

УДК 004.94:621.391

КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА

В.А. ПАЛЫЦЕВ, А.А. БЕЛОУС

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»
(г. Минск, Республика Беларусь)

E-mail: vitaliy_alex.p@mail.ru, Allexxion1981@gmail.com

Аннотация. Построены и проанализированы компьютерные модели пространственно-временных автокомпенсатора и автокогерентного накопителя в программе MATLAB-SIMULINK.

Abstract. Computer models of the space-time auto compensator and the auto coherent drive in the MATLAB-SIMULINK program are constructed and analyzed.

В РЛС с большой апертурой система междупериодной и междуканальной обработки сигнала на фоне коррелированных помех определяется пространственно-временной (ПВ) матрицей, которую можно представить в виде произведения двух сомножителей [1]

$$\|R_{kl\gamma\lambda}^y\| = \left[E + \left(\|Q_{kl\gamma\lambda}^f\| \cdot \|R_{kl\gamma\lambda}^x\| \right)^{-1} \right]^{-1} \|Q_{kl\gamma\lambda}^f\|, \quad (1)$$

где $\|R_{kl\gamma\lambda}^I\| = \|Q_{kl\gamma\lambda}^f\|$ – первый этап обработки входного сигнала, который определяется ПВ матрицей фона;

$\|R_{kl\gamma\lambda}^{II}\| = \left[E + \left(\|Q_{kl\gamma\lambda}^f\| \cdot \|R_{kl\gamma\lambda}^x\| \right)^{-1} \right]^{-1}$ – второй этап обработки входного сигнала, который определяется ПВ

матрица полезного сигнала и остатками фона. Учитывая изменения по пространству и времени параметров отраженного сигнала цели и помехи, оптимальная система обработки, согласно выражения (1), должна быть адаптивной, т.е. ее структура и параметры должны подстраиваться под входной сигнал. В настоящее время для решения этой задачи применяют пространственный и временной автокомпенсаторы подавления помехи, а также пространственный и временной автокогерентные накопители полезного сигнала. Недостатком данных технических решений является отсутствие ПВ системы самонастройки (ПВСС), которая бы учитывала пространственно-временную корреляцию сигнала цели и помехи и за счет этого повышала бы эффективность подавления сигнала помехи и накопление полезного сигнала [2,3].

Для проверки работоспособности и эффективности ПВ автокомпенсатора (ПВ-АК) и автокогерентного накопителя (ПВ-АКН) предложена их компьютерная модель в программе MATLAB-SIMULINK (рис. 1). Компьютерная модель включает в себя следующие подсистемы:

- модель формирования пакета из 10 радиоимпульсов цели, помехи и непрерывного шума (Block1);
- модель последовательно включенных пространственного АК (ПАК) и временного АК (ВАК) с коммутируемой ПВ системой самонастройки (ПВ автокомпенсатор);
- модель последовательно включенных пространственного АКН (ПАКН) и временного АКН (ВАКН) с коммутируемой ПВ системой самонастройки (ПВ автокогерентный накопитель);
- средства визуализации результатов моделирования (СВРМ).

Block1 включает цепи формирования пакета радиоимпульсов сигнала цели, помехи и шума. Сигналы с выхода Block1 можно подавать на ПВ автокомпенсатор и ПВ автокогерентный накопитель. Контроль процесса моделирования осуществляется с помощью блоков отображения информации (СВРМ) Score1 и Score2, а также спектроанализаторов Power Spectral Density 1,2,3.

Основной целью моделирования является показать положительный эффект применения ПВ системы самонастройки в ПВ-АК и ПВ-АКН. Моделирование ПВ-АК проводилось в два этапа. При первом этапе из Block1 на вход ПВ-АК с выключенной ПВ системой самонастройки

