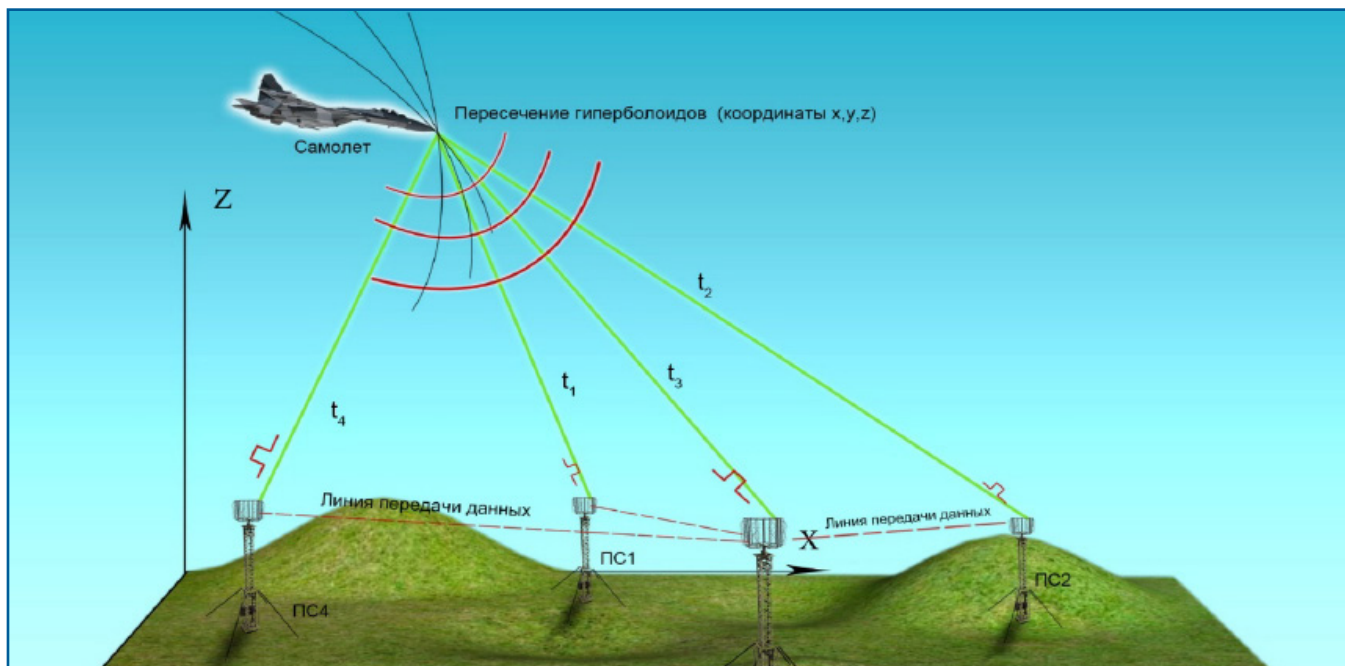
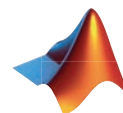


**УСКОРЕНИЕ РАЗРАБОТКИ
СИСТЕМ ЦОС В «КБ РАДАР»
ПРИ ПОМОЩИ
МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ**



ЗАДАЧА

Реализация алгоритмов ЦОС (цифровой обработки сигналов) для систем мониторинга воздушных целей на базе разностно-дальномерного метода (РДМ) местоопределения воздушных судов.

РЕШЕНИЕ

Разработка макета приемника для системы мониторинга сигналов на базе РДМ при помощи инструментов модельно-ориентированного проектирования MATLAB.

РЕЗУЛЬТАТ

Средства модельно-ориентированного проектирования пакета MATLAB позволили разработать макет блока приема и обработки данных для системы мониторинга сигналов на базе разностно-дальномерного метода за трехмесячный срок, сократив время на разработку в пять раз, по сравнению с традиционным подходом.

