

«ОБОСНОВАНИЕ СОСТАВА И РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМПЛЕКСНОГО НАВИГАЦИОННОГО ПРИБОРА МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ УСТУПОК»

Сидоренко Р.Н.

*Государственное учреждение «Научно-исследовательский институт Вооруженных Сил
Республики Беларусь»*

Современные навигационные приборы строятся по модульному принципу и состоят из инерциальных, корреляционно-экстремальных и радионавигационных составляющих [1]. Комплексование навигационных данных полученных от разнородных источников позволяет качественно улучшать показатели навигационных приборов. Из этого следует, что перед разработчиками навигационных приборов и систем возникает задача выбора из множества возможных составляющих навигационного прибора конечного числа исходных элементарных составляющих (ИЭС).

В настоящее время указанная проблема решается путем уменьшения количества допустимых ИЭС комплексного навигационного прибора (НПр). В результате этого производители упускают возможность повышения качества комплексного НПр. Полученные образцы, при установке ограничений по стоимости, количеству составляющих и др. зачастую уступают по своим характеристикам аналогичным. Изложенная в дальнейшем, методика позволяет за счет подбора ИЭС синтезировать оптимальный по составу навигационный прибор и рассчитать его основные показатели.

На первом этапе, для того чтобы обосновать состав комплексного НПр рассмотрим обобщенную схему его построения рисунок 1.

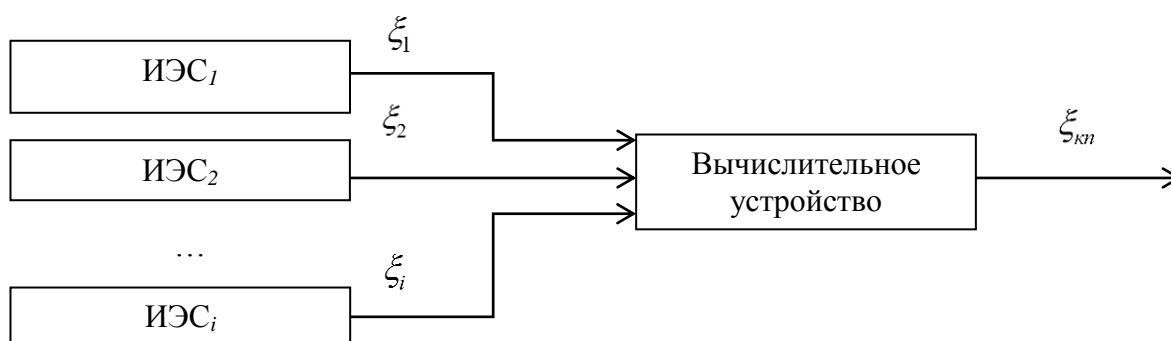


Рисунок 1 – Обобщенная схема комплексного навигационного приемника

На вход вычислительного устройства от ИЭС поступают навигационные данные $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_i$. В результате обработки на выходе вычислительного устройства получены навигационные данные комплексного НПр $\xi_{кп}$. Каждые из $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_i$ имеют среднеквадратические отклонения $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_i$ и математические ожидания m_1, m_2, \dots, m_i . Допустим, что $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_i$ распределены нормально, тогда задача нахождения состоятельной и эффективной оценки $\xi_{кп}$ сводится к нахождению минимума квадратов отклонений или взвешенного среднего [1,2,3].

Применение метода наименьших квадратов для получения состоятельной и эффективной оценки НД на выходе комплексного НПр позволяет повысить вероятность их получения, при этом частота обновления будет определяться одной из максимальных частот ИЭС. Метод взвешенного среднего позволяет повысить точность НД на выходе комплексного НПр при этом уменьшается вероятность получения НД и частота их обновления.

Однако вычислительное устройство, входящее в состав комплексного НПр имеет конечную вычислительную мощность и неизменную архитектуру. В результате этого, для того чтобы

осуществить вычислительные операции, необходимо затратить определенное количество времени, как следствие, частота обновления НД в зависимости от типа используемого вычислительного устройства и заложенного алгоритма будет пропорциональна частоте поступающих в него НД. На основании этого:

$$f_{кп} = f_{max} (1 - e^{-kf_{сч}}), \quad (1)$$

где k – коэффициент пропорциональности;

$f_{сч}$ – частота считывания НД на входе вычислительного устройства;

f_{max} – максимальная частота обновления НД на выходе вычислительного устройства комплексного НПр.

Коэффициент пропорциональности и максимальная частота обновления НД в выражении (1) определяются экспериментально для определенных образцов вычислительных устройств и зависит от многих факторов, таких как архитектура, производительность, тактовая частота, заложенный алгоритм обработки и др. График зависимости частоты обновления НД комплексного НПр от частоты считывания при различных значениях k приведен на рисунке 2.

