



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ»
(ФГУП «ГосНИИАС»)

**Комплекс прототипирования системы
самолетовождения. Разработка
перспективной функции вертикальной
навигации для самолета МС-21**

*Куланов Н.В., Галушкин В.В., Голубева А.А.,
Григорьев П.Ю., Легран А.Г.*



Основные задачи вертикальной навигации

- Формирование высотно -скоростного профиля полёта ВС с выполнением заданных планом полёта ограничений по высотам и скоростям в ППМ и на отдельных этапах полёта.
- Формирование значений управляющих параметров в АБСУ и АТ.
- Прогноз движения центра масс ВС от текущей точки полёта до захода на посадку либо другую заданную точку.
- Прогноз топливно-временных параметров движения ВС.
- Обеспечения заданного времени прибытия ВС в аэропорт назначения.
- Контроль и обеспечение выполнения задач вертикальной навигации.



Концептуальные подходы к решению задач

- **Общая концепция:** решение задач в ВСС современными методами с использованием динамических моделей движения ВС.
- **Задача формирования высотно-скоростного профиля:** современные методы оптимизации динамических систем по **критериям:** **J1**-эконом.; **J2**-быстрод.; **J3**-мин.топлива; **J4**- максим.дальности; ...при заданных ограничениях.
- **Задачи прогноза:** модели движения ВС с учётом вращения Земли с реальными ЛТХ воздушного судна и текущими параметрами атмосферы.



Факторы, определяющие специфику решения задач вертикальной навигации

- Большая длительность полёта ВС относительно вращающейся Земли;
- Существенное изменение за время полёта массы ВС;
- Наличие значительных по величине систематических составляющих вектора скорости ветра;
- Многокритериальность с возможностью оперативной смены критерия;
- Высокие требования к точности прогнозов;
- Реальное время и ограниченные вычислительные ресурсы.

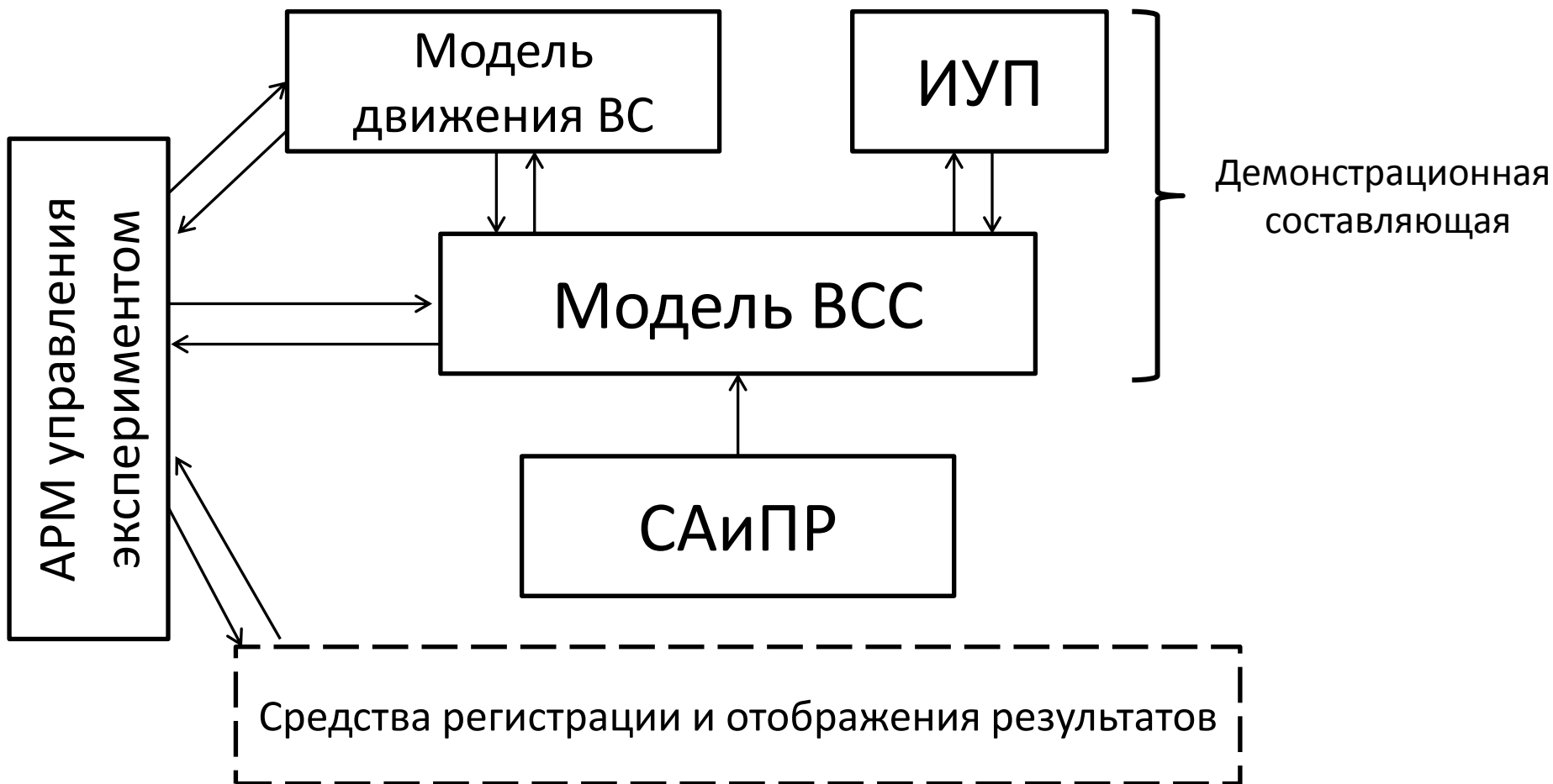


Технология решения задач

- **Современная технология** комплексного решения задач вертикальной навигации предполагает создание **специализированного программно-аппаратного комплекса**, позволяющего получать не только отдельные уникальные решения, но и проводить широкие параметрические исследования с учётом всех ограничений и заданных критериев качества.
- **Комплекс прототипирования** вычислительной системы самолётовождения.