О КОМПАНИИ

Компания «КБ Радар» (Республика Беларусь) была образована в 2006 году, а в 2011 году образован холдинг «Системы радиолокации». В настоящий момент в состав холдинга входят: «КБ Радар» (в качестве управляющей компании) и «ГКБ ЛУЧ». Холдинг выполняет полный цикл работ – от разработки до производства и сопровождения эксплуатации радиолокационных систем и средств РЭБ (радиоэлектронной борьбы). Проекты любой сложности выполняются «под ключ» и подразумевают работы от проектирования до сервисного обслуживания и обучения специалистов.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

- Simulink
- Embedded Coder
- HDL Coder
- MATLAB Coder

ЗАДАЧА

Реализация алгоритмов ЦОС для систем мониторинга воздушных судов на базе разностно-дальномерного метода (РДМ).

Разностно-дальномерный метод используется для определения местоположения объекта в радиолокации и радионавигации. РДМ основан на разнесенном приеме сигналов источников радиоизлучений в четырех точках, с необходимостью измерения максимум трех независимых разностей времен относительно опорной точки и решения системы нелинейных уравнений для вычисления координат источника относительно координат приема.

Таким образом, благодаря РДМ можно по радиоизлучению определять местоположение, однако метод требует синхронной работы приемных каналов в абсолютной шкале времени.

РЕШЕНИЕ

Разработка макета приемника для системы мониторинга сигналов на базе РДМ при помощи инструментов модельно-ориентированного проектирования MATLAB.

В работе над проектом принимали участие четыре разработчика, специализирующихся в области разработки приемных устройств и реализации алгоритмов ЦОС для встраиваемых систем.

В качестве аппаратной платформы был выбран комплект разработки SDR от компании «Ettus». Такой выбор был обусловлен его характеристиками – достаточно широким рабочим частотным диапазоном (до 6 ГГц), мгновенной полосой (до 56 МГц) и наличием встроенного GPS-синхронизатора со значением RMS не более 30 нс, обеспечивающего точность определения местоположения порядка 50-ти метров.

