



МАТЕРІАЛИ
XIII Міжнародної
науково-технічної конференції
“АВІА-2017”
19-21 квітня

Київ 2017

Міністерство освіти і науки України
Національна академія наук України
Національне космічне агентство України
Національний авіаційний університет
ДП «АНТОНОВ»
Національна Академія Авіації ЗАТ «Азербайджан Хава Йоллари»,
Азербайджан
Грузинський авіаційний університет, Грузія
Міжнародний університет логістики і транспорту у Вроцлаві, Польща
Польсько-український дослідний інститут, Польща
Технологічний університет Нінгбо, Китай
Коледж економіки та менеджменту Технологічного університету
Нінгбо, Китай
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса, Литва
Нанчангський авіаційний університет, Китай

МАТЕРІАЛИ

ХІІІ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ “АВІА-2017”

19-21 квітня

Київ 2017

Расчёт точности дальномерного оборудования DME для определённой высоты полёта и геометрии взаимного расположения

Рассмотрен процесс оценивания точности выдерживания заданной линии положения по дальномерному оборудованию DME. Оценивание выполнено для пар навигационных средств с учётом оптимального их расположения в пространстве. Разработана структурная схема программного обеспечения для расчёта точности, выполнено моделирование для конкретной зоны воздушного пространства.

Вступление

Радионавигационная дальномерная система DME (Distance Measuring Equipment) состоит из наземного и воздушного оборудования и обеспечивает определение расстояния от наземного радиомаяка до воздушного судна путём передачи и получения радионавигационных сигналов [1]. Передатчик, установленный на воздушном судне (ВС), передаёт сигналы на частоте свойственной определённому наземному радиомаяку. Сигналы принимаются наземной станцией DME, которая запускают передачу ответных сигналов на другой спаренной частоте. Эти ответные сигналы принимаются бортовым оборудованием DME, которое измеряет время между посланным запросом и полученным ответом [1]. Далее по известному времени вычисляется наклонное рассеяние, то есть геометрическое расстояние между ВС и наземным радиомаяком.

На протяжении полёта пилот постоянно использует информацию от дальномерных систем для выдерживания определённых линий положений, например на этапе выхода из зоны аэропорта или захода на посадку. Подобный тип навигации был сильно востребован до начала использования системы GNSS, в настоящее время помимо выдерживания заданных линий положения, DME используется также для позиционирования в воздушном пространстве при одновременном использовании сигналов от двух радиомаяков. Позиционирование по радиомаякам DME относят к альтернативным навигационным системам [2-5]. Расчёт точности использования радионавигационных средств и выбор оптимальной пары относятся к наиболее значимым задачам навигации.

Расчёт точности дальномерного оборудования

Радионавигационная система определяет местоположение ВС в пределах определённой зоны действия, которая характеризуется направленностью антенн наземных радиомаяков и дальностью действия [6]. Существуют требования к точности определения местоположения в пределах

зоны действия. Влияние погрешностей измерения необходимо учитывать при выборе радионавигационных точек и определении местоположения ВС.

При использовании двух радиомаяков DME могут быть определены две линии положения, пересечение которых соответствует точке местоположения ВС. При наличии погрешностей определения линий положения возникает отклонение Δr найденного местоположения от истинного местоположения ВС. Для расчёта точности и определения разницы местоположений может быть использована следующая упрощённая формула:

$$\sigma_{DME/DME} = \frac{\sqrt{\sigma_{DME}^2 + \sigma_{DMEA}^2}}{\sin \alpha},$$

где σ_{DME} , σ_{DMEA} – погрешности определения дальности от наземных радиомаяков в системе DME; α – внутренний угол между направлениями на радиомаяки.

Кроме того, зона действия навигации основанной на использовании двух радионавигационных средств может быть оценена исходя из соображений ухудшения точности на величину более чем в два раза. Исходя из этого возможно вычислить значение углов α для которых будет справедливо следующее:

$$2\sqrt{\sigma_B^2 + \sigma_A^2} = \frac{\sqrt{\sigma_B^2 + \sigma_A^2}}{\sin \alpha_{AB}}; \sin \alpha_{AB} \geq \frac{1}{2}.$$

В соответствии с этим, двойном ухудшению точности соответствовать зона ограничена линиями постоянных углов 30° и 150° . Для случая радиомаяков BRP и IK1 зона двойного ухудшения точности приведена на рис. 4.

