

*И.В. Князев\****АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ  
ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ С УЛУЧШЕННЫМИ  
ТОЧНОСТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

Для обеспечения безопасности полетов, повышения пропускной способности аэропортов необходимо улучшать точностные характеристики измерительных подсистем автоматизированных систем управления воздушным движением (АСУВД). В современных АСУВД для повышения точности измеряемых координат широко используются фильтры, основанные на методах оптимальной линейной фильтрации, их применение позволяет измерять дальность с точностью до 150...200 м и азимут с точностью  $1,5^\circ$ [1]. В настоящее время существует множество алгоритмов такой обработки, на практике реализуемые в виде  $\alpha$ - $\beta$  и  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$  фильтров (их алгоритмы базируются на гипотезе движения цели с постоянной скоростью и с постоянным ускорением соответственно, характеризуются постоянством коэффициентов передачи и требуют незначительных вычислительных мощностей), а также фильтров с переменными коэффициентами, более точно отражающими физическую сущность процесса, и обеспечивающими лучшую точность оценки координат летательного аппарата (ЛА).

Цель данной статьи – исследовать методом математического моделирования влияние применения некоторых фильтров на эффективность функционирования АСУВД. Исследование эффективности применения вторичной обработки радиолокационной в дальнейшем позволит найти компромисс между вычислительными затратами, необходимыми для реализации алгоритмов и получаемой с их помощью точностью. В качестве критерия эффективности АСУВД выбрана пропускная способность системы, при заданном уровне безопасности, т.е. количество ЛА, одновременно находящихся в зоне ее ответственности, при фиксированной вероятности нарушения одним ЛА области безопасности (ОБ) другого.

---

\* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2012 г. в рамках Седьмой научной студенческой конференции «Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В.И. Вернадского» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ГГТУ» Ю.Н. Панасюка.

При управлении воздушным движением считают, что ЛА движется по заданной траектории, называемой линией заданного пути (ЛЗП). Вокруг ЛА строится область безопасности, представляющая собой объемную фигуру (она может иметь форму сферы цилиндра и др.) [2], объем области безопасности зависит от точностных характеристик АСУВД. Величина области безопасности, в свою очередь, влияет на пропускную способность системы.

Исследуем влияние СКО дальности измерительной подсистемы АСУВД на ее пропускную способность. Вероятность нарушения ОБ какого-либо ЛА определяется по формуле

$$P = \frac{(n-1)W_{lk}}{W_p - (n-1)W_{lk}} W_{ла}, \quad (1)$$

где  $W_{lk}$  – объем ОБ одного ЛА;  $W_p$  – объем зоны ответственности АСУВД;  $W_{ла}$  – ошибка определения местоположения ЛА:

$$W_{ла} = 1 - \frac{dW_n}{W_n}, \quad (2)$$

где  $dW_n$  – геометрический объем ЛА,  $W_n$  определяется по формуле

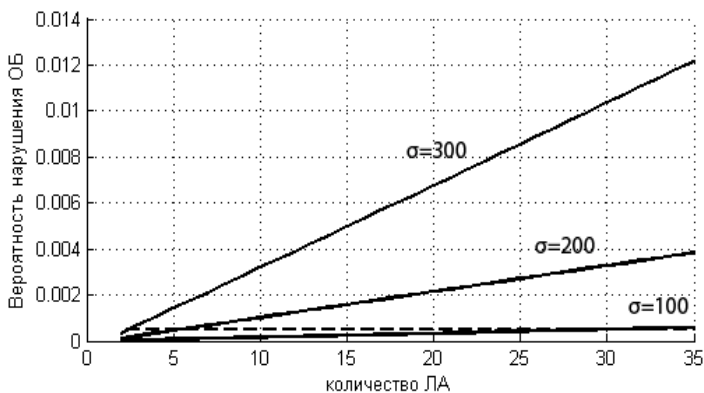
$$W_n = \frac{4}{3}\pi(6\sigma)^3, \quad (3)$$

где  $\sigma$  – СКО измерения дальности.