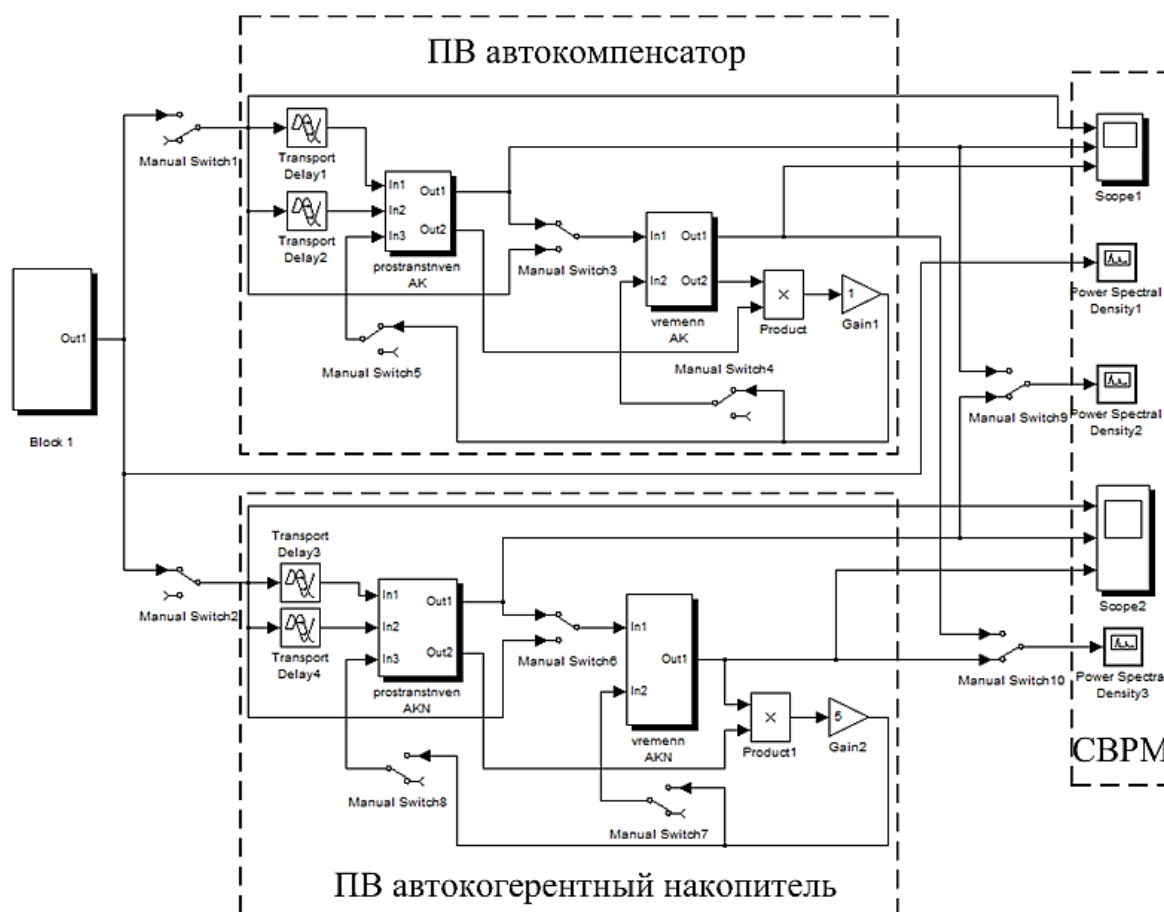


Рис. 1. Компьютерная модель ПВ-АК и ПВ-АКН в программе MATLAB-SIMULINK

подается пакет сигнала помехи и «белый» шум (рис. 2, а, б). Результаты подавления сигнала помехи на выходах пространственного АК и временного АК показаны на рисунках 3, а и 3, д соответственно. Спектр скомпенсированного сигнала помехи на выходе пространственного АК показан на рисунке 3, в, а спектр сигнала на выходе временного АК – на рисунке 3, ж.

При втором этапе процесс моделирования ПВ-АК повторяется, но уже при включенной ПВ системы самонастройки. Результаты подавления сигнала помехи на выходах пространственного АК и временного АК показаны на рисунках 3, б и 3, е соответственно. Спектр скомпенсированного сигнала помехи на выходе пространственного АК показан на рисунке 3, г, а спектр сигнала на выходе временного АК – на рисунке 3, з.