Структурная схема программного обеспечения

Оценивание точности дальномерного оборудования выполним с использованием итеративного алгоритма, оценивающий значение точности для каждой точки воздушного пространства. Для получения множества возможных положений ВС используется сетка элементарных ячеек расположенных на определенной высоте (к примеру требуемой высоте полёта ВС). Обобщённая структурная схема программного обеспечения для расчета точности представлена на рис.1.

Как показано на рис.1 программное обеспечение включает базу данных аэронавигационного оборудования, которая содержит детальную информацию по каждому радиомаяку DME. В соответствии с заданной парой радиомаяков выполняется выбор исходных значений из аэронавигационной базы данных для моделирования. Для выбора точек, необходимо вести код выбранного радиомаяка. Далее производится перевод координат радиомаяков из географической системы LLA в декартовую систему координат ECEF. Далее данные подготавливаются для перевода в локальную систему координат, выбранную таким образом, что один из радиомаяков находится в ее центре. В данной системе координат вычисляется базис системы позиционирования или расстояние между двумя радиомаяками.

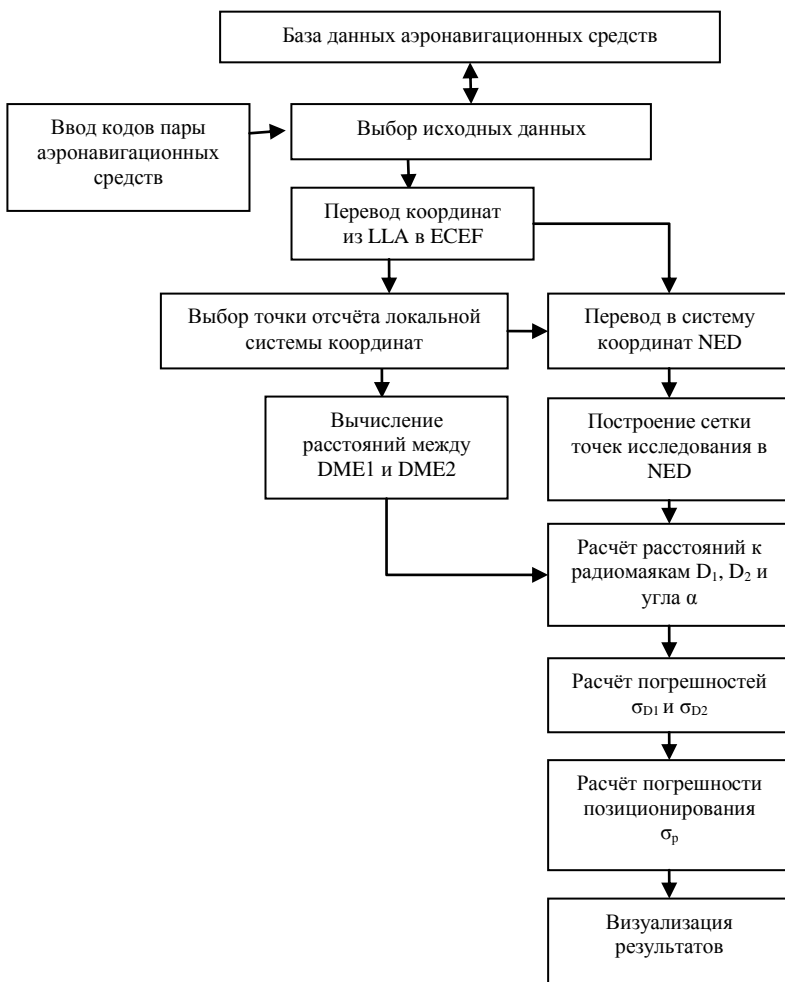


Рис. 1. Структурная схема программного обеспечения

Далее создаётся сетку точек пространства на определённой высоте для расчёта точности в NED системе координат. Схематическое представление сетки представлено на рис. 2.

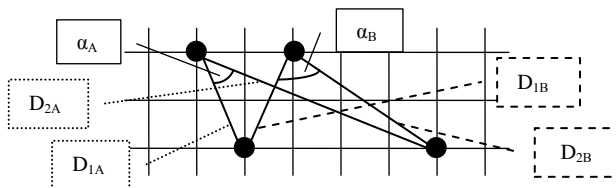


Рис.2. Сетка точек исследования в системе NED

Сформированная матрица узлов сетки используется для вычисления таких параметров, как расстояния от узла сетки до радиомаяков DME1 и DME2 (D_1 и D_2), а также угол α между направлениями из узла сетки на радиомаяки. Для оценивания точности учитываются погрешности измерения расстояний в системе DME (σ_{D1} и σ_{D2}) и общей погрешности позиционирования σ_p .