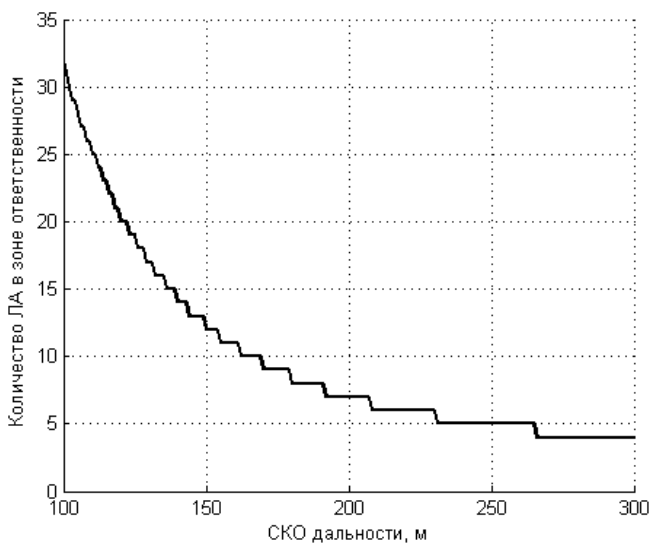
Очевидно, что максимальное количество ЛА, способных безопасно разместиться (учитывая области безопасности) в объеме  $W_p$  определяется при  $P = 1$ .

Воспользовавшись выражениями (1) – (3) и задавшись исходными данными:  $W_p = 10^{13}$  м,  $dW_n$  – объем сферы радиусом 45 м,  $W_{lk}$  – объем сферы радиусом  $(45 + 3\sigma)$  м, построим зависимости  $P = P(n)$  вероятности нарушения ОБ ЛА от количества ЛА в зоне ответственности АСУВД для различных значений СКО. На рисунке 1 в качестве примера показаны такие зависимости для трех значений.

Затем выберем допустимую вероятность нарушения безопасности полета:  $P_{доп} = 5 \cdot 10^{-5}$  и находим точки пересечения прямых  $P = P_{доп}$  (пунктирная линия на рис. 1) и  $P = P(n)$  для каждого значения СКО дальности, абсциссы (их необходимо округлить до целых в сторону уменьшения) найденных точек представляют собой количество ЛА, способных безопасно находиться в зоне ответственности АСУВД. Таким образом, получим зависимость  $n = n(\sigma)$ . Из полученной зависимости (рис. 2) видно, что по мере уменьшения СКО дальности, значительно возрастает пропускная способность системы.



**Рис. 1. Зависимость вероятности нарушения ОБ ЛА от количества ЛА в зоне ответственности АСУВД**



**Рис. 2. Зависимость количества ЛА, безопасно находящихся в зоне ответственности АСУВД от СКО дальности**

Исследования показывают что применение  $\alpha$ - $\beta$  и  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$  фильтров позволяет получить среднеквадратичные отклонения дальности порядка 150...200 м, а применение фильтра с переменными коэффициентами порядка 120...100 м. Таким образом  $\alpha$ - $\beta$  и  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$  фильтрация позволяет при указанных выше условиях получить пропускную способность по-

рядка 7 – 12 ЛА, а применение фильтра с переменными коэффициентами порядка 20 – 32 ЛА.

Применение вторичной обработки радиолокационной информации в АСУВД позволяет существенно улучшить качество функционирования данных систем, в частности, за счет улучшения точностных характеристик системы, повысить ее пропускную способность, не снижая при этом уровень безопасности (или наоборот: повысить уровень безопасности, не уменьшая пропускную способность). Целесообразно применять фильтры с переменными коэффициентами так как они из-за более высокой точности, по сравнению с применяющимися  $\alpha$ - $\beta$  и  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$  фильтрами, и нелинейности зависимости количества ЛА, безопасно находящихся в зоне ответственности АСУВД от СКО дальности обеспечивают значительный рост пропускной способности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лобачев, Ю.В. Обработка радиолокационной информации в автоматизированных системах управления полетами / Ю.В. Лобачев, Ю.Н. Панасюк, Б.П. Комягин. – Тамбов : ТВВАИУРЭ, 2008.

2. Задорожный, А.И. Автоматизированные системы управления полетами и воздушным движением / А.И. Задорожный. – М. : ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1998.