

ОБЗОРНО-СРАВНИТЕЛЬНЫЕ РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

(корреляционно-экстремальная система)

1. Принципы построения обзорно-сравнительных систем
2. Системы навигации по рельефу местности
3. Системы навигации по картам местности

1. Принципы построения обзорно-сравнительных систем

Обзорно-сравнительные системы (ОСС) предназначены для определения местоположения ЛА по результатам сравнения некоторых наблюдаемых с помощью бортовых датчиков физических параметров, характеризующих местность, над которой совершается полет, с эталонными параметрами, хранящимися в памяти системы.

Наблюдаемыми параметрами являются высоты точек рельефа местности, дальность и угловые координаты радиолокационных ориентиров на местности и другие навигационные параметры, определяемые радионавигационными и радиолокационными устройствами и системами.

Принцип действия ОСС заключается в следующем:

- во-первых, заранее должны быть изготовлена эталонная карта местности (ЭКМ);
- во – вторых, во время полета бортовые датчики формируют изображение местности, т.е. дают текущую карту местности (ТКМ);
- по результатам сравнения указанных карт определяют отклонение текущего положения ЛА (точка O_1 на рис. 1) от заданного (точка O).

Найденные значения u и v могут быть затем использованы для получения командных сигналов для системы автоматического управления ЛА с целью вывода ЛА на заданную траекторию.