Результаты компьютерного моделирования

Разработанное программное обеспечение было использовано для оценивание характеристик точности взаимного использования радиомаяков DME в районе аэропорта «Киев». В исследование использовались пара радиомаяков «IKI» и «IKV» относящиеся к навигационным средствам аэропорта «Киев» («Kyiv/Zhuliany»). Результаты расчёта внутреннего угла для данной геометрии радионавигационных средств представлено на рис.3, а оценка точности выдерживания линии положения на рис.4.

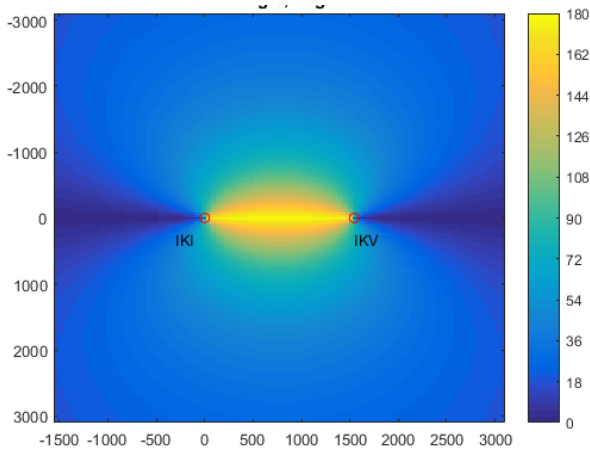


Рис. 3. Результаты расчера взаимного угол α , град

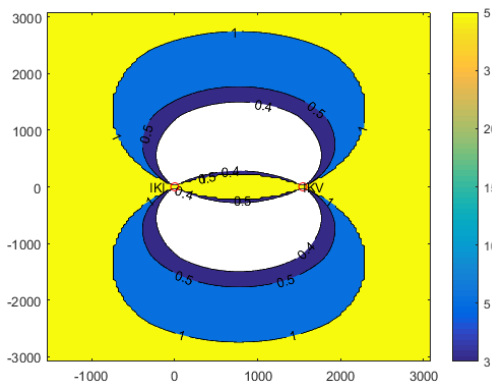


Рис. 4. Результати оцінювання точності позиціонування

Выводы

Представлено програмне забезпечення для розрахунок зони доступності використання пари радіонавігаційних засобів дальномірного обладнання для цілей навігації в певному повітряному просторі. Розроблене програмне забезпечення було використано для моделювання розрахунок точності в зоні аеропорту «Київ» для пари радіомаяків «КІ» і «КV».

Список литературы

1. Авіоніка: навч. посіб. / В.П. Харченко, І.В. Остроумов – К.: НАУ, 2012 – 281с. – ISBN 978-966-598-783-3
2. Остроумов І.В. Оцінювання точності DME/DME позиціонування для повітряного простору України / Остроумов І.В. // Проблеми інформатизації та управління: Збірник наукових праць: Випуск 3(43). – К.:НАУ, 2013.– С. 61-67.
3. Ostroumov I., Kuzmenko N. Accuracy estimation of alternative positioning in navigation / 2016 IEEE 4th International Conference «Methods and Systems of Navigation and Motion Control»(MSNMC), October 18-20, – 2016 : proceedings. – Kyiv, 2016. – 291-294 pp.
4. Ostroumov I.V. Analysis of DME/DME positioning facility for Ukrainian airspace // The Seventh World Congress “AVIATION IN THE XXI-st CENTURY” - "Safety in Aviation and Space Technologies". Volume 2. – Kyiv: NAU, 2016. – 3.6.1-3.6.4 pp.
5. Остроумов І.В. Використання радіомаяків DME для визначення місцеположення у повітряному просторі України / І.В.Остроумов, Т.Б. Лопатко // Вісник інженерної академії України. – 2013. – № 4. – С. 300–305.
6. Остроумов І.В. Оцінювання максимальної дальності дії радіонавігаційних засобів / І.В. Остроумов, // Вісник інженерної академії України. – 2016. – № 4.



Наша адреса:
Національний авіаційний університет
проспект Космонавта Комарова, 1, кім. 1.238
03058, Київ-058,
тел.: (044) 406-71-56
факс: (044) 406-79-21
e-mail: avia@nau.edu.ua
<http://avia.nau.edu.ua>