей, уменьшения влияния помеховых объектов или для смены контролируемого сектора наблюдения.

Ширина строба радара $dR=0.4\text{ м}$ меньше протяженности измеряемых объектов. Поэтому главной особенностью результатов измерений является получения дальностных портретов проходящих через строб объектов. На рис. 5 представлена осциллограмма сигнала радара при прохождении через строб цели с двумя ярко выраженными блестящими точками (обведены пунктирными овалами). Частота колебаний равна доплеровскому смещению частоты вызванной движением цели.

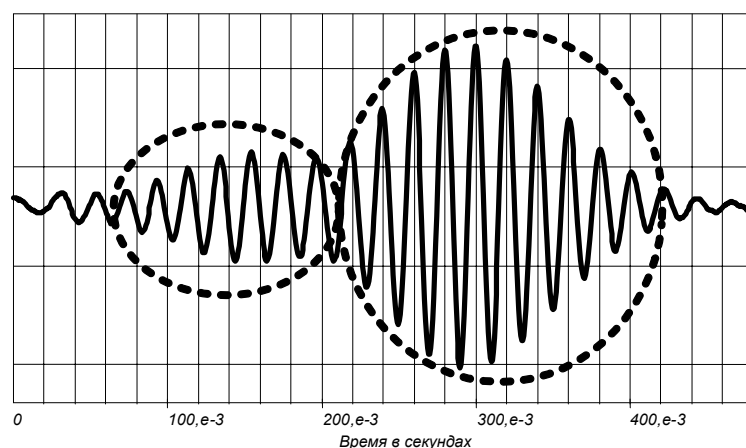


Рис. 5. Сигнал от цели с двумя выраженными блестящими точками

Условия измерений. Измерения производились на железнодорожной (ЖД) сортировочной станции. Радар устанавливался на мачте, на высоте 12 метров. Антенны направлялись на один из ЖД путей (рис. 6, 7).

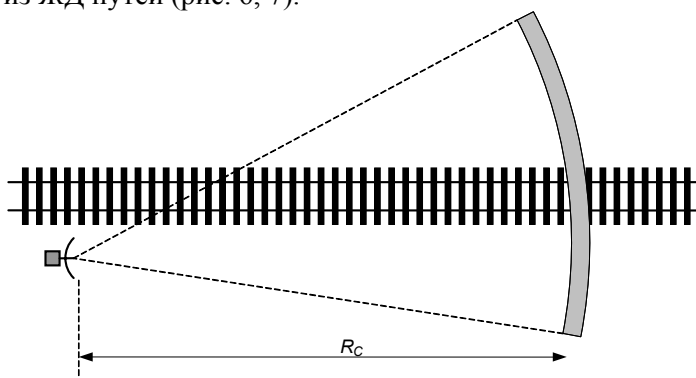


Рис. 6. Схема измерений. Вид сверху



Рис. 7. Вид со стороны антенн

Различные вагоны проводились по пути локомотивом. Между вагоном и локомотивом всегда находилась пустая платформа. Измерения проводились при движении сцепки от радара.

Результаты измерений различных ЖД вагонов. Ниже на рисунках 8 - 11 представлены осциллограммы сигналов полученные при прохождении различных отцепов через строб радара при различных условиях. Условия измерений указаны в подрисуночных подписях.

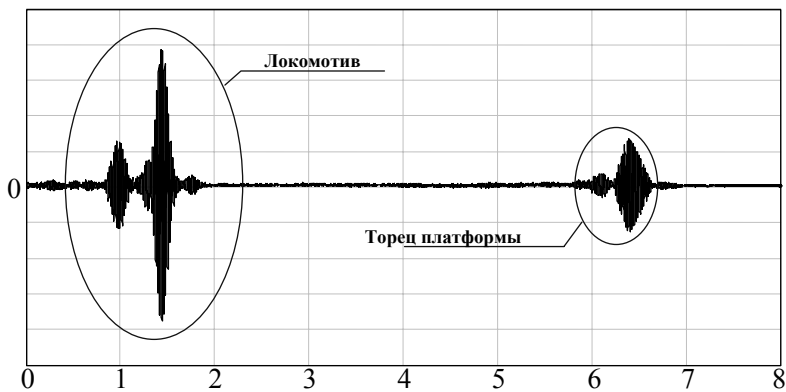


Рис. 8. Сцепка локомотив-платформа-платформа.
 $R_C=190\text{м}$. $V=6\text{м/с}$