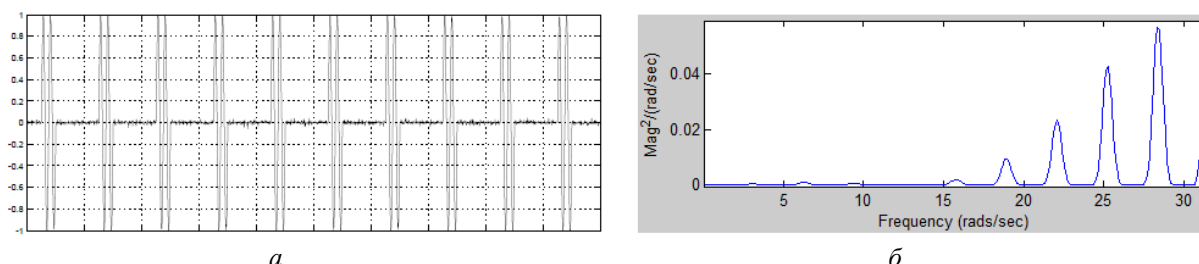


Рис.2. Сигнал с выхода Block1 и его спектр: а – радиосигнал помехи и шума; б – энергетический спектр помехи

Сравнительный анализ спектров сигнала помехи показывает, что при включенной ПВ системы самонастройки гребенчатый спектр помехи на выходе пространственного АК (рис. 3, г) еще сохраняет гребенчатый вид, а на выходе временного АК (рис. 3, з) помеха декоррелируется и имеет вид спектра белого шума. Сравнение спектров (рис 3, ж, з) показывает, что при включении ПВ системы самонастройки мощность помехи уменьшилась с $2 \cdot 10^{-5}$ до $4 \cdot 10^{-6}$ (в 5 раз).

Моделирование ПВ-АКН также проводилось в два этапа. При первом этапе из Block1 на вход ПВ-АК с выключенной ПВ системой самонастройки подается пакет сигнала цели и «белый» шум (рис. 4, а, б).

