

УДК 621.396.96

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА АДАПТИВНОЙ КОГЕРЕНТНОЙ КОМПЕНСАЦИИ СИГНАЛА, ОТРАЖЕННОГО ОТ КОРПУСА АВТОМОБИЛЯ ПРИ ПОСТРОЕНИИ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ПОРТРЕТА КОЛЕСА

А.С. ГЕЙСТЕР

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

*Поступила в редакцию 12 августа 2013*

Одним из путей повышения информативности мониторинга дорожного движения является получение информации о классе (типе) наблюдаемого автомобиля. Такую информацию можно получить на основе формирования радиолокационных портретов корпуса и колесного тракта автомобиля. В статье представляются результаты исследований возможностей формирования портрета колеса автомобиля с устранением влияния сигнала корпуса путем когерентной компенсации. Исследования выполнены путем математического моделирования.

*Ключевые слова:* синтез апертуры антенны, автомобиль, адаптивная компенсация.

### Введение

Развитие техники мониторинга объектов, перемещающихся в пространстве, направлено на увеличение объема и качества информации о наблюдаемых объектах, получаемой в результате обработки и анализа полей различной природы.

Одним из очевидных подходов к увеличению объема информации является повышение разрешающих способностей радиолокационных средств по координатам пространства. Повышение разрешения по координатам пространства требует увеличения соответствующих параметров пространственной (пространственные размеры передающей и приемной антенн) и временной (ширина спектра, длительность когерентной структуры) структур полей и сигналов на передачу и прием. Реализация такого подхода является сравнительно дорогостоящей.

Другим, более интересным и сравнительно новым подходом, является сверхразрешение и построение изображений объектов или элементов объектов с помощью синтезирования апертуры антенны (САА).

Стоит отметить, что при использовании классических алгоритмов САА невозможно полноценное наблюдение объектов и элементов объектов, совершающих поступательно-вращательные движения. Это объясняется тем, что классический подход к САА основан на компенсации набега фаз при поступательном движении наблюдаемых объектов.

В [1] предложено обеспечивать увеличение объема информации об автомобилях в активных наземных радиолокационных датчиках (РЛД) мониторинга дорожного движения на основе построения радиолокационного изображения колес автомобиля. Объем информации, извлекаемой системой из принятого сигнала (ПС), напрямую определяется детальностью математических и статистических моделей полезной и помеховой составляющих сигнала. Эти модели содержат информацию о конструктивных особенностях объектов мониторинга и характеристиках помех. Требуемые модели, которые используются для синтеза алгоритмов адаптации системы к априорно неизвестным параметрам и алгоритмов обработки ПС, разработаны в [1]. В [2] описан новый способ и алгоритм сверхразрешения элементов

колесного тракта движущихся автомобилей в приложении к малогабаритным РЛД мониторинга дорожного движения на основе обращенного синтеза апертуры антенны (ОСАА).

В ходе исследований установлено негативное влияние сигнала корпуса автомобиля на формирование портрета элементов колесного тракта, которое предложено снизить путем адаптивной когерентной компенсации сигнала корпуса [3]. В данной работе представляются результаты исследований возможностей формирования портрета колеса автомобиля с устранением влияния сигнала корпуса путем когерентной компенсации, выполненные путем моделирования.

### Постановка задачи исследований

Исходные данные для моделирования: количество элементов азимутальной матрицы  $J=100$ , протяженность элемента азимутальной матрицы  $\Delta x=0,1$  м, длина корпуса автомобиля  $L=4$  м, центр корпуса автомобиля помещен в центр азимутальной матрицы обзора  $j_c=50$ , центры колес расположены в элементах  $j=35$  и  $j=65$  (см. рис. 1), амплитудное распределение отражений от корпуса автомобиля – равномерное по всей протяженности корпуса, внешний радиус колеса  $R_1=0,28$  м, внутренний радиус –  $R_2=0,12$  м, количество отражателей на внешнем радиусе колеса  $N_1=8$ , количество отражателей на внутреннем радиусе  $N_2=3$  (см. рис. 2), количество точек фокусировки на поверхности колеса  $M=100$ , скорость автомобиля  $V_t=20$  м/с, начальное положение центра азимутальной матрицы  $x_0=20$  м, расстояние до проезжей части  $y_0=80$  м, частота дискретизации ПС  $f_s=48$  кГц, время синтеза  $T_{syn}=0,8$  с, длина волны зондирующего сигнала  $\lambda=1,25$  см.