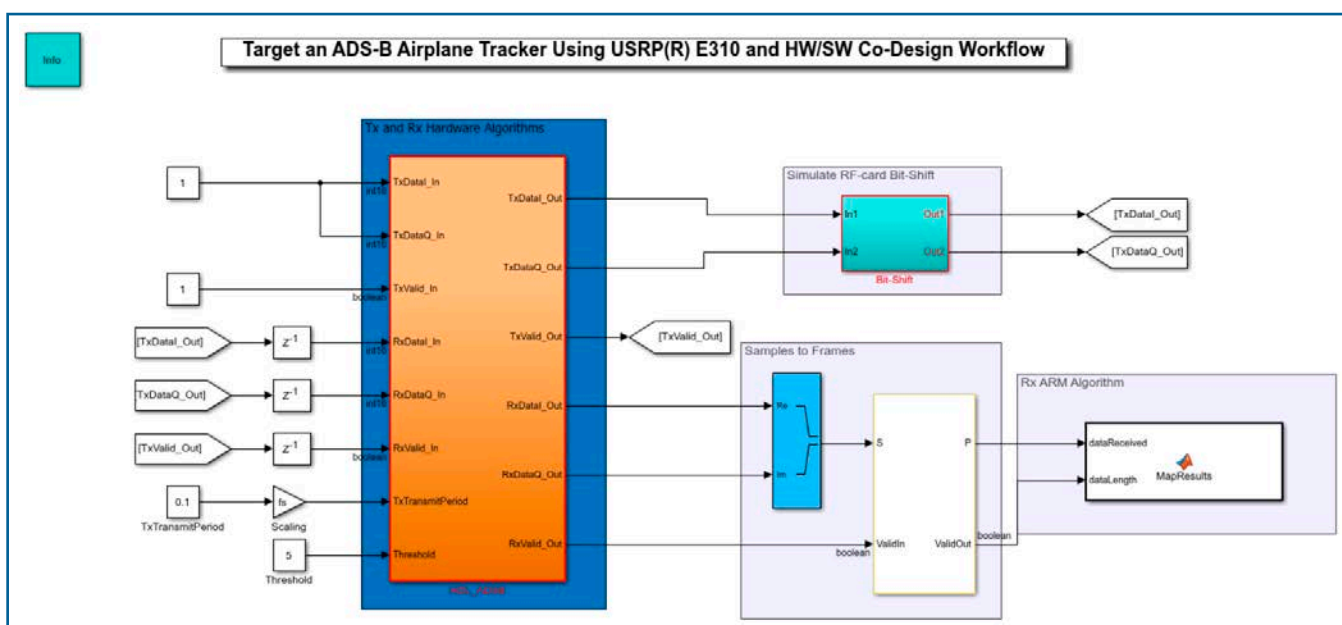


Рис. 1. Пример системы мониторинга воздушного судна (ВС) на платформе USRP E310

На первом этапе была разработана системная модель в Simulink, включая каналы распространения сигнала. Выполнено описание РЧ-тракта в *RF Blockset* (в составе SDR используется радиочастотный трансивер AD9361) и разработана модель блока цифровой обработки сигнала.

На следующем этапе была разработана модель, реализующая прием, оцифровку и обработку сигналов для выбранной целевой платформы. В процессе работы решались следующие задачи: преобразование типов данных (перенос в формат *Fixed Point*) в *Fixed Point Designer*; алгоритмизация модулей ЦОС для размещения на ПЛИС в кристалле Zynq 7020; обеспечение взаимодействия между ARM и ПЛИС по интерфейсу AXI4 для выполнения вторичной обработки с помощью пакета поддержки аппаратной платформы ZedBoard.

На третьем этапе генерировалось IP-ядро и создавалось приложение для ARM-процессора с помощью *Embedded Coder*. Использование инструментов MATLAB позволило автоматизировать процесс экспорта ядер в Reference Framework для логической и процессорной составляющих аппаратных ресурсов кристалла целевой платформы. На базе платформы формировался загрузочный модуль для конфигурирования ПЛИС и запуска приложения ARM-части в составе SDR USRP E310.

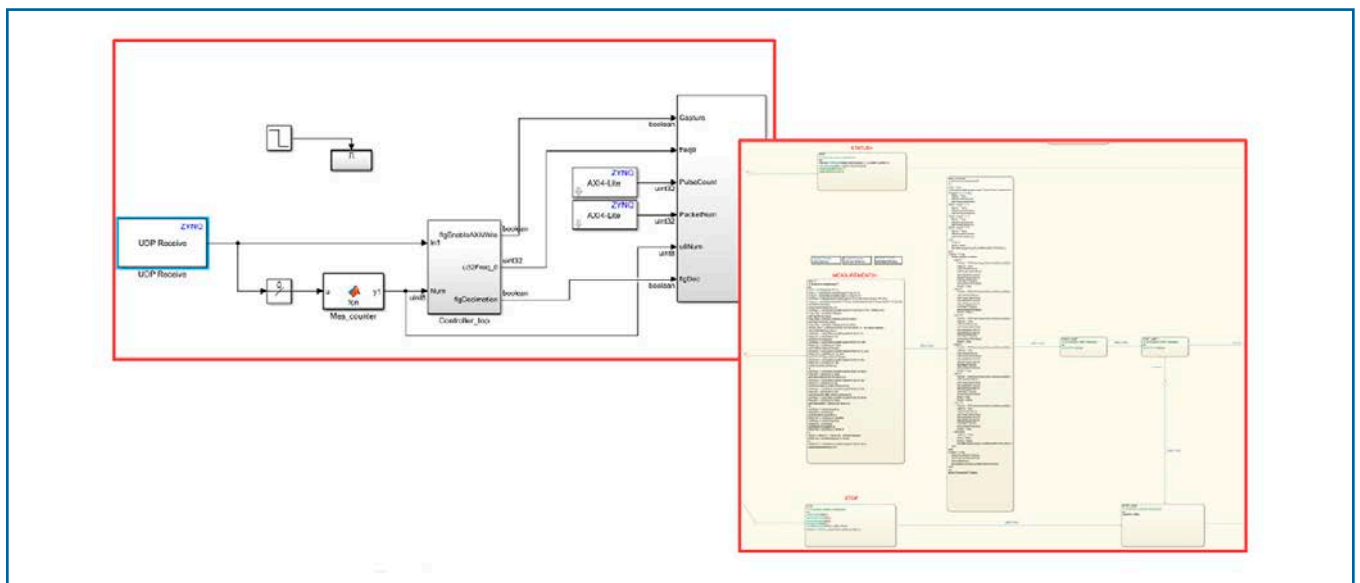


Рис. 2. Фрагмент модели для ARM-процессора из состава системы на кристалле Zynq 7020

На завершающей стадии для ARM-процессора был создан обработчик Ethernet-пакетов для обеспечения взаимодействия с ПО верхнего уровня на основе стандартных библиотечных блоков Simulink (*DSP System Toolbox, Communications Toolbox*). Реализация обработчика Ethernet-пакетов осуществлялась с использованием диаграмм состояний *Stateflow*.