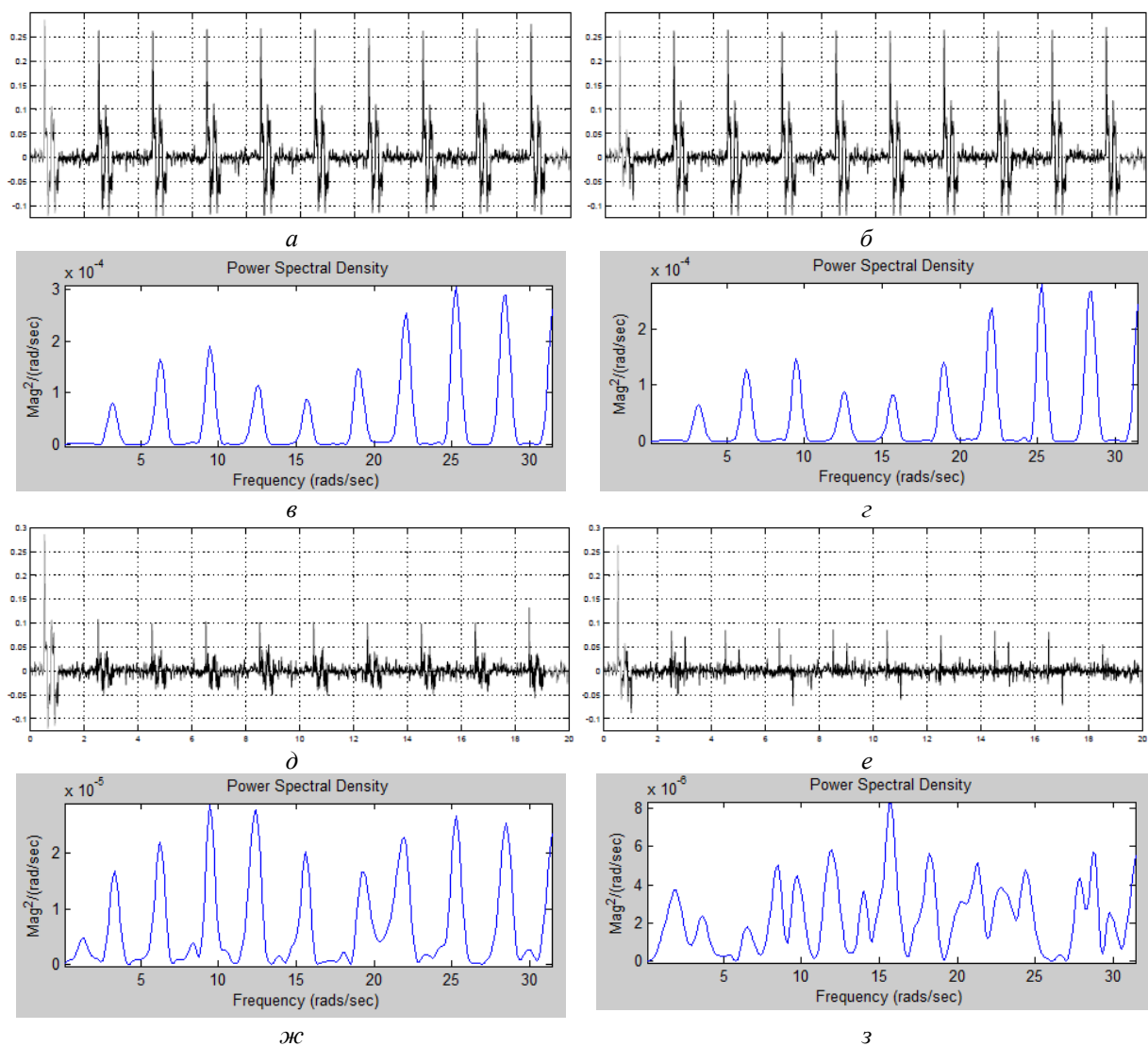


Рис. 3. Сигналы помехи и их спектры: *а* – радиосигнал помехи с выхода ПАК без ПВСС; *б* – радиосигнал помехи с выхода ПАК с ПВСС; *в* – энергетический спектр помехи на выходе ПАК без ПВСС; *г* – энергетический спектр помехи на выходе ПАК с ПВСС; *д* – радиосигнал помехи с выхода ВАК без ПВСС; *е* – радиосигнал помехи с выхода ВАК с ПВСС; *ж* – энергетический спектр помехи на выходе ВАК без ПВСС; *з* – энергетический спектр помехи на выходе ВАК с ПВСС

Результаты накопления сигнала помехи на выходах пространственного АКН и временного АКН показаны на рисунках 4, а и 4, д. Спектр накопленного сигнала цели на выходе пространственного АКН показан на рисунке 4, в, а спектр сигнала на выходе временного АКН – на рисунке 4, ж.

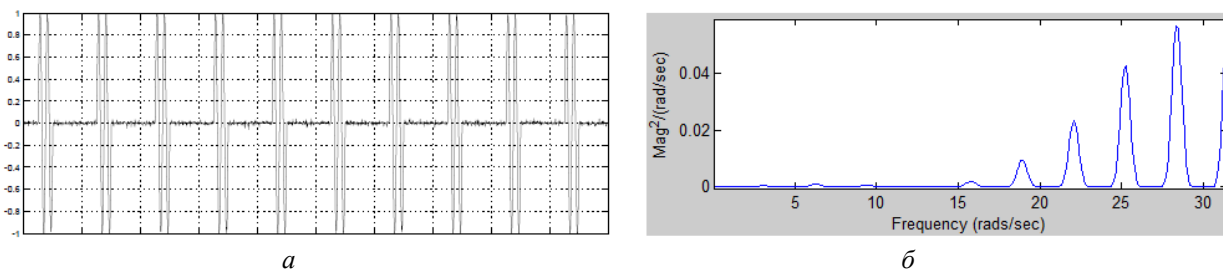


Рис.4. Сигнал с выхода Block1 и его спектр

При втором этапе процесс моделирования ПВ-АК повторяется, но уже при включенной ПВ системы самонастройки. Результаты накопления сигнала цели на выходах пространственного АКН и временного АКН показаны на рисунках 4,б и 4,е соответственно. Спектр накопленного сигнала цели на выходе пространственного АКН показан на рисунке 4, г, а спектр сигнала на выходе временного АКН – на рисунке 4, з.