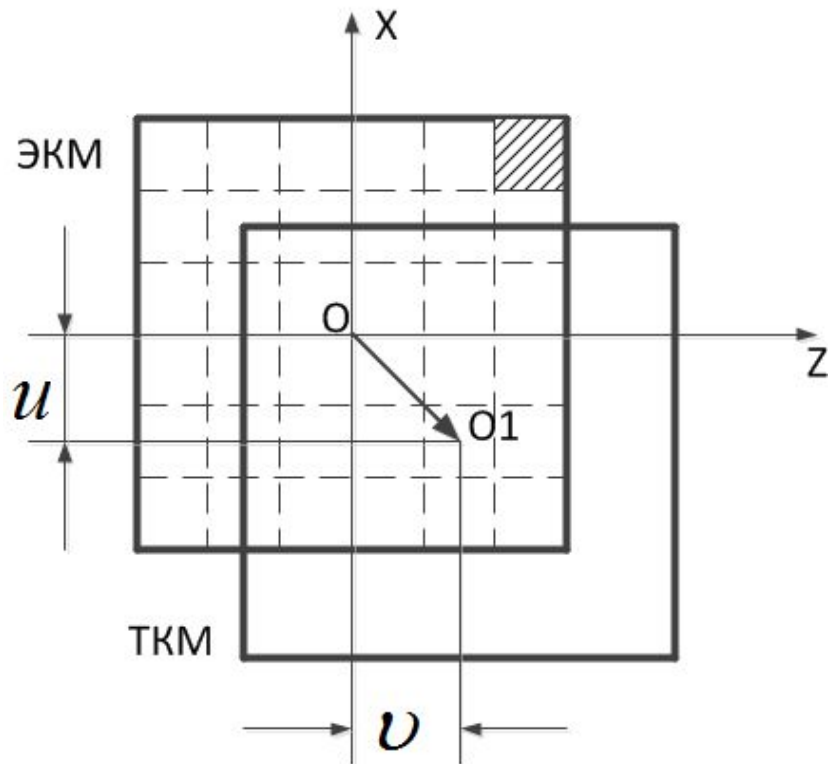


Рис. 1. Отклонение текущего положения от заданного

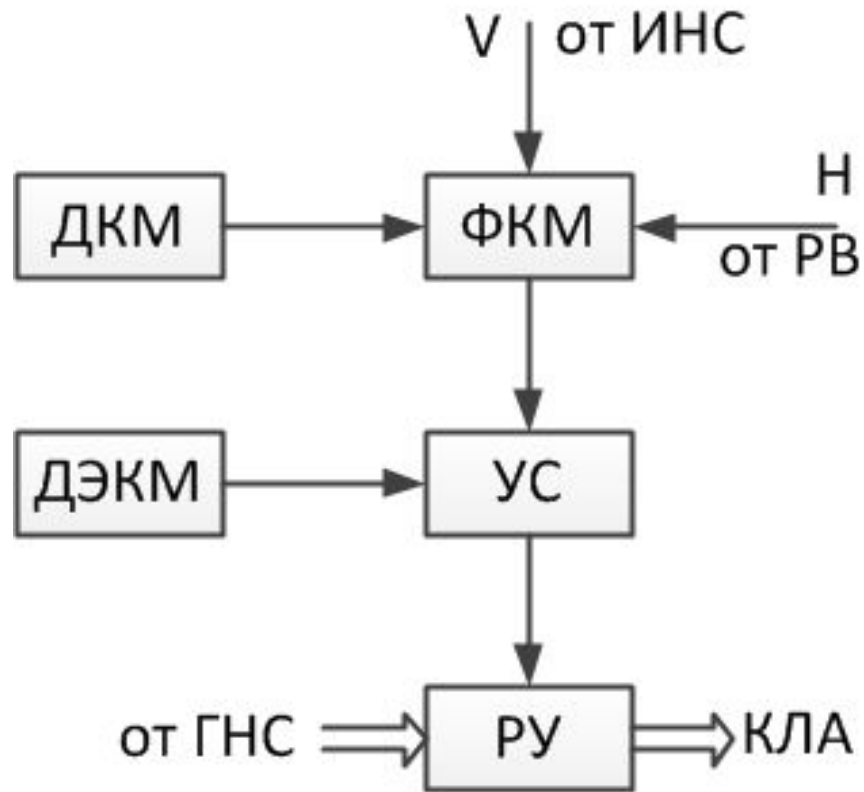


Рис. 2. Обобщенная структурная схема ООС

Датчик карты местности (ДКМ) вырабатывает сигналы, характеризующие нормативные параметры местности, над которой происходит полет ЛА.

Формирователь карты местности (ФКМ) преобразует сигналы от ДКМ в форму, удобную для сравнения с эталонной картой.

Обычно ФКМ осуществляет дискретизацию по времени, квантование по уровню и масштабированию по скорости V и по высоте H сигналов ДКМ.

Устройство сравнения карт местности (УС) производит перебор возможных положений ЛА на эталонной карте и для каждого такого положения вычисляет по определенному алгоритму меру сходства наблюдаемого изображения местности с эталонным изображением.

Решающее устройство (РУ) производит анализ результатов сравнения карт. Это устройство, сопоставляя результаты сравнения с информацией о местоположении ЛА от грубой навигационной системы (ГНС), определяет координаты ЛА.

Обычно устройство сравнения карт местности представляет собой коррелятор, который вычисляет ВКФ наблюдаемого (ТКМ) и эталонного (ЭКМ) изображений.

Поэтому метод, на котором основана работа ОСС, называют **корреляционным**, а сами системы относят к классу корреляционно-экстремальных навигационных систем. В таких системах точному совпадению изображений соответствует экстремум (максимум или минимум) нормированной ВКФ.

Точность определения местоположения с помощью ОСС зависит от степени достоверности и детальности эталонной карты местности.

Функции формирователя карты местности, сравнивающего и решающего устройства обычно выполняет ЦВМ ОСС. Системы, в которых информация обрабатывается в ЦВМ используют цифровые ЭКМ.

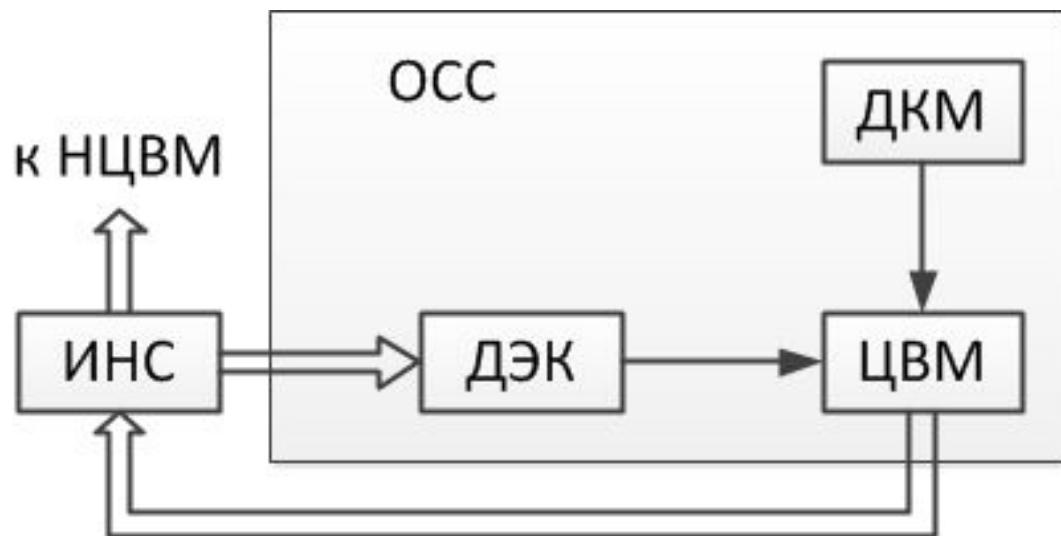
Цифровые ЭКМ – матрица из ячеек, содержащих кодированную информацию об элементарном участке местности. Размер ячейки ЭКМ определяется разрешающей способностью бортового датчика текущей карты местности.