Для тестирования IP-ядра была создана тестовая модель-обвязка (Harness-модель), в которой задавались внешние возмущающие воздействия для различных параметров сигналов и условий распространения.

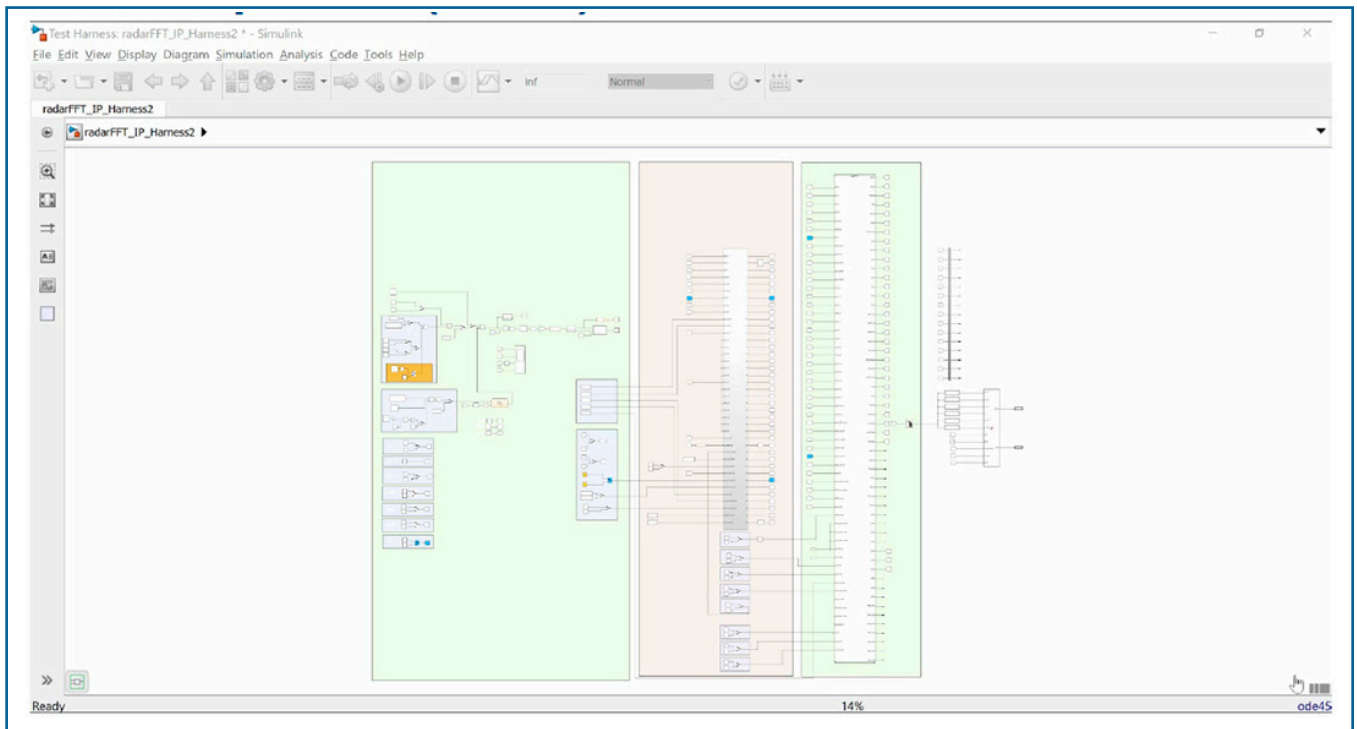


Рис. 3. Тестовая модель IP-блока детектирования сигналов

Блок позволяет выполнять определение частотных и временных параметров принимаемых сигналов за счет использования быстрого преобразования Фурье (БПФ), фильтрации и вычисления взаимно-корреляционных функций по каждому из каналов (до 4-х). Определение временного положения осуществляется за счет синхронизации тактового генератора с помощью встроенного приемного модуля GPS. Результат работы блока выгружается на ARM-ядро через AXI-шину для решения нелинейных уравнений и определения местоположения объекта.