Рис. 9. Фото сцепки

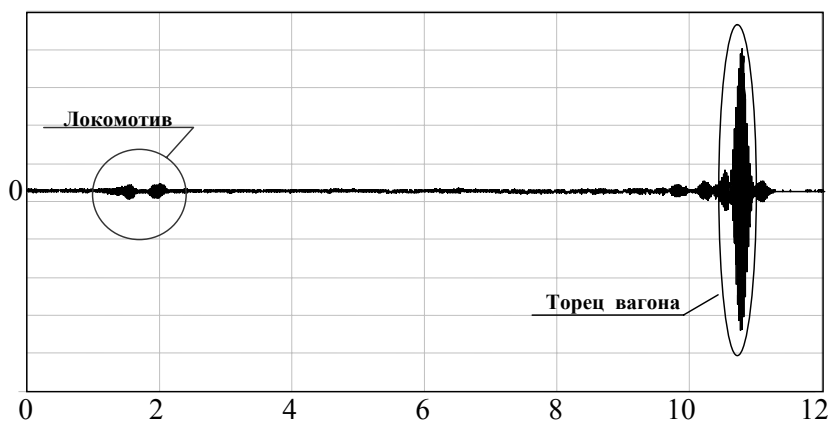


Рис. 10. Сцепка локомотив-платформа-цельнометаллический вагон. $R_C=190\text{м}$. $V=6\text{м/с}$



Рис. 11. Фото сцепки

На рисунке 12 показан фрагмент сигнала при прохождении через строб радара ЖД состава, состоящего из цистерн. На осциллограмме видны портреты трех цистерн (обведены пунктирными овалами).

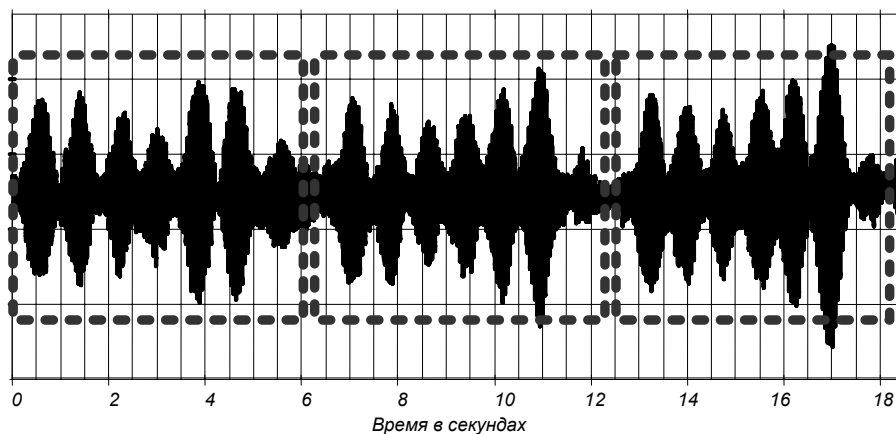


Рис. 12. Фрагмент сигнала при прохождении через строб радара трех цистерн

Сигнал от маневрирующего в стробе РИ автомобиля, изображен на рисунке 13.