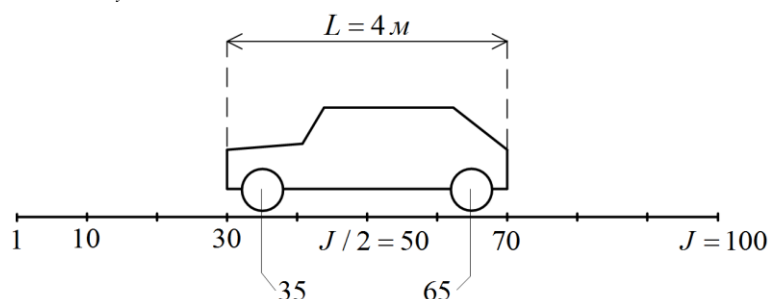


Рис. 1. Расположение моделируемого автомобиля относительно азимутальной матрицы обзора

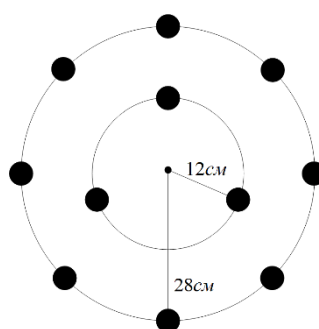


Рис. 2. Схематическое изображение моделируемого колеса автомобиля

При проведении моделирования мощность суммарного сигнала, отраженного от корпуса автомобиля, принималась в 80 раз большей суммарной мощности сигнала, отраженного от колеса.

Предварительные исследования показали, что для удовлетворительной компенсации сигнала, отраженного от корпуса автомобиля, требуется двукратное использование алгоритма компенсации сигнала корпуса [3]. Для иллюстрации этого факта в данной работе при исследованиях использованы алгоритмы формирования радиолокационного портрета (РЛП)

колеса автомобиля как с однократной, так и с двукратной когерентной компенсацией сигнала корпуса. Заметим, что под радиолокационным портретом понимается совокупность квадратов модулей комплексных амплитуд сигналов  $|\xi_n|^2, n = \overline{1, N}$ , полученных в соответствующих  $N$  элементах разрешения.

### Результаты моделирования и их анализ

На рис. 3 представлены портреты корпуса, построенные с использованием:

- исходного суммарного сигнала, включающего сигнал корпуса и сигналы, отраженные от двух колес (РЛП 1),
- сигнала, подвергнутого одиночному вычитанию сигнала корпуса (РЛП 2),
- сигнала, подвергнутого двукратному вычитанию сигнала корпуса (РЛП 3).

Как видно из рис. 3, подавление сигнала корпуса в случае однократной компенсации составляет порядка 30–50 дБ, а при двукратной компенсации – 60–80 дБ.

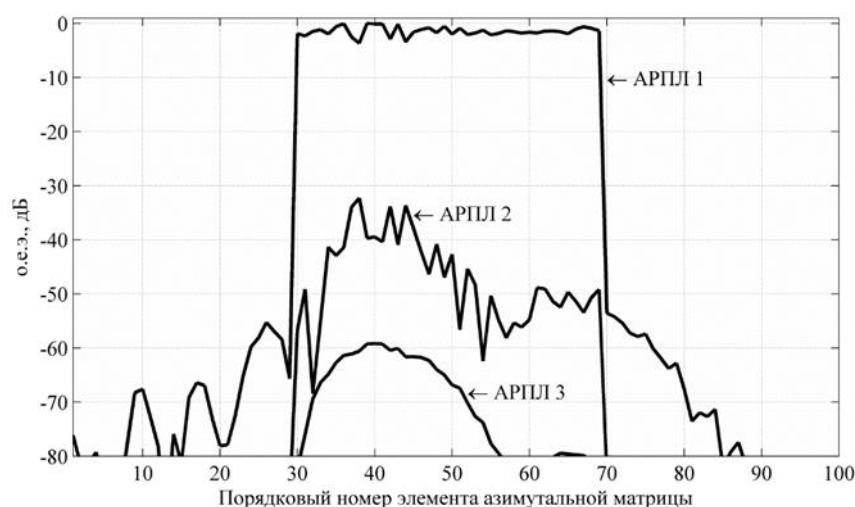


Рис. 3. РЛП, построенные с использованием исходного сигнала и сигналов с компенсацией составляющей корпуса

На рис. 4 представлен срез РЛП ближайшего к радиолокатору колеса приближающегося автомобиля по внешнему радиусу. На рисунке в последовательности сверху вниз представлены следующие портреты:

- срез РЛП колеса при отсутствии сигнала корпуса (идеальный случай);
- срез РЛП колеса без компенсации корпусной составляющей;
- срез РЛП колеса после однократной компенсации сигнала корпуса;
- срез РЛП колеса после двукратной компенсации сигнала корпуса.

На рис. 5 представлен срез РЛП колеса по внутреннему радиусу последовательности, аналогичной рис. 4.

Результаты моделирования показали следующее:

- оптимальное значение кратности когерентной компенсации сигнала, отраженного от корпуса движущегося автомобиля, равно двум;
- способ когерентной компенсации сигнала корпуса с двукратным вычитанием позволяет уменьшить уровень сигнала корпуса примерно на 60–80 дБ.

В итоге исследования установлено, что применение предложенного [3] способа адаптивной когерентной компенсации сигнала корпуса существенно повышает качество формирования РЛП колес автомобиля.