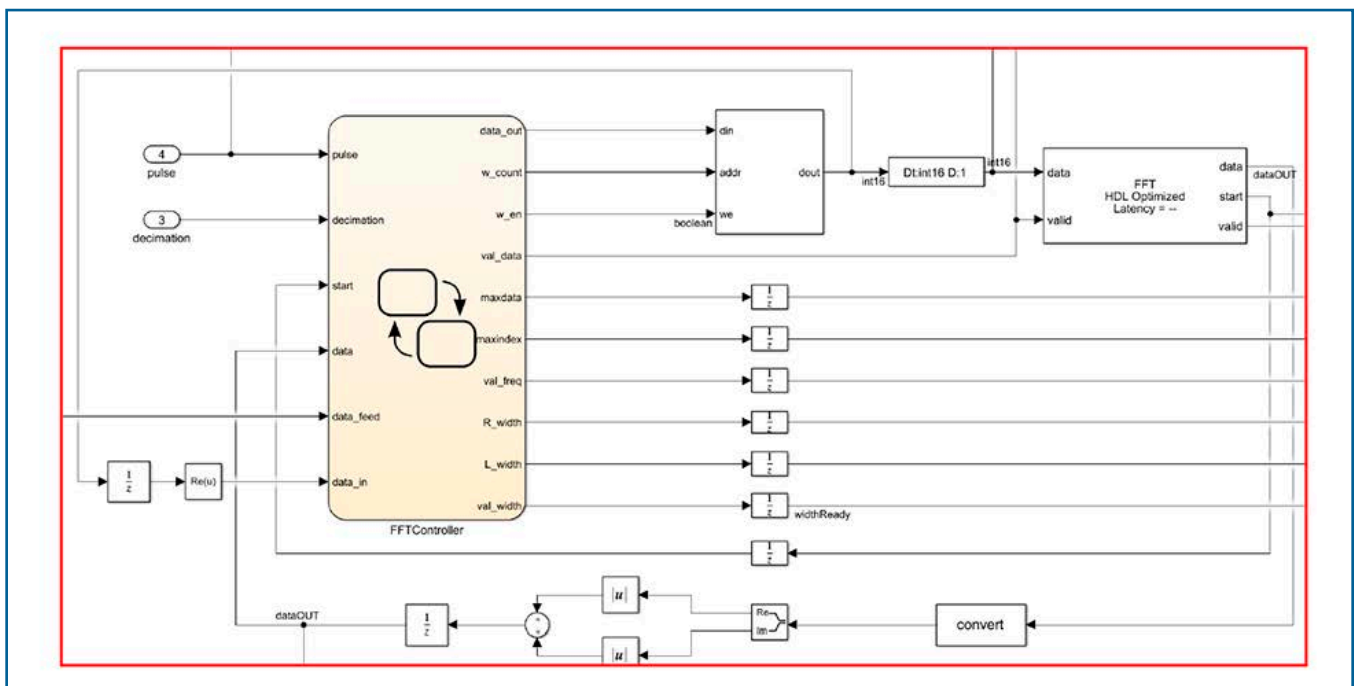


Рис. 4. Фрагмент реализации блока

Для выполнения проекта использовались стандартные блоки из библиотеки Simulink, совместимые с *HDL Coder*, установленные с помощью инструментов расширения (*Support Package*) для платформы SDR USRP E310.

Для создания прошивки использовался стандартный механизм конфигурации ПЛИС *HDL Workflow Advisor*, а для ARM-ядра – *Embedded Coder*.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

- Simulink
- Communications Toolbox
- Filter Design HDL Coder
- Signal Processing Toolbox
- Simulink Coder
- DSP System Toolbox
- Fixed-Point Designer
- HDL Verifier
- Stateflow
- Embedded Coder
- HDL Coder
- MATLAB Coder

РЕЗУЛЬТАТ

Средства модельно-ориентированного проектирования пакета MATLAB позволили разработать макет блока приема и обработки данных для системы мониторинга сигналов на базе разностно-дальномерного метода за трехмесячный срок с отклонением реальных результатов от модельных менее 10%.