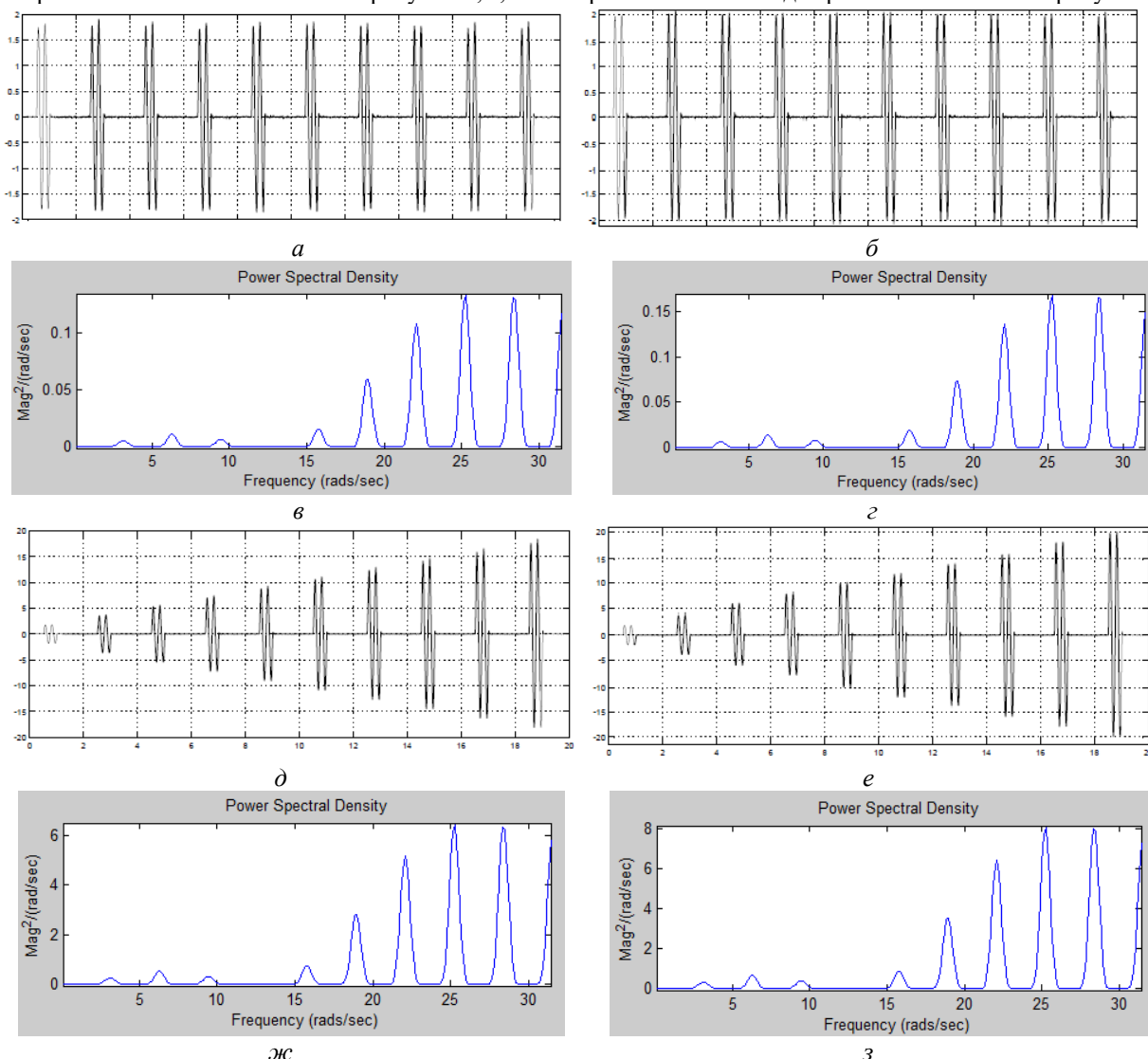


Рис. 4. Сигналы цели и их спектры: *а* – радиосигнал цели с выхода ПАКН без ПВСС; *б* – радиосигнал цели с выхода ПАКН с ПВСС; *в* – энергетический спектр сигнала цели на выходе ПАКН без ПВСС; *г* – энергетический спектр сигнала цели на выходе ПАКН с ПВСС; *д* – радиосигнал цели с выхода ВАКН без ПВСС; *е* – радиосигнал цели с выхода ВАКН с ПВСС; *ж* – энергетический спектр сигнала цели на выходе ВАКН без ПВСС; *з* – энергетический спектр сигнала цели на выходе ВАКН с ПВСС

Сравнительный анализ спектров сигнала цели (рис. 4, ж, з) показывает, что при включении ПВ системы самонастройки мощность сигнала цели увеличилась в 1,3 раза.

Применение в ПВ-АК и ПВ-АКН дополнительной ПВ системы самонастройки приводит к увеличению коэффициента компенсации помехи и коэффициента накопления полезного сигнала.

Список использованных источников

1. Охрименко А.Е. Основы радиолокации и РЭБ. Ч. 1. Основы радиолокации / А.Е. Охрименко. – М.: Воениздат, 1983. – 456 с.
2. Коростелев А.А. Пространственно-временная теория радиосистем: Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1987. – 320 с.: ил.
3. Монзинго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решетки. – М.: Радио и связь, 1986.