

4. Нелинейные эффекты в хаотических и стохастических системах // В.С. Анищенко, В.В. Астахов, Т.Е. Вадивасова, А.Б. Нейман, Г.И. Стрелкова, Л. Шиманский-Гайер. – М.,-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 544 с.
5. Колесников А.А., Капустина А.С. Синергетический метод динамической обработки и защиты информации // Межвузовский научный сборник «Управление и информационные технологии – 2007». – Пятигорск: Изд-во ПГТУ, 2007. – С. 23-31.
6. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного: Введение. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 352 с.

Кононов Антон Федорович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: anatoly.kolesnikov@gmail.com.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 8(8634)318-090.

Кафедра синергетики и процессов управления.

Доцент.

Kononov Anton Fedorovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: anatoly.kolesnikov@gmail.com.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 8(8634)318-090.

Department of Synergetics and Control.

Associate professor.

УДК 629.7.072.1

**Н.Ш. Хусаинов**

**ФОРМИРОВАНИЕ ОБЛИКА БОРТОВОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

*Рассматриваются вопросы создания информационно-алгоритмического обеспечения для системы радионавигации, основанной на использовании наземной радиомаяковой схемы для коррекции координат летательных аппаратов на завершающем участке траектории. Основное внимание уделено вопросам проектирования схема взаимодействия подсистем навигации и управления в рамках единой бортовой интегрированной системы.*

*Система ближней радионавигации; бортовая интегрированная система навигации и управления; определение местоположения; коррекция координат.*

**N.Sh. Khusainov**

**FORMING OF THE FACE OF ON-BOARD INTEGRATED CONTROL SYSTEM FOR UNMANNED FLYING VEHICLE**

*The problems of design of informational-algorithmic support for automatic local radio navigation system based on land beacons and intended for correction of flying vehicle coordinates especially on the finish part of trajectory are discussed. The main attention is paid for development of rules for interaction of navigation sub-system and control one within framework of unified on-board system.*

*Local radio navigation system; on-board integrated navigation & control system; location computing; coordinate correction.*

Рассматриваемая в работе бортовая интегрированная система управления (БИСУ) беспилотного летательного аппарата (ЛА) ориентирована на решение следующих задач:

- ◆ определение местоположения ЛА в заданной системе координат по информации от инерциальной навигационной системы (ИНС) и системы ближней радионавигации (СБРН);
- ◆ коррекция координат ИНС;
- ◆ управление движением ЛА на конечном участке траектории.

С учетом решаемых задач БИСУ должна удовлетворять следующим основным требованиям [1]:

- ◆ обеспечение заданной точности, достоверности и надежности навигационных измерений за счет совместной обработки показаний ИНС и радионавигационных сигналов СБРН;
- ◆ формирование управляющих сигналов, которые обеспечивают на завершающем участке полета коррекцию накопленного отклонения ЛА от заданной траектории и вывод ЛА в заданную точку приземления с необходимой точностью;
- ◆ обработка информации в реальном масштабе времени.

На основании анализа требований, предъявляемых к бортовой интегрированной системе управления, разработанных алгоритмов функционирования подсистем БСРН, САУ и комплексирования координат, сформирован облик БИСУ, в котором можно выделить 4 базовых подсистемы (рис. 1):

- ◆ подсистема автоматического управления ЛА (САУ ЛА) решает задачи управления движением и "выведения" ЛА в заданную точку приземления. Для рассматриваемой в работе модели ЛА синтез алгоритмов цифрового управления выполнен на основе теории оптимизированных алгоритмов дельта-преобразований второго порядка [2]. Выходными данными блока являются сигналы управляющих воздействий на рули. Ключевыми модулями подсистемы САУ ЛА являются модули оценки ошибки управления (отклонения от заданной траектории) и формирования управляющих воздействий. Алгоритмы функционирования модуля построения программных траекторий позволяют повысить качественные характеристики работы алгоритмов управления в экстремальных ситуациях. Модуль коррекции координат

нат ИНС обеспечивает коррекцию на каждом шаге координат местоположения ЛА, формируемых инерциальной системой навигацией в соответствии с результатами выполненных коррекций;

- ♦ входными данными для бортовой части СБРН являются измеряемые дальности от ЛА до радиомаяков, образующих искусственное радионавигационное поле. Бортовая часть СБРН выполняет первичную обработку и фильтрацию измеренных антенным блоком дальностей, анализ целостности конфигурации радиомаяков. Далее, в соответствии с полетным заданием, сформированным в наземной части СБРН, выполняется выбор оптимального (или субоптимального, при невозможности использования отдельных сигналов дальностей) алгоритма и подгруппы радиомаяков для вычисления координат ЛА. Выходными данными блока являются пространственные координаты ЛА или флаг отсутствия выходных данных для текущего момента времени. Особенностью разработанных алгоритмов функционирования наземной и бортовой частей СБРН заключается, в частности, в том, что для определения координат ЛА могут быть использованы один или несколько алгоритмов из достаточно широкого набора алгоритмов, различающихся по вычислительной трудоемкости, требованиям к памяти и т.п.;