Рис. 5. Результаты работы системной модели по определению местоположения

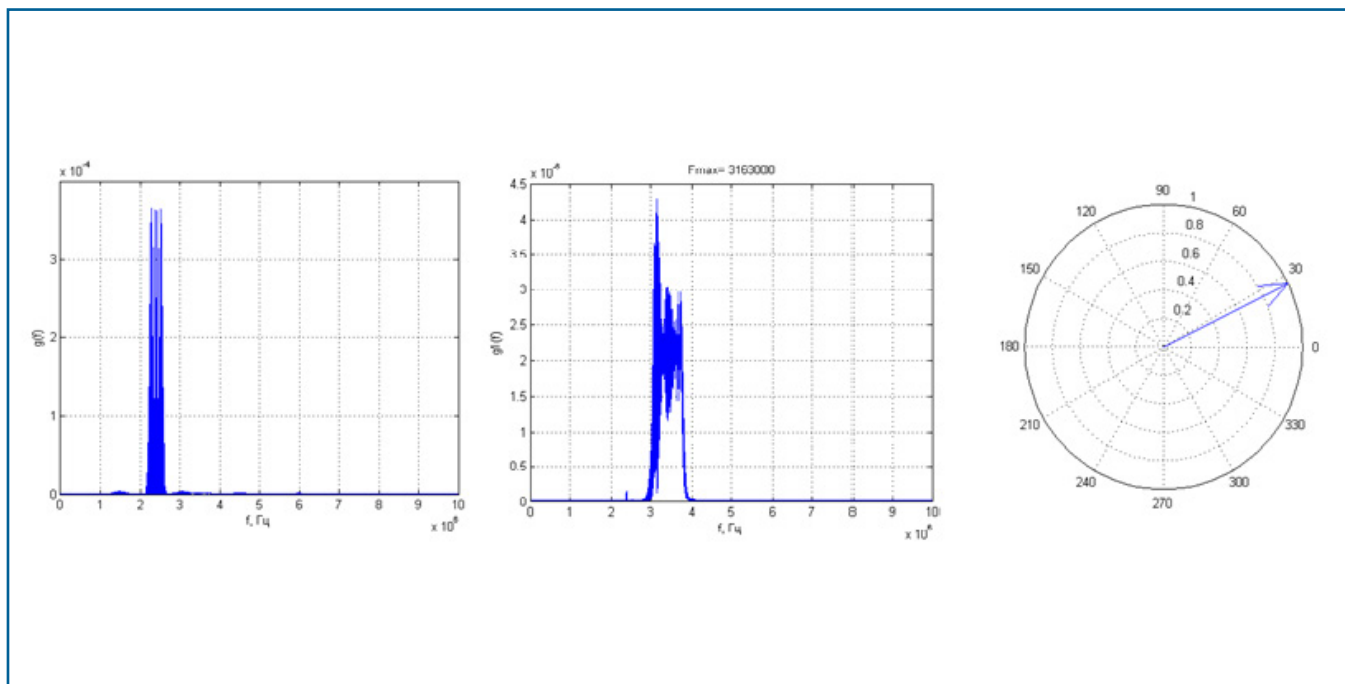


Рис. 6. Пеленгование сигналов в сложной помеховой обстановке (истинное направление - 23 град., результат - 26.5 град., ошибка - 3.5 град.)