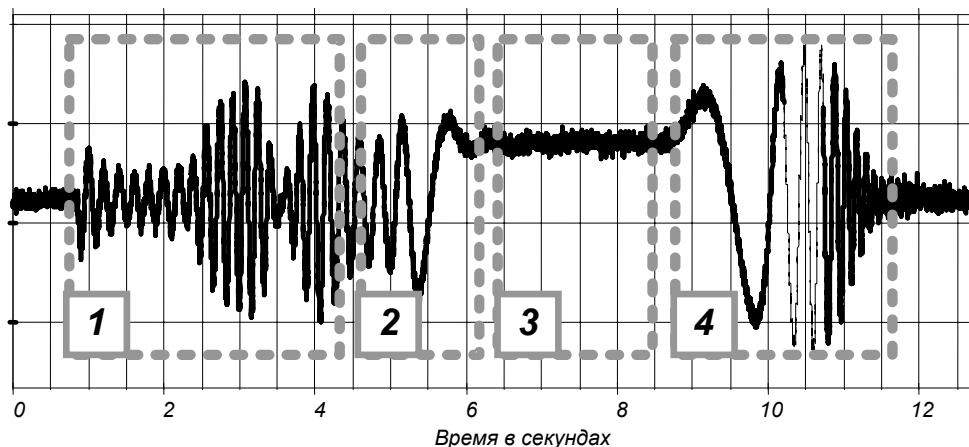


Рис. 13. Маневрирование грузового автомобиля в стробе радара

На рисунке 15 выделены следующие участки сигнала: 1 – въезд капота автомобиля в строб; 2 – замедление и остановка автомобиля в стробе (видно уменьшение доплеровского приращения частоты); 3 – неподвижный автомобиль в стробе (видно изменение постоянной составляющей); 4 – выезд автомобиля из строба задним ходом.

На рисунке 14 показан сигнал при прохождении через строб человека, взмахивающего металлическим листом площадью 0.15 м^2 . Овалами обведены фрагменты сигнала, соответствующие моментам взмаха листа.

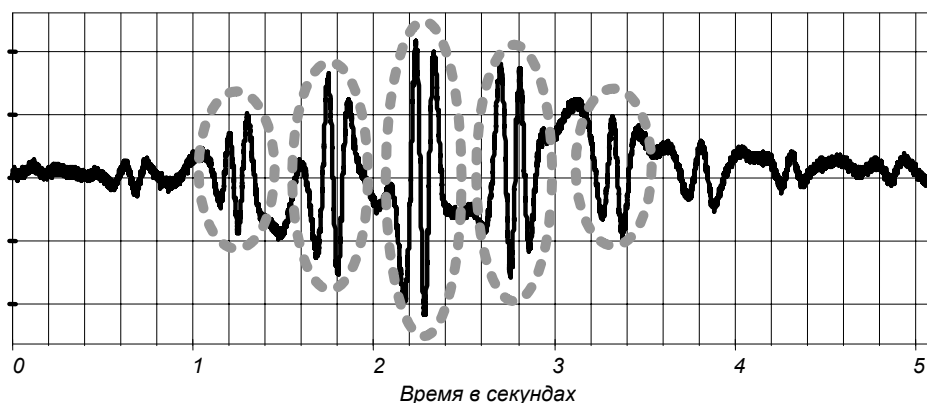


Рис. 14. Маневрирование грузового автомобиля в стробе радара

Заключение. Наблюдение за движущимися объектами с помощью СШП радара позволяет не только получить информацию о скорости объекта, но и получить дальностный портрет протяженных объектов, а так же информацию о точной дальности до объекта. Такое значительное повышение информативности позволяет эффективно использовать системы из нескольких совместно работающих радаров с целью контроля множества одновременно перемещающихся объектов на ограниченной территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иммореев И.Я. Сверхширокополосные радары: новые возможности, необычные проблемы, системные особенности. – Вестник МГТУ им. Баумана, Серия Приборостроение, Выпуск 4, 1998.
2. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. – М: Радио и связь. 1993.
3. Гринев А.Ю. Вопросы подповерхностной радиолокации. – М: Радиотехника. 2005.
4. Щербак Н.И. Сверхширокополосная радиолокация. Что это такое. Электроника МТБ. №3. 2002.