

## Раздел V. Моделирование сложных систем

В.В. Щербинин, П.П. Кравченко, Р.В. Троценк, А.Н. Шкурко, Н.Ш. Хусаинов

### ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС МОДЕЛИРОВАНИЯ И РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПО ИНФОРМАЦИИ ОТ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ БЛИЖНЕЙ РАДИОНАВИГАЦИИ

Основными задачами моделирования процессов функционирования автономной системы ближней радионавигации (АСБРН) являются оценка адекватности математической модели определения местоположения ЛА реальным данным, а также определение трехмерного распределения точности местоположения ЛА (в местной системе координат) в области коррекции его движения с помощью АСБРН.

На рис.1. приведена иллюстрация принципов работы АСБРН.

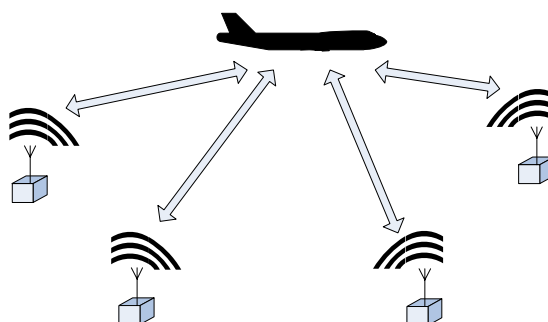


Рис.1. Принцип работы АСБРН

Сущность данной задачи состоит в том, что в некоторой области решения имеется несколько радиомаяков (обычно не менее трех), которые по запросу дают информацию о текущем расстоянии от них до ЛА. Для каждого маяка известно его положение в трехмерном пространстве, что позволяет определить с высокой точностью координаты ЛА на основе одного из специализированных алгоритмов позиционирования.

При такой постановке проблемы открытым остается вопрос, какой из множества алгоритмов вычисления координат ЛА следует использовать в тот или иной момент времени, находясь в различных точках пространства. Для решения этой задачи используются разработанные авторами программные средства проведения статистического моделирования, позволяющие определять оптимальные алгоритмы позиционирования для конкретной конфигурации маяков и положения ЛА.

В качестве входных данных система моделирования использует конфигурацию маяков, задающуюся их положением в пространстве, предполагаемым уровнем ошибок позиционирования и определения дальности для каждого маяка, а также траекторию движения ЛА в виде последовательности регионов пространства, через которые проследует ЛА (рис.2).

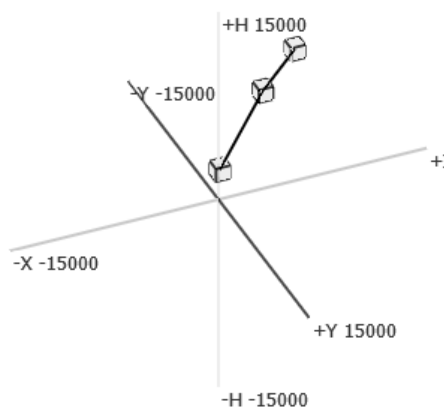


Рис.2. Пример траектории движения ЛА

При проведении моделирования для каждого региона траектории проводится серия экспериментов, по результатам которых определяется алгоритм позиционирования с наибольшей эффективностью в данной области пространства. В качестве алгоритмов позиционирования выбраны: алгебраический, метод наименьших квадратов, корреляционный, нейросетевой метод.

Разработанный комплекс программных средств моделирования, включает:

1. Программную модель подготовки полетного задания для АСБРН (т.н. наземная часть).
2. Программную модель решения навигационной задачи.
3. Программную модель имитации движения ЛА с коррекцией и одним из вариантов алгоритмизации автоматического управления (т.н. бортовая часть).

Программная модель подготовки полетного задания для АСБРН позволяет на основании данных о местоположении радиомаяков (РМ) и ошибках определения дальности провести статистическое моделирование и выбрать оптимальные алгоритмы позиционирования для разных участков траектории.

Общая схема функционирования программной системы выглядит следующим образом:

- ◆ определение исходных данных процесса моделирования (конфигурации маяков, ошибок маяков, траектории движения ЛА);
- ◆ генерация полетного задания при помощи составляющей программной системы, предназначенной для наземного моделирования (в состав полетного задания входят идентификаторы алгоритмов, которые необходимо использовать в каждом из регионов траектории);
- ◆ моделирование бортовой части, в результате которого оцениваются ошибки определения координат ЛА в каждом регионе траектории.