Чем меньше размеры ячейки и уровень квантования, тем более подробной будет эталонная карта и тем выше потенциальная точность ОСС.

При выборе размера эталонной карты, размера ячейки и уровня квантования исходят из компромисса между требуемой точностью и объемом памяти системы.

Применение ОСС только на отдельных участках коррекции системы счисления пути. Точность современных ИНС соответствует накопленной погрешности в 1,85 км за 1 час полета.

Структурная схема навигационной системы, в которой ОСС служит для коррекции инерциальной системы счисления пути



Полученные сигналы используются для коррекции инерциальной навигационной системы (ИНС).

В зависимости от вида получаемой в системе текущей карты местности различают *два основных типа ОСС*:

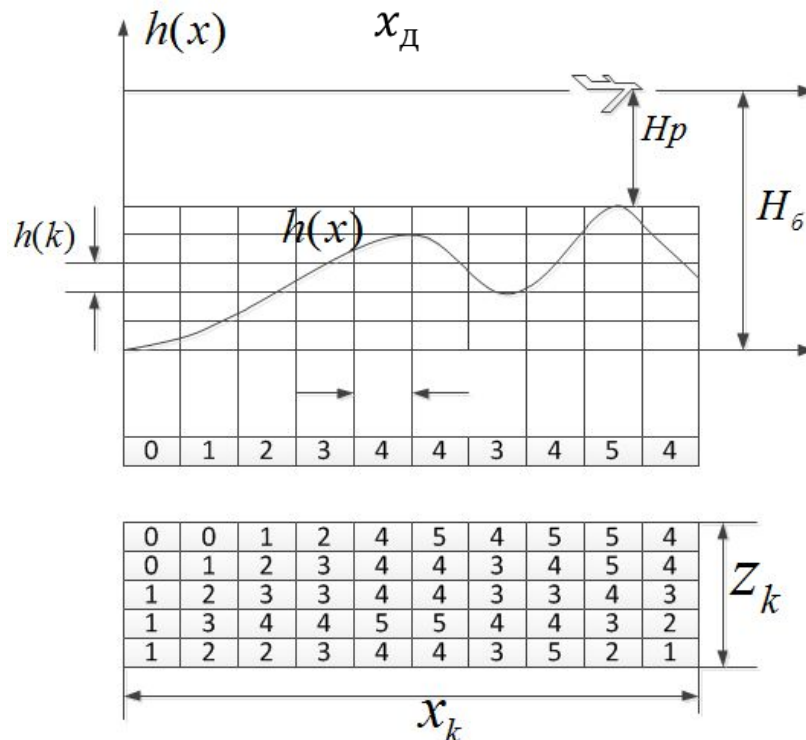
- системы навигации по рельефу местности
- системы навигации по картам местности.

При первой: карта является функцией одной координаты и представляет собой линейное изображение.

В системах навигации по картам местности используются изображения местности, являющиеся функциями двух координат (азимута и дальности).

