

И.Ф. Мингазов, В.В. Солдаткин

(г. Казань, Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева – КАИ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ОПТИМАЛЬНОГО ФИЛЬТРА ВИНЕРА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА СИСТЕМЫ ВОЗДУШНЫХ СИГНАЛОВ ВЕРТОЛЕТА НА СТАРТОВЫХ РЕЖИМАХ

Рассматривается моделирование работы оптимального фильтра Винера измерительного канала системы воздушных сигналов вертолета на стартовых режимах.

The paper considers the simulation of the operation of the optimal Wiener filter for the measuring channel of the helicopter's air signal system in the initial modes.

Ключевые слова: Фильтр Винера, моделирование, измерительный канал, корреляционная функция, автокорреляционная функция, цифровой фильтр.

Keywords: Wiener filter, simulation, measuring channel, correlation function, autocorrelation function, digital filter.

В ходе разработки канала измерения системы воздушных сигналов (СВС) вертолета на стартовых режимах было проведено моделирование цифрового фильтра, структурная схема которой представлена на рис. 1.

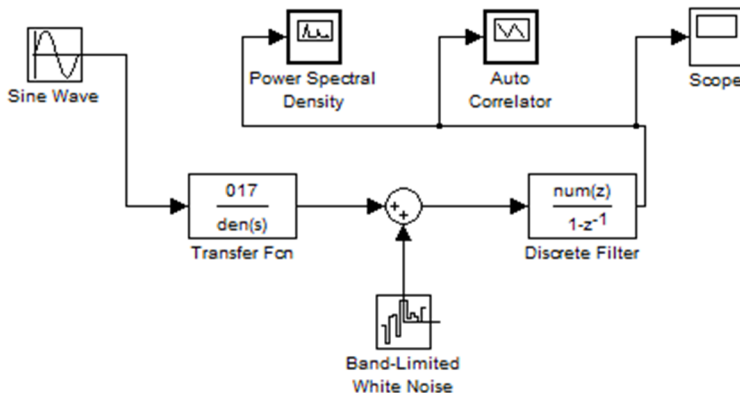


Рис.1. Структурная схема канала СВС установки для фильтрации сигнала с использованием элемента – discrete filter.

Моделирование проведено с помощью пакета *Matlab – Simulink*, при этом использовались такие элементы, как *Discrete filter*, *White noise*, *Sine wave*, *Transfer FCN*, *Scope*, *Auto correlator*, *Power spectral density*.

При проведении моделирования канала измерения барометрической высоты системы воздушных сигналов вертолета выходной сигнал с датчика первичной информации передаточная функция имеет вид [1]:

$$W(s) = \frac{Ke^{-\tau s}}{1 + 2\xi Ts + T^2 s^2}.$$

Подадим на его вход (*sine wave*) синусоидальный сигнал и с помощью осциллографа (*scope*) снимем показания.

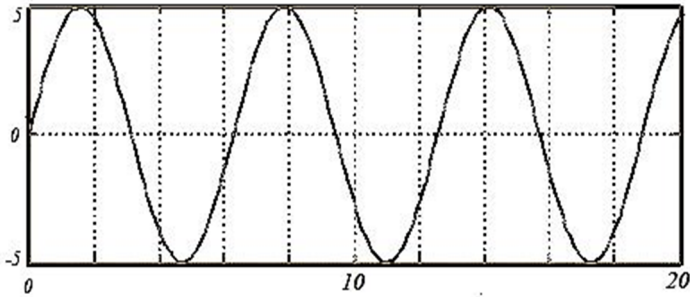


Рис. 2. Сигнал с выхода датчика первичной информации

Во входном сигнале датчика первичной информации присутствует случайная помяха, корреляционная функция вида [1]:

$$K_{\Delta H}(\tau) = \sigma_{\Delta H}^2 e^{-b|\tau|},$$

где $\sigma_{\Delta H} = 30 \text{ м}$; $b = 0,5$.

Получили автокорреляционную функцию выходного сигнала с помощью элемента *auto correlator*, представленную на рис. 3.

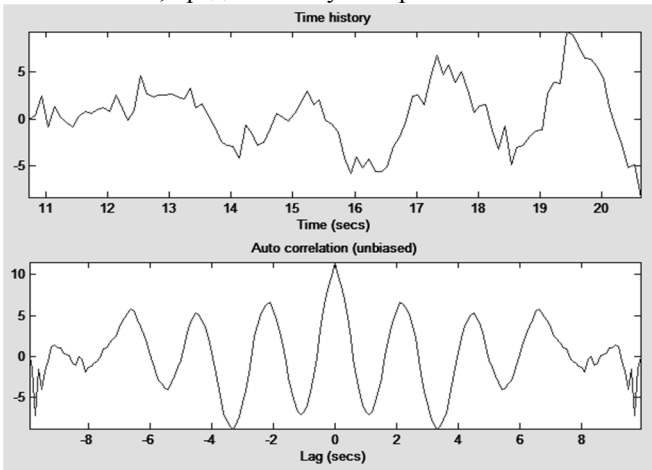


Рис. 3. Исследуемый сигнал (а) Автокорреляционная функция полученного сигнала (б)

При допущении, что процесс изменения барометрической высоты вертолета можно считать стационарным и характеризовать спектральной плотностью мощности вида:

$$S_{\xi}(\omega) = \frac{\sigma_{\beta}^2}{\pi} \cdot \frac{a}{a^2 + \omega^2},$$

где $\sigma_{\xi} = \pm 10 \text{ м}$; $a = 2 \text{ 1/с}$, получили амплитудный спектр и фазовый спектр выходного сигнала, представленные на рис. 4.