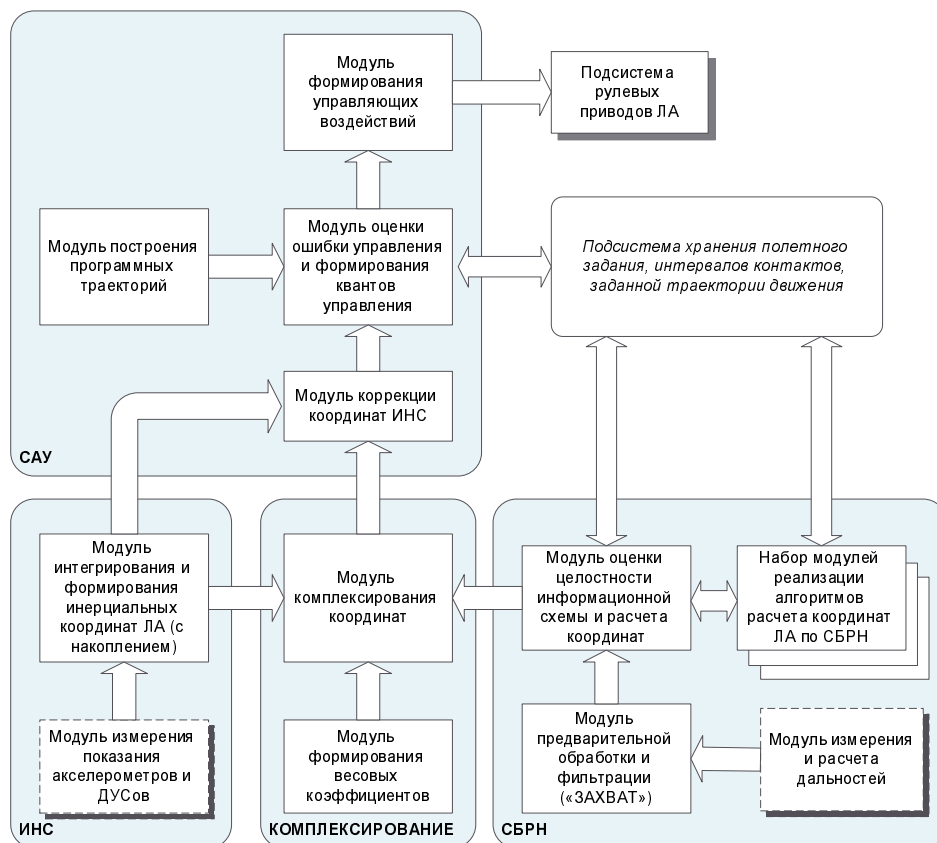


Рис. 1. Структурная схема БИСУ

- ◆ подсистема комплексирования координат, получаемых от ИНС и от бортового модуля СБРН, предназначена для формирования единого выходного вектора координат, используемого для коррекции пространственного положения ЛА. В ходе разработки БИСУ выбрана схема комплексирования ИНС и СБРН и разработан алгоритм комплексирования координат ЛА на базе расчета статических весовых коэффициентов по отношениям статистических оценок уровней ошибок двух навигационных подсистем;
- ◆ подсистема ИНС, получая на вход сигналы с блока акселерометров и датчиков угловой скорости (ДУСов), выполняет расчет инерциальных навигационных параметров (координаты и составляющие скорости) и параметров ориентации (углы тангажа, крена и рыскания) ЛА. Частота обновления данных с измерительных блоков для современных ИНС составляет порядка 100 Гц [3]. При компьютерном моделировании функционирование подсистемы ИНС может имитироваться путем численного решения дифференциальных уравнений описания движения рассматриваемого ЛА.

