

*А. А. Гришин\**

## **АКУСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНОГО ФИЛЬТРА КАЛМАНА ВТОРОГО ПОРЯДКА**

Одним из видов задач фильтрации сигнала является идентификация и нахождение параметров исследуемых процессов на основе анализа входного звукового сигнала.

Матричное уравнение является основным инструментом для пошагового уточнения не только постоянных параметров, но и вектора состояния, изменяющегося со временем. На нем основаны многие рекурсивные алгоритмы, известные как алгоритм Калмана. Среди всех алгоритмов следует выделить алгоритмы фильтрации, позволяющие выделять сигнал на фоне помех.

Фильтр Калмана – это дискретный фильтр, который оценивает состояние линейной динамической системы по серии искаженных измерений. Он применяется в широком диапазоне задач от радиолокации до систем управления и считается весомой частью теории автоматического управления [1].

Основывается фильтр Калмана на линейных динамических системах как непрерывных, так и дискретизированных по времени.

Для вычисления результатов измерения в данный момент времени ему нужна оценка текущего состояния на предыдущем временном интервале работы и измерения на текущем интервале. Данное свойство отличает его от пакетных фильтров, требующих в текущий такт работы знание истории измерений или оценок. Таким образом, фильтр Калмана, как и множество других дискретных фильтров, реализован во временном, а не в частотном представлении.

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора ФГБОУ ВПО «ГГТУ» С. Н. Данилова.

Для фильтрации случайных сигналов рационально использовать фильтр Калмана второго порядка. Данный фильтр для векторного дискретного случая определяется уравнениями [2]

$$\left. \begin{aligned} X_k &= X_{k-1} + X1_k T; \\ X1_k &= -bX_{k-1} T + (1 - aT)X1_k + dn_k, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $X_k$  – напряжение сигнала;  $X1_k$  – скорость изменения напряжения;  $a, b$  – коэффициенты;  $dn_k$  – белый гауссовский шум;  $T$  – длительность такта.

При использовании фильтра Калмана для получения оценок вектора состояния процесса по серии зашумленных измерений необходимо показать модель данного процесса в соответствии со структурой фильтра.

Во многих случаях количество параметров, которые задают параметры объекта, больше, чем все параметры, наблюдаемые в измерении.

Согласно формуле (1) результаты моделирования оцениваемого процесса изображены на рис. 1, где  $zn_k$  – белый гауссовский шум;  $X0_k$  – оценка,  $c_k$  – истинный сигнал.

Из рисунка 1 видно, как оцениваемый процесс повторяет истинный сигнал при действии интенсивного шума.

На рисунке 2 представлен спектр мощности сигнала. Анализируемый фильтр позволяет осуществлять фильтрацию процесса в узкой полосе частот, спектр мощности которого устремлен около некоторой центральной частоты в сравнительно узкой полосе частот.

На рисунке 3 изображены сигналы, поступающие на вход фильтра: истинный сигнал  $Dk$ , уточненная оценка  $Xk_0$ , сигнал с шумом  $Zk$ .

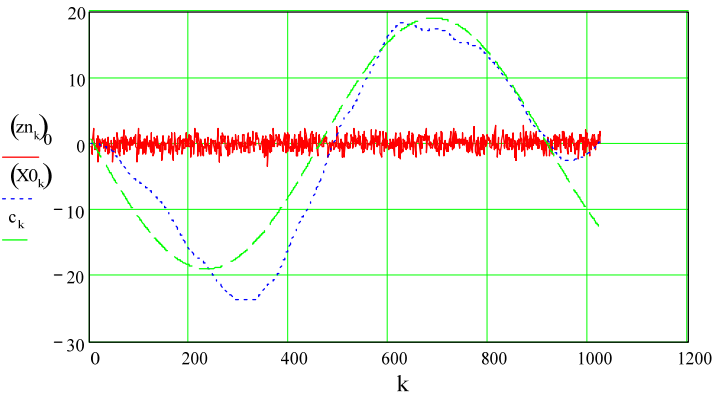


Рис. 1

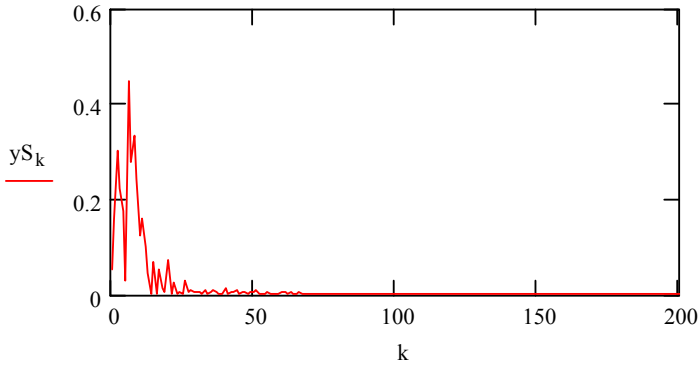


Рис. 2

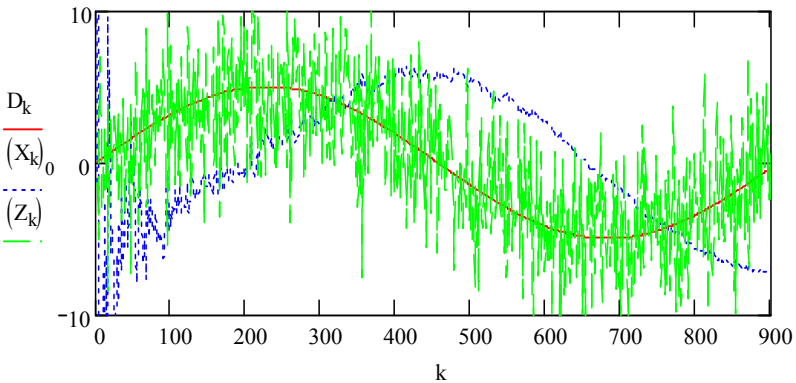


Рис. 3

Фильтр Калмана обрабатывает случайный сигнал подобно колебательному контуру, под воздействием случайного шума. Основная частота спектра мощности на выходе фильтра Калмана определяется параметром  $b$ , а ширина спектра устанавливается при помощи параметра  $a$ . При фильтрации сигналов значимым фактором является обеспечение достаточно высокой частоты дискретизации для выполнения условий теоремы отсчетов. Иначе нарушается надежность вычислений, используемых в дискретных фильтрах Калмана.

Фильтр Калмана обеспечивает выделение узкополосных стохастических сигналов в заданной полосе частот. Использование фильтра Калмана второго порядка дает возможность вычисления изменений сигнала на участках малой длительности, которая затруднена при использовании классических методов спектрального анализа.

## Список литературы

1. *Марпл, С. Л.* Цифровой спектральный анализ и его приложения / С. Л. Марпл. – Момква : Мир, 1990.
2. *Бендат, Дж.* Применения корреляционного и спектрального анализа / Дж. Бендат, А. Пирсол. – Москва : Мир, 1983.

*Кафедра «Радиотехника» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*