Основной особенностью данной системы является расширяемая архитектура, основанная на подключаемых модулях с возможностями расширения функциональности без необходимости перекомпиляции программы (рис.3).



Рис.3. Обобщенная архитектура программной системы моделирования решения задачи радионавигации

Программная реализация была выполнена с использованием технологии Microsoft .NET Framework, выбор в пользу которой был сделан на основе следующих ее преимуществ:

- ♦ высокая скорость разработки за счет автоматизации рутинных действий программиста;
- ♦ простые в работе средства создания интерфейса пользователя;
- ♦ высокая отказоустойчивость программ, написанных с использованием данной технологии;
- ♦ поддержка интеллектуальных средств обнаружения ошибок в программах (таких как FxCop).

Приложение программной системы для проведения наземного моделирования построено с использованием многооконного интерфейса (рис.4).

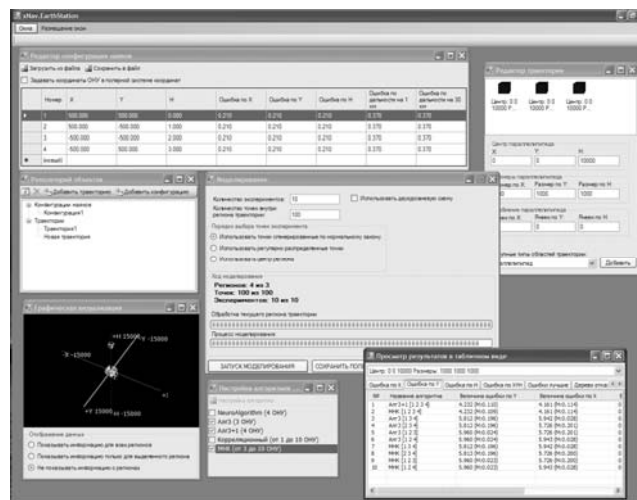


Рис.4. Главная форма программы

Каждый сложный элемент управления открывается в новом дочернем окне главной формы приложения. Выбор элементов управления для отображения осуществляется при помощи специального меню окна

Для запуска процесса моделирования пользователю требуется проделать ряд обязательных шагов, в ходе которых устанавливаются все параметры моделирования и отображаются результаты. Последовательность шагов имеет следующий вид:

1. Выбор конфигурации РМ.
2. Выбор регионов моделирования.
3. Выбор алгоритмов для проведения моделирования.
4. Установка глобальных параметров процесса моделирования.
5. Просмотр результатов наземного моделирования.

Результаты наземного моделирования могут быть отображены на экране в виде таблиц, в которых алгоритмы отсортированы в порядке увеличения ошибки определения местоположения по каждой координате в специальном окне программы под названием "Просмотр результатов в табличном виде" (рис.5).

№	Название алгоритма	Величина ошибки по Y	Величина ошибки по X	Величина ошибки по H	Величина ошибки по N
1	Алг3+1 [1 2 3 4]	4.019 (M:0.083)	4.012 (M:-0.021)	0.231 (M:0.013)	2.669 (M:5.019)
2	МПК [1 2 3 4]	4.019 (M:0.082)	4.011 (M:-0.021)	0.233 (M:-0.017)	2.669 (M:5.018)
3	Алг3 [1 2 3]	5.629 (M:0.106)	5.871 (M:-0.044)	0.327 (M:0.003)	3.970 (M:7.108)
4	Алг3 [1 2 4]	5.629 (M:0.106)	5.851 (M:0.003)	0.327 (M:0.016)	3.977 (M:7.087)
5	Алг3 [1 3 4]	6.093 (M:0.059)	5.850 (M:0.003)	0.334 (M:0.020)	4.216 (M:7.328)
6	Алг3 [2 3 4]	6.093 (M:0.059)	5.871 (M:-0.044)	0.340 (M:0.010)	4.187 (M:7.358)
7	МПК [1 2 3]	5.629 (M:0.106)	5.871 (M:-0.044)	0.339 (M:-0.035)	3.970 (M:7.108)
8	МПК [1 2 4]	5.629 (M:0.106)	5.850 (M:0.003)	0.327 (M:-0.011)	3.977 (M:7.086)
9	МПК [1 3 4]	6.093 (M:0.059)	5.849 (M:0.003)	0.338 (M:-0.008)	4.216 (M:7.327)
10	МПК [2 3 4]	6.093 (M:0.059)	5.871 (M:-0.044)	0.342 (M:-0.017)	4.187 (M:7.358)