Из графиков (рис. 4,б) видно, что время затухания колебаний составляет более 30 секунд.

Для снижения погрешности на выходе разработанного канала произведем фильтрацию с помощью системной функции цифрового фильтра (*discrete filter*). Системная функция цифрового фильтра имеет вид [1]:

$$H(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}{1 - b_1 z^{-1}},$$

с коэффициентами: $a_0 = 21$; $a_1 = 34$; $a_2 = 13$; $b_1 = 1,00$, где $\Delta = \frac{1}{f_0} = \frac{1}{23} = 0,043 \text{ с}$.

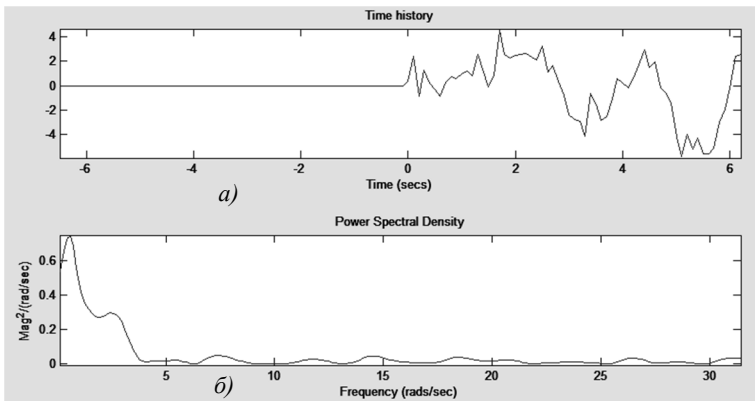


Рис.4. Исследуемый сигнал (а), амплитудный спектр (б)

При проведении моделирования получили отфильтрованный выходной сигнал и его автокорреляционную функцию, представленные на рис. 5.

С помощью элемента *power spectral density* получили отфильтрованный амплитудный и фазовый спектры выходного сигнала, представленные на рис. 6, где время затухания колебаний составляет около 5 секунд.

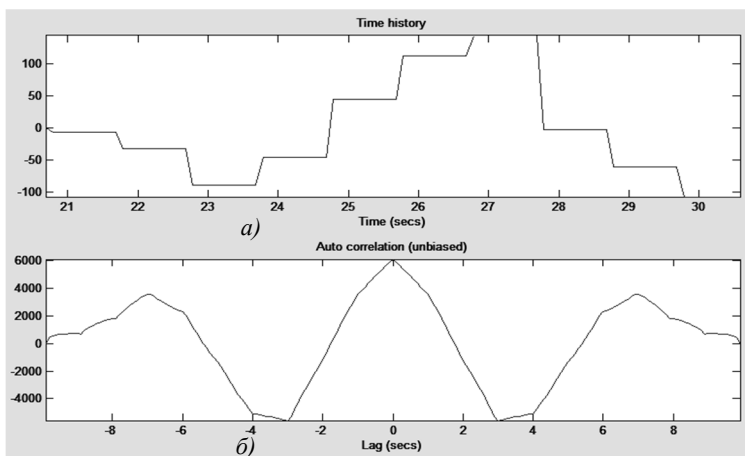


Рис. 5. Сигнал после фильтрации (а), автокорреляционная функция полученного сигнала после фильтрации (б)

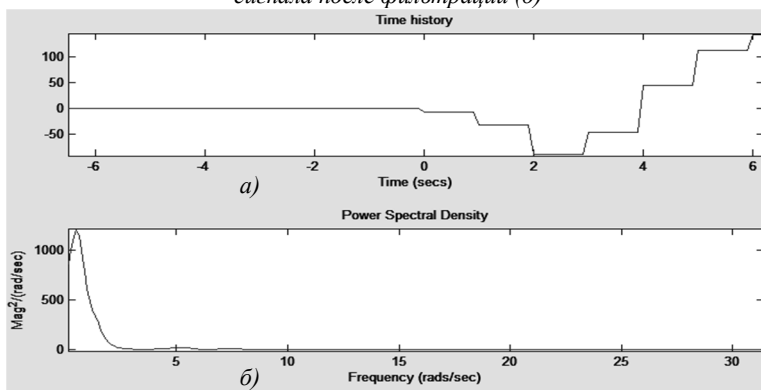


Рис. 6. Исследуемый сигнал (а), амплитудный спектр (б)

Из рис. 6 видно, что с помощью фильтра удалось уменьшить время затухания колебания в 6 раз, что свидетельствует об адекватности использования полученного в данной работе цифрового фильтра (*discrete filter*).

Список литературы

1. Ганеев, Ф.А. Системотехническое проектирование измерительно-вычислительных систем: Учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию / Ф.А. Ганеев, В.В. Солдаткин, В.М. Солдаткин, А.В. Никитин ; под ред. В.М. Солдаткина – Казань: Изд-во Казанского государственного технического университета, 2011. –148 с.

2. Солдаткин, В.В. Система воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного аэрометрического приемника и информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта: монография/ В.В. Солдаткин. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2012. – 284 с.

Материал поступил в редколлегию 30.09.18.