Проектирование схемы взаимодействия подсистем БИСУ связано с определением приоритетов, порядка вызова и длительности выполнения вычислительных процессов, реализующих (моделирующих) функции подсистем БИСУ. В качестве основных процессов на схеме взаимодействия подсистем БИСУ в порядке убывания приоритета можно выделить следующие (рис. 2):

- ◆ процесс имитации движения ЛА и расчета инерциальных координат ЛА по информации от ДУСов и акселерометров. Считывание показаний с датчиков и их интегрирование выполняется модулем интегрирования и формирования координат с некоторым постоянным шагом (порядка 100 Гц для широкого спектра современных ИНС) в режиме жесткого реального времени. В программной модели БИСУ функционирование датчиков угловых скоростей и акселерометры имитируется путем численного решения дифференциальных уравнений, описывающих движение ЛА в пространстве, при этом шаг интегрирования составляет 1 мс. Для имитации "ухода" ИНС в программной модели БИСУ в инерциальные координаты, получаемые на каждом шаге интегрирования, вводится случайная ошибка. Знак ошибки генерируется однократно для всего "пролета", а величина ошибки представляет собой случайную величину с разбросом (сигмой), который соответствует уровню точности ИНС;
- ◆ измерение дальностей и их предварительная обработка процедурой "ЗАХВАТ" в подсистеме СБРН. При имитации работы модуля измерения дальностей от ЛА до радиомаяков используется модель генератора дальностей и генератора искажений измерений дальностей. Интервал между очередным измерением дальности по каждому РМ определяется конструктивными особенностями антенного модуля и составляет порядка десятков миллисекунд, измерения по всем радиомаякам выполняются синхронно и (с учетом некоторых допущений, которыми на данном этапе можно пренебречь) одновременно. Таким образом, кортеж из  $N$  дальностей (где  $N$  – количество маяков в конфигурации) вы-

дается на вход процедуре "ЗАХВАТ" каждые 70 мс. Случаю, когда антенный блок не смог сформировать измерение дальности, соответствует особое (фиксированное, заранее predetermined) выдаваемое значение;

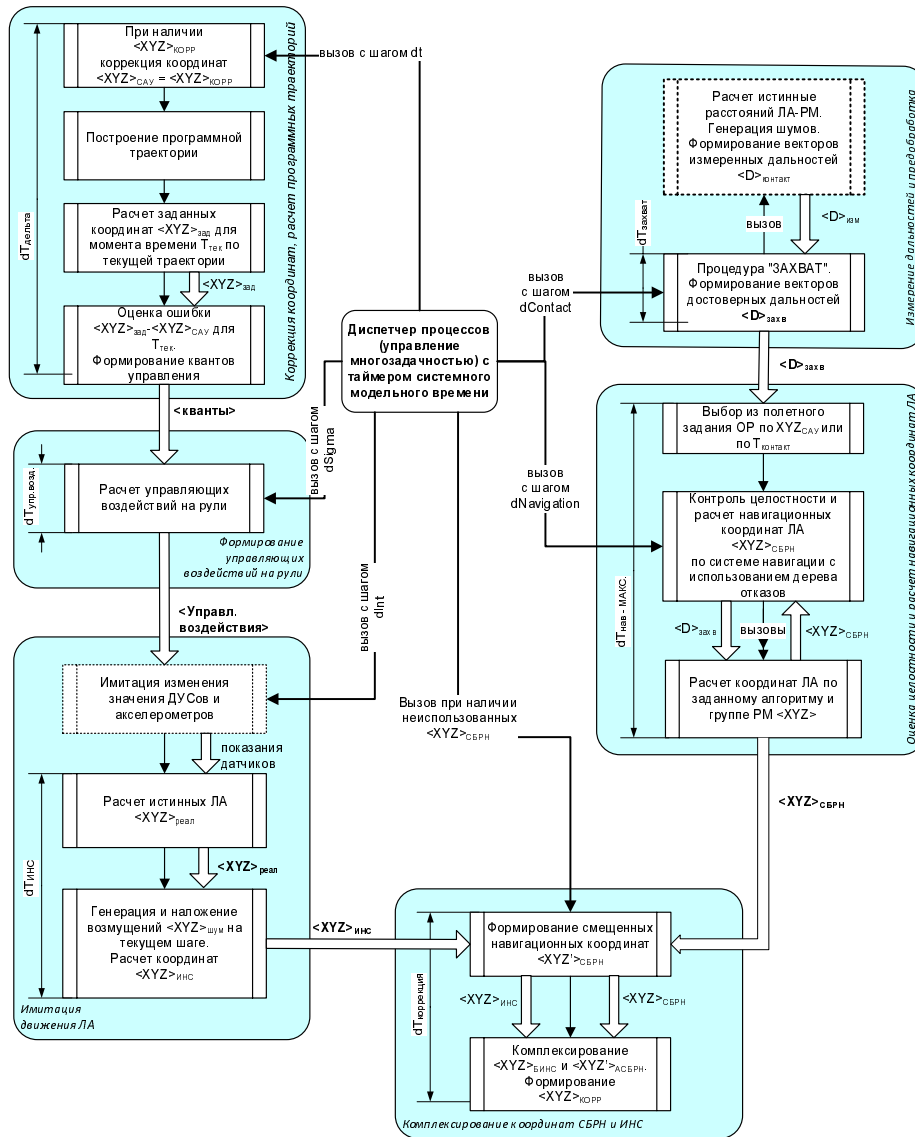


Рис. 2. Схема взаимодействия подсистем и процессов в модели БИСУ

- ♦ формирование воздействий на рули управления в рамках САУ ЛА. Процесс является процессом жесткого реального времени, вызывает-ся с постоянным временным шагом порядка 0,2 с;
- ♦ коррекция координат, построение программных траекторий, оценка ошибки управления. Процедуры, реализуемые в данном процессе,