2. Системы навигации по рельефу местности

Принцип действия: каждому участку суши соответствует свой, неповторимый характер изменения высот отдельных элементов этого участка



Профиль участка местности характеризуется разностью:

$$h(x) = H_b - H_p$$

X_k - определяется разрешающей способностью РВ по дальности

Z_k - зависит от возможного значения бокового отклонения ЛА от заданной траектории из-за погрешностей системы счисления за время от предыдущей коррекции

Рис. 3. Профиль некоторого участка местности, над которым летит ЛА

Структурная схема системы навигации по рельефу местности

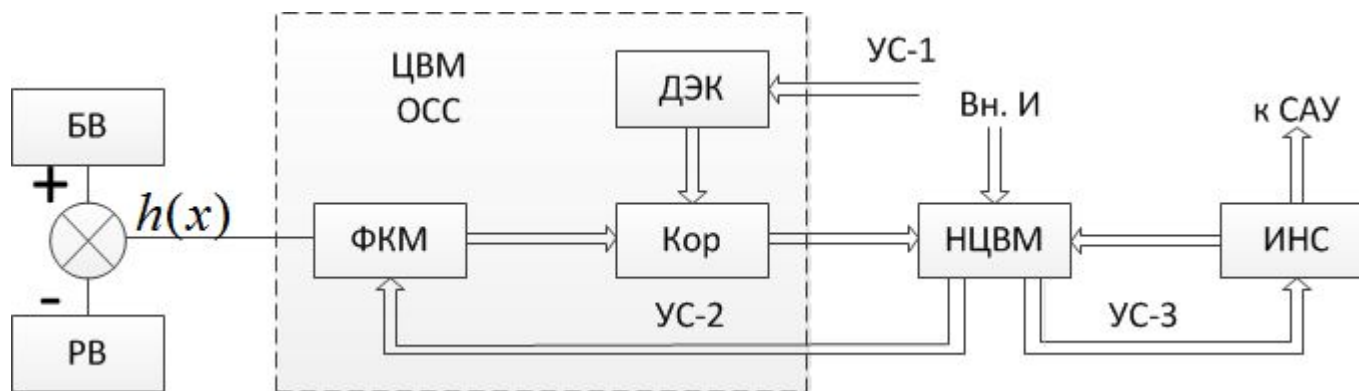


Рис. 4

Разностный сигнал, несущий информацию о рельефе местности, подается на ЦВМ ОСС, где формируются карты местности (ФКМ), и осуществляется корреляция сформированных карт в (Кор).

НЦВМ управляет сигналами УС-1, 2, 3.

Для записи эталонной карты требуется большой объем памяти для хранения дискретного по времени и квантованного на n уровней эталонного изображения и большой объем вычисления. Снижения требований к объему достигают, применяя бинарное квантование сигнала. При этом несколько снижается точность местоопределения.

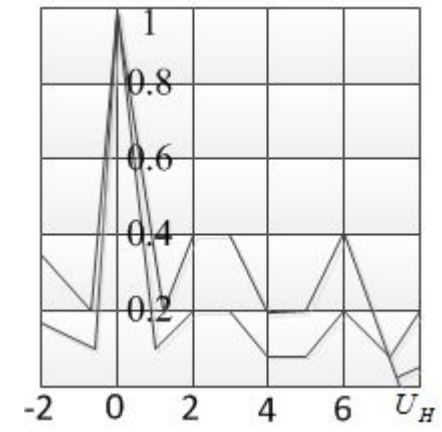
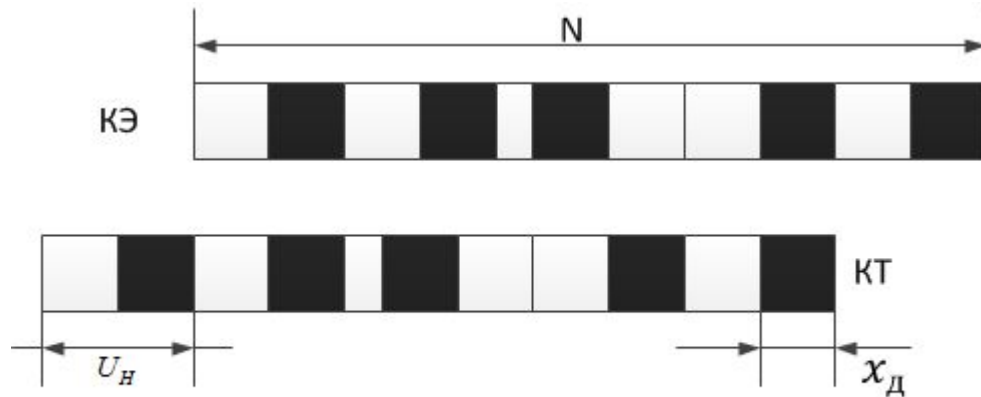


Рис. 5. Закон изменения коэффициентов $\rho_c(u_H)$ и $\rho_{II}(u_H)$ от сдвига сравниваемых изображений

Ширина главного пика этих функций зависит от величины дискрета X_D

Вывод: Точность системы навигации по рельефу зависит от **размера ячейки карт местности.**

Значение погрешности определения местоположения составляют 0,6 размера соответствующей стороны ячейки. Наилучшие результаты достигаются на малых высотах полета. Система *неэффективна* при полете ЛА над местностями с недостаточно выраженными рельефами.