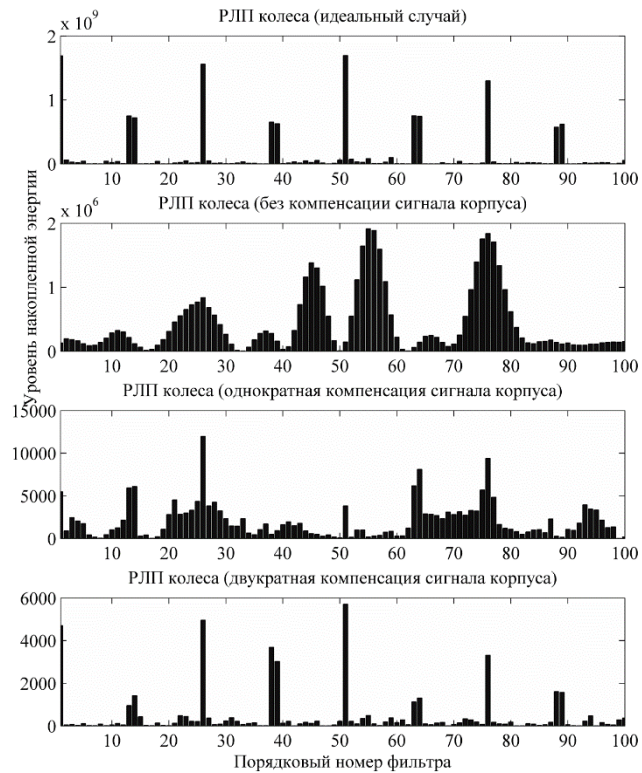


Рис. 4. Срез РЛП переднего колеса по внешнему радиусу

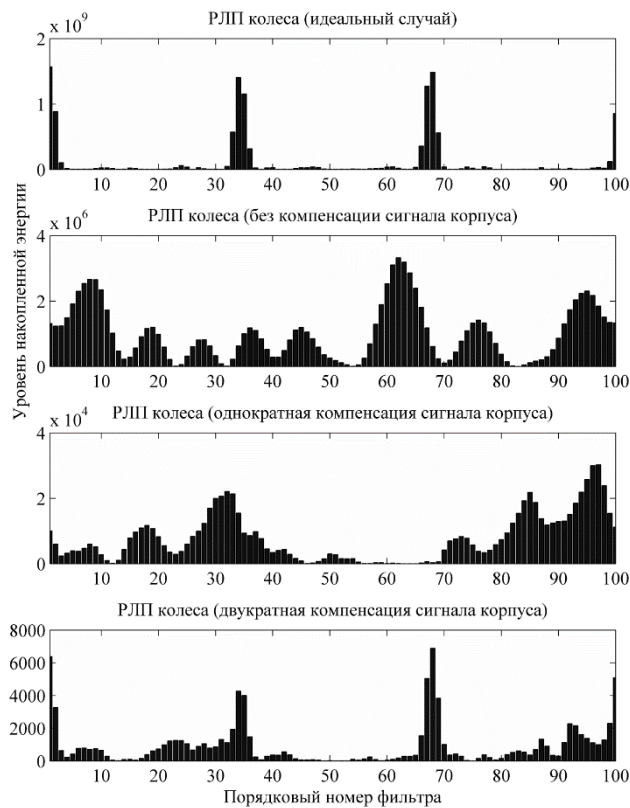


Рис. 5. Срез РЛП переднего колеса по внутреннему радиусу

## **Заключение**

Качество построения портрета колеса существенно снижается из-за проникновения в каналы обработки принятого сигнала отражений от корпуса автомобиля, мощность которых в десятки – сотни раз превышает мощность сигналов, отраженных от колес. Предложен способ адаптивной когерентной компенсации сигнала, отраженного от корпуса автомобиля, основанный на выделении временной структуры сигнала корпуса с помощью адаптивного к параметрам движения автомобиля алгоритма обращенного синтеза апертуры антенны с полной фокусировкой и его вычитание из исходного принятого сигнала. На основе предложенного способа разработан алгоритм, реализующий выделение сигнала корпуса и его вычитание.

Работоспособность способа и алгоритма компенсации сигнала корпуса проверена путем математическое моделирование. Результаты моделирования показали, что применение предложенного способа когерентной адаптивной компенсации сигнала корпуса существенно улучшает качество формирования РЛП колес. В ходе исследований установлено, что для достижения удовлетворительного уровня подавления сигнала корпуса необходимо использовать двукратное вычитание.

## **THE RESULTS OF CAPABILITY STUDYING OF METHOD FOR ADAPTIVE COHERENT COMPENSATION OF SIGNAL REFLECTED FROM CAR BODY IN APPLICATION TO ISAR IMAGING OF CAR WHEELS**

A.S. HEISTER

### **Abstract**

Vehicle classification is one of the ways for improving performance of traffic monitoring systems. The classification may be achieved by analysis of radar images of car's body and wheels. The results of capability studying of radar image formation of the car's wheels using method for coherent compensation of signal reflected from car's body are presented in the article. The results are achieved using mathematical simulation.

### **Список литературы**

1. *Гейстер А.С.* // Докл. БГУИР. 2011. № 1 (55). С. 38–42.
2. *Гейстер А.С.* // Докл. БГУИР. 2011. № 6 (60). С. 68–73.
3. *Гейстер А.С.* // Докл. БГУИР. 2013. № 4 (74). С. 56–60.