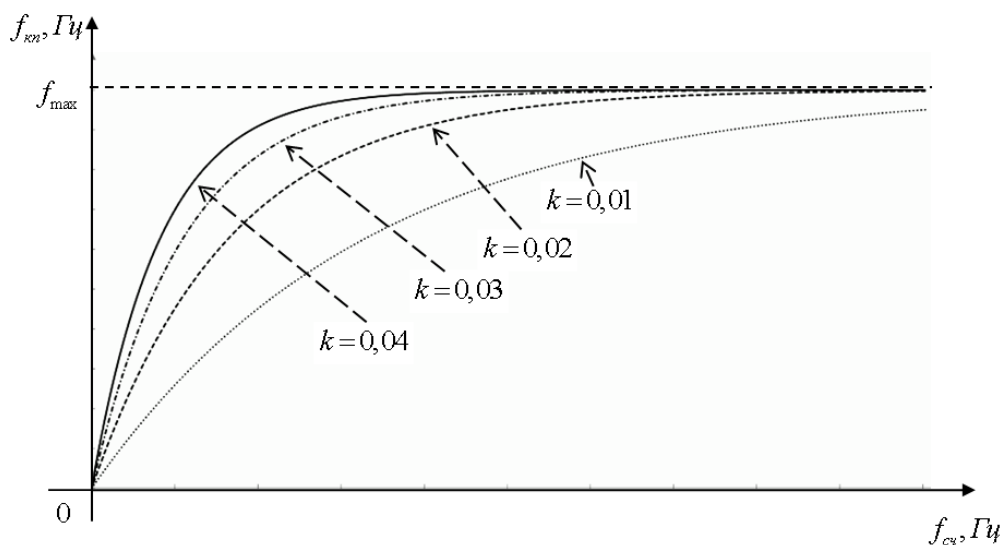


Рисунок 2 – Зависимость частоты обновления НД комплексного навигационного приемника от частоты считывания при различных k

Из рисунка 2, а также выражения (1) следует, что объединение ИЭС у которых $f_i > f_{max}$ нецелесообразно.

На втором этапе формируются требования необходимые потребителю.

Например – необходимо получение НД с $\sigma_{кп} \rightarrow \min$ при заданных уровнях $p_{кп}$ и $f_{кп}$, тогда целевая функция обоснования состава комплексного НПр имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{kn} = \left(\sum_{i=1}^N \frac{x_i}{\sigma_i^2} \right)^{-\frac{1}{2}} \rightarrow \min \\ p_{\text{треб}} \leq \prod_{i=1}^N x_i p_i; \\ f_{cч} = \min\{x_i f_i\}, i = \overline{1, N}; \\ f_{\text{треб}} \leq f_{\max} (1 - e^{-kf_{cч}}); \\ 0 < f_{cч} \leq f_{\max}; \\ x_i = \{0, 1\}, \end{array} \right. \quad 2)$$

где $p_{\text{треб}}$ – требуемая потребителю вероятность получения НД с заданным качеством;

p_i – вероятность получения НД i -м ИЭС;

f_i – частота обновления НД на выходе i -го ИЭС;

$f_{\text{треб}}$ – требуемая потребителю частота обновления НД;

x_i – булева переменная.

Из (2) следует, что сформированные целевые функции являются нелинейными. Кроме ограничений указанных в (2) возможно добавить такие как: стоимость единицы комплексного НПр, количество ИЭС и др.

На третьем этапе осуществляется поиск оптимальных ИЭС на основании полученной целевой функции и ограничений. Сложность нахождения оптимальных ИЭС комплексного НПр обусловлена величиной N . В связи с этим для указанного поиска возможно использовать такие программные продукты как: Quick NP, Wolfram Mathematica и др.

Однако, решение указанной задачи возможно и методом последовательных уступок [2].

Для этого вначале устанавливается предпочтительность всех критериев, при этом на первое место устанавливается самый важный. Далее находится оптимальное решение без учета ограничений. В последующем, исключая из множества ИЭС комплексного НПр те которые не удовлетворяют первому, второму и последующим критериям до тех пор, пока не будет найдено решение удовлетворяющее всем предъявленным требованиям.

В связи с тем, что при постановке и решении указанной задачи был введен ряд ограничений и допущений, перед практическим использованием методики поиска оптимальных ИЭС комплексного НПр необходимо проверить экспериментальным путем закон распределения получаемых НД с использованием ИЭС, а также алгоритм используемый при комплексировании. В результате этого, вид целевой функции и ограничений может отличаться от изложенных, однако, общая последовательность решения задачи останется прежней.

Литература

1. Шебшаевич, В.С. Сетевые спутниковые радионавигационные системы / В.С. Шебшаевич, П.П. Дмитриев, Н.В. Иванцевич и др.; под ред. В.С. Шебшаевича. – М.: Радио и связь, 1993. – 408 с.
2. Костевич, Л.С. Математическое программирование: Информационные технологии оптимальных решений / Л.С. Костевич. – Минск: Новое знание, 2003. – 424 с.