3. Системы навигации по картам местности

Системы, в которых в качестве датчиков используются радиолокаторы, относятся к **системам навигации по картам местности**, так как обычно текущее, эталонное или оба эти изображения являются двумерными. Во всех таких системах используется зависимость ЭПР от характера местности и находящихся на этой местности объектов (холмы, строения, ЖД и т.д.).

Для определения пространственного положения ЛА применяют антенную систему, формирующую, в общем случае пять лучей.

1 – 4 для ТКМ.

5 – для РВ

Антенная система,
формирующая пять лучей:

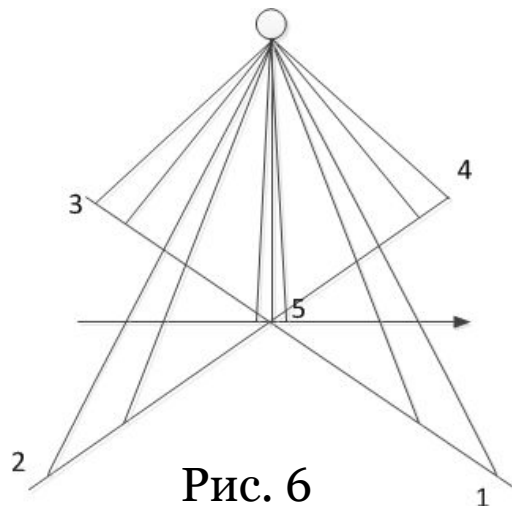
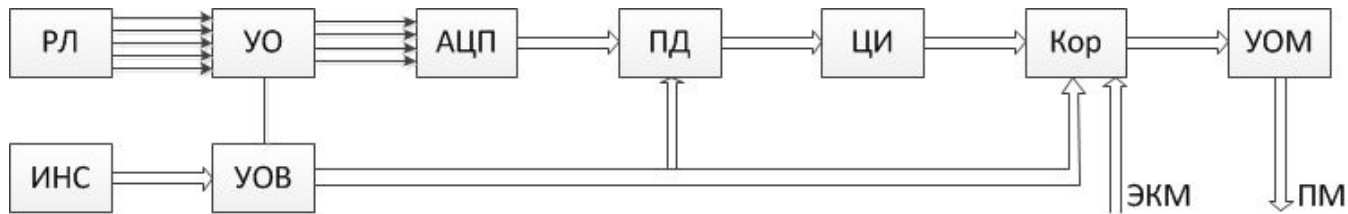


Рис. 6

Теоретически для определения пространственного положения ЛА достаточно трех измерений по любым из 1-4 лучей или двух измерений по этим лучам, дополненным измерением высоты по лучу 5.

Однако **увеличение числа лучей**, а следовательно, и числа измерений, способствует **повышению точности** за счет избыточности информации.

Структурная схема рассматриваемого варианта системы:



РЛ – радиолокатор
УО – устройство обработки
ПД – преобразователь дальности
ЦИ – цифровой интегратор
УОМ – устройство определения местоположения

УОМ каждые 25 мс определяется пространственное местоположение ПМ ЛА в результате обработки сигналов в Кор.

На малых высотах отдельные неровности местности создают область радиолокационной тени, что приводит к снижению контрастности. При этом используется только 5 луч и система преобразуется в систему по месту рельефа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колчинский В. Е., Мандуровский И. А., Константиновский М.И. Автономные доплеровские устройства и системы навигации ЛА. М.: Сов. Радио, 2005, 432 с.
2. Радиотехнические системы. Под ред. Ю. М. Казаринова, М.: Академия, 2008. 496 с.
3. Сборник описаний лабораторных работ по радиолокации

ИРЭ кафедры Радиотехнических приборов 2013
Составили А.И. Баскаков, О.В. Павлович