а

```

[1 2 3 4] <Алг3+1, Алг3+1, Алг3+1> EX: 4.244 (M:0.144) EY: 4.259 (M:0.059) EH: 0.230 (M:-0.004)
├── [1 2 3] <Алг3, Алг3, Алг3> EX: 5.821 (M:-0.039) EY: 5.876 (M:0.242) EH: 0.323 (M:-0.005)
│   ├── [1 2 4] <Алг3, Алг3, Алг3> EX: 5.929 (M:0.328) EY: 5.876 (M:0.242) EH: 0.325 (M:0.006)
│   ├── [1 3 4] <Алг3, Алг3, Алг3> EX: 5.928 (M:0.328) EY: 5.895 (M:-0.125) EH: 0.327 (M:-0.022)
│   └── [2 3 4] <Алг3, Алг3, Алг3> EX: 5.821 (M:-0.039) EY: 5.895 (M:-0.125) EH: 0.316 (M:0.005)
    
```

б

Рис.5. Окно просмотра результатов процесса моделирования ( а – таблица результатов моделирования для одного из регионов траектории моделирования, элементы управления имеют следующее назначение: 1 – выбор региона траектории моделирования, 2 - выбор отображаемой таблицы, 3 – таблица результатов; б – пример одной из таблиц результатов – отображение дерева отказов в одном из регионов моделирования)

Отличие наземного и бортового моделирования заключается в том, что в программной системе моделирования бортовой части комплекса учитываются возможные отказы РМ. Данное приложение содержит единственную экранную форму, в которой могут быть установлены все необходимые параметры (рис.б).

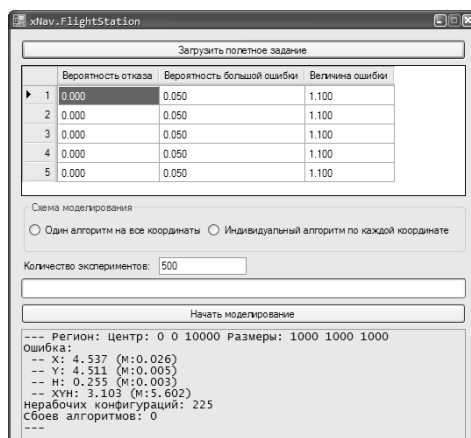


Рис.6. Экранная форма программы моделирования бортовой части комплекса

Алгоритм работы пользователя с данной программой можно представить как последовательность следующих шагов:

1. Загрузка полетного задания, созданного программой наземного моделирования.
2. Редактирование параметров отказов РМ.
3. Выбор схемы моделирования.
4. Установка количества экспериментов при моделировании и запуск моделирования.
5. Получение результатов моделирования.

Результаты испытаний созданного программного обеспечения дают возможность заключить, что сформированное полетное задание позволяет определять координаты ЛА с высокой точностью в области решения навигационной задачи, используя оптимальный алгоритм. Также следует отметить, что данные летных испытаний согласуются с результатами теоретического моделирования.

**А.С. Мкртумов, С.П. Малюков**

## **ДИСТАНЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ТРАКТОВ РАДИОВЕЩАНИЯ**

**Актуальные проблемы диагностики технического состояния трактов формирования, выдачи и распространения теле- и радиовещательных программ.** Широкомасштабное внедрение в практику создания и передачи телерадиовещательных программ современных научно-технических достижений, в частности, цифровой компрессии изображения и звука, поставило в области измерений параметров качества телерадиопродукции ряд сложных и специфических проблем, работа над которыми ведется многими исследователями. Вместе с тем, подавляющая часть случаев реальной деградации качества изображения и звука вызывается, по-прежнему, набором искажений, вполне определяемых классическими методами измерений вещательных трактов. Источниками искажений являются: различные дефекты аппаратуры, неадекватная технология ее использования, нарушения технологических норм (например, несоблюдение уровней сигнала в различных звеньях тракта) [1]. Причиной же, по которой эти дефекты выпадают из поля зрения оператора, является практическая неспособность множества телерадиокомпаний к