представляют собой "верхний" логический уровень управления и коррекции ЛА. Процесс является процессом жесткого реального времени, вызывается с постоянным временным шагом;

- ◆ расчет "навигационных" координат ЛА в подсистеме СБРН по информации о дальностях от ЛА группы радиомаяков. Вызов модуля оценки целостности информационной схема и расчета координат ЛА носит асинхронный (нерегулярный) характер и осуществляется при наличии "неиспользованных" дальностей с выхода процедуры "ЗАХВАТ". Расчет координат ЛА (вместе с оценкой целостности информационной схемы) не является процессом жесткого реального времени и может прерываться рассмотренными выше процессами. Длительность расчета навигационных координат на борту ЛА существенно зависит от количества радиомаяков, указанного в ТЗ алгоритма расчета, наличия отказов радиомаяков. Поэтому в рамках программной модели длительность выполнения данного процесса характеризуется только верхней границей времени;
- ◆ комплексирование координат. Вызов соответствующего модуля также носит асинхронный (нерегулярный) характер, выполняется только при наличии "неиспользованного" выхода с СБРН. Процесс может прерываться другими, более приоритетными процессами, имеет прогнозируемое с высокой точностью время выполнения и имеет малую (по сравнению с другими процессами) трудоемкость.

Разработанная схема реализована в рамках программной модели управления движением ЛА с коррекцией на завершающем участке траектории по информации от искусственного радионавигационного поля.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жуковский А.П., Расторгуев В.В. Комплексные радиосистемы навигации и управления самолетов: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МАИ, 1998. – 268 с.
2. Кравченко П.П. Основы теории оптимизированных дельта-преобразований второго порядка. Цифровое управление, сжатие, параллельная обработка информации – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008. – 192 с.
3. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / Под ред. М.Н. Красильщикова и Г.Г. Серебрякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 280 с.

Хусаинов Наиль Шавкятович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: KhussainovNSh@mopevm.tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 8(8634)371-746.

Кафедра математического обеспечения и применения ЭВМ.

Доцент.

Nail' Sh. Khusainov  
Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.  
E-mail: KhussainovNSh@mopevm.tsure.ru.  
44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.  
Phone: 8(8634) 371-746.  
Department of Software Engineering.  
Associate Professor.

УДК 004.4'22

**Ю.И. Рогозов, А.С. Свиридов, Н.С. Горбань, А.А. Дубровский,  
Ю.А. Жибулис, Н.В. Почечуев, Р.М. Микита, С.А. Друппов, О.В. Шевченко**

### **СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА**

*Предлагается интегрированный подход к созданию информационных систем на основе модели Zachman. Подход реализуется на базе единой информационной среды, при этом предложенная модель жизненного цикла является «формой», по которой на каждом уровне представления (этапе) из информационной среды может быть получено необходимое архитектурное представление.*

*Информационная система; модель жизненного цикла; проектирование.*

**U.I. Rogozov, A.S. Sviridov, N.S. Gorban, A.A. Dubrovskiy, U.A. Jibulis,  
N.V. Pochechuev, R.M. Mikita, S.A. Drupppov, O.V. Shevchenko**

### **THE SYSTEM APPROACH TO CONSTRUCTION OF INFORMATION SYSTEMS ON THE BASIS OF LIFE CYCLE**

*Integrated approach to creation of information systems on a basis on model Zachmanis offered. The approach is realised to base on the uniform information environments, thus offered model of life cycle is "form" on which at each level of representation (stage) from the information environment necessary architectural model can be received.*

*Information system; life cycle model; designing.*

#### **Введение**

Архитектура информационной системы (ИС) определяется не только особенностями предметной области, но и в значительной мере – структурой жизненного цикла (ЖЦ) ИС, а точнее, моделью жизненного цикла ИС, используемой при разработке и сопровождении.

Ранее была предложена модель ER++ основанная на расширенной модели Zachman [1]. Также было выдвинуто предположение, что в случае использования на протяжении ЖЦ модели ER++ это даст возможность провести интеграцию этапов, создать основу для построения современных CASE-средств.