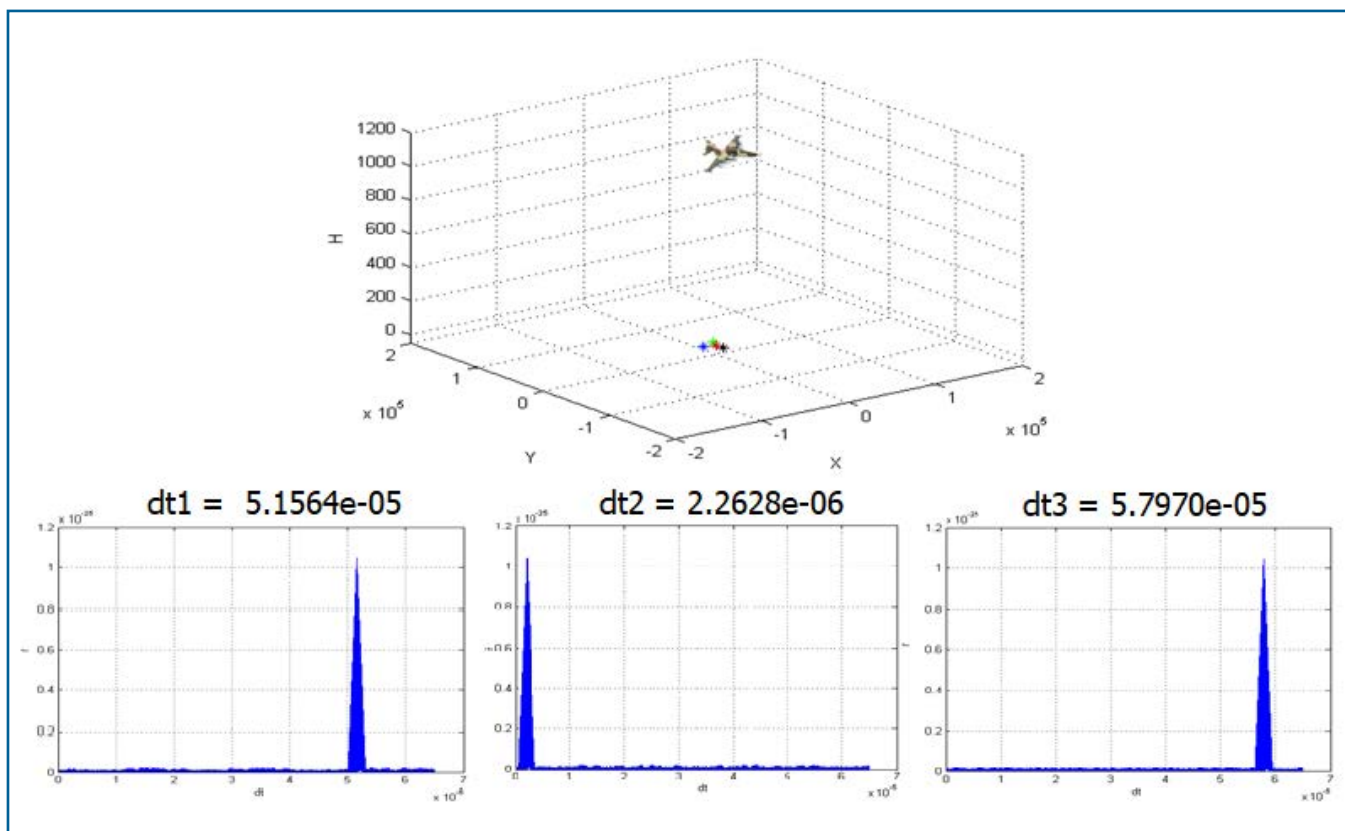


Рис. 7. Результаты моделирования местоопределения ВС при отношении С/Ш = 16 дБ

При этом разработка подобного комплекса с использованием традиционного подхода без использования модельно-ориентированного проектирования с аналогичными результатами заняла около 15 месяцев, т.е. скорость разработки увеличена в пять раз.


«КБ Радар» сотрудничает с ЦИТМ «Экспонента» уже более трех лет. За это время выполнено три совместных проекта, включая пилотный проект и две законченные разработки:

- ✓ модуль синхронизации основного канала комплекса формирования имитирующих сигналов высокой достоверности для обзорных РЛС;
- ✓ модуль формирования тестовых сигналов для оценки помехоустойчивости систем связи в диапазоне 400-800 МГц.


В результате взаимодействия с ЦИТМ «Экспонента» компания «КБ Радар» перешла на модельно-ориентированное проектирование в кратчайшие сроки.

**ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БОЛЕЕ ПОДРОБНОЙ ИНФОРМАЦИИ ИЛИ
ЗАКАЗА АНАЛОГИЧНОГО ПРОЕКТА, ОБРАЩАЙТЕСЬ:**



 exponenta.ru

 info@exponenta.ru

 +7 (495) 009-65-85



 kbradar.by

 info@kbradar.by