УДК 621.391

<u>ЧЕРНИЦКАЯ Н.П.,</u> БЕЛОВ А.И., канд. техн. наук, доц.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ БИНС

Типичными представителями инерциальных навигационных систем являются системы, которые базируются на гироскопических измерителях вектора угловой скорости (ГИВУС). Гироскопический измеритель вектора угловой скорости представляет собой систему трех чувствительных элементов (например, ДУС – датчиков угловой скорости), расположенных ортогонально. Упрощенная схема ГИВУС представлена на рис.1.

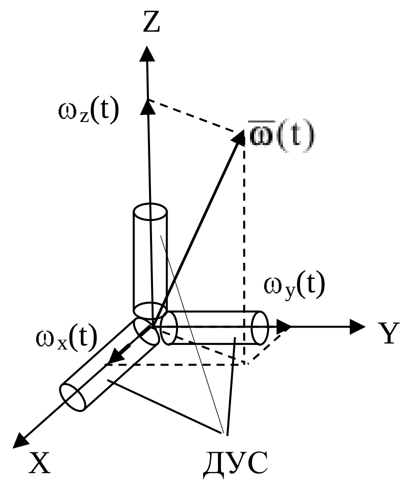

Рис. 1.1 Схема гироскопического измерителя вектора угловой скорости

Проекции мгновенного значения вектора угловой скорости объекта $\overline{\omega}(t)$ на оси системы координат - $\omega_x(t)$, $\omega_y(t)$ и $\omega_z(t)$ измеряются соответствующими ДУС-ами. При этом ДУС-ы через определенные промежутки времени формируют импульсы, число которых пропорционально величинам проекций вектора угловой скорости на их чувствительные оси. Математическую модель ГИВУС-а имеет смысл рассматривать на примере одного из ДУС-ов.

$$x_k=\Phi x_{k-1}+EU_{k-1}+EW_{k-1}; \quad (1)$$

$$y_k=\mathrm{ent}\{Cx_k+v_k\}. \quad (2)$$

$$x_k = \begin{pmatrix} x_{k1} \\ x_{k2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} N_k \\ n_k \end{pmatrix}; \quad \Phi = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad E = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}; \qquad C = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix}. \tag{3}$$

Задача адаптивной фильтрации базируется на корреляционных свойствах обновляемой последовательности: $\nu_\kappa = y_k - \hat{y}_k^*$, где $\hat{y}_k^* = C\,(\Phi\hat{x}_k + Eu_{k-1})$. $\hat{x}_k$ вычисляется с помощью алгоритма Калмана, который работает в субоптимальном режиме. В случае оптимального фильтра корреляционная функция равна нулю. И именно равенство нулю дает возможность определить оптимальные параметры фильтра, т.е. адаптироваться к реальным характеристикам шума. Однако в этом случае возникает проблема формирования псевдослучайной последовательности с характеристиками, близкими к характеристикам белого шума. В частности при моделировании задач фильтрации необходимо формировать измерительный и входной шумы. Реальные датчики псевдослучайных чисел далеко не всегда удовлетворяют этим требованиям. Практика использования генерации псевдослучайных чисел без предварительной обработки приводит к искажению результатов, которое не связано с процессом моделирования. Применение генераторов псевдослучайных чисел значительно ухудшает результаты моделирования и чаще всего приводит к расхождению. В этой связи возникла задача формирования последовательностей с минимальной корреляцией между соседними значениями, а также выбор таких последовательностей, корреляционная связь между которыми отсутствует.

Далее формировалась задача осуществления моделирования процесса адаптации. Учитывая, что при переходном процессе ошибки могут достигать больших значений, желательно период переходного процесса исключить из рассмотрения. Интервал времени после переходного процесса разбивался на участки. Параметры фильтра Калмана корректировались по окончании каждого участка.

Интенсивность входного шума значительно меньше интенсивности измерительного. Были проведены исследования влияния интенсивности входного шума на процесс адаптации. В результате приведенного был осуществлен выбор псевдослучайной последовательности с требуемыми характеристиками и осуществлено моделирование, которое показало высокую эффективность выбранного метода, позволившего получить следующие характеристики:

Vmax = 20; Wmax = 0; Mт = 133,3; M = 133,5

$V_{max} = 20$; $W_{max} = 0,6$; $M_т = 133,3$; $M = 130,5$

$V_{max} = 20$; $W_{max} = 1$; $M_т = 133,3$; $M = 130,5$

где V_{max} и W_{max} - характеристики измерительного и входного шумов; $M_т$ - требуемое математическое ожидание; M – математическое ожидание, полученное в результате применения рассматриваемой методики.

Таким образом, разработанная методика позволяет реализовать процесс моделирования, который в значительной степени будет адекватен реальным условиям.