Комплекс прототипирования ВСС





Демонстрационная составляющая

- **Задачи:**

- Демонстрация работы модели ВСС заказчикам и оппонентам во всех заданных режимах;
- Отладка алгоритмического и программного обеспечения модели ВСС;
- Проведение испытаний в нештатных ситуациях;
- Проверка и подтверждение заявленных характеристик новых решений;
- Исследование процессов взаимодействия экипажа ВС и ИУП;

- **Режимы работы:**

- Реальное время-(при работе с «экипажем»);
- Сервисное время-(набор статистики);

- **Модели:** Полные модели; Упрощенные модели; «Имитационные».



Среда анализа и поиска решений (САиПР)

- **Задачи:**
- Создание **максимально комфортных условий** для проведения работ на этапах подготовки, проведения и анализа результатов исследования;
- Реализация **полного диапазона характеристик** внешней среды, лётно-технических характеристик ВС и двигателей;
- Реализация предполагаемого **множества типовых моделей** движения ВС;
- Реализация **поэтапного и сквозного моделирования** процесса движения ВС **с отображением** необходимой информации;
- Предоставление исследователям **необходимого объёма методов вычислительной математики и оптимизации**;
- Обеспечение возможности ведения процесса моделирования в **различных темпах времени**.

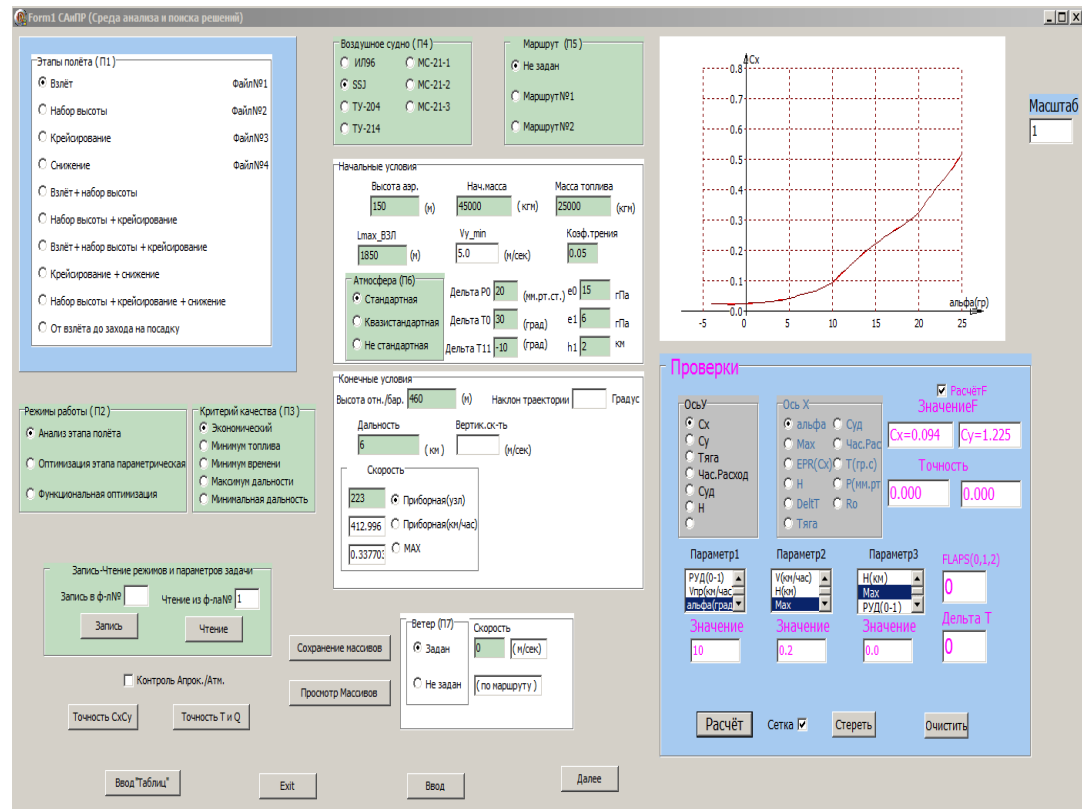


Кадры информационно-управляющего поля САиПР

Кадр №1: Выбор общих условий проведения эксперимента

- **Возможности:**
 - Выбор ВС, его веса и запаса топлива;
 - Выбор этапа полёта;
 - Выбор параметров ВПП и ограничений на скорость отрыва;
 - Задание типа и параметров модели атмосферы;
 - Выбор режима моделирования: анализ, оптимизация;
 - Выбор критерия оптимизации;
 - Контроль и проверка исходных данных и точности аппроксимаций

- **Внешний вид кадра**





Кадры информационно-управляющего поля САиПР

Кадр №2: Задание начальных условий, параметров этапа и оптимизации

- **Возможности:**
 - Задать начальные условия этапа полёта;
 - Задать значения варьируемых параметров;
 - Выбрать метод оптимизации и значения настраиваемых параметров;
 - Задать значение индекса стоимости CI;
 - Задать способ и метод оптимизации;
 - Задать ограничения на параметры полёта;
 - Выбрать независимую переменную интегрирования;
 - Задать метод интегрирования и начальное значение шага;
 - Просмотреть необходимую информацию из РЛЭ и результатов исследования;
 - Проконтролировать заданные параметры атмосферы и тяги двигателей.

- **Внешний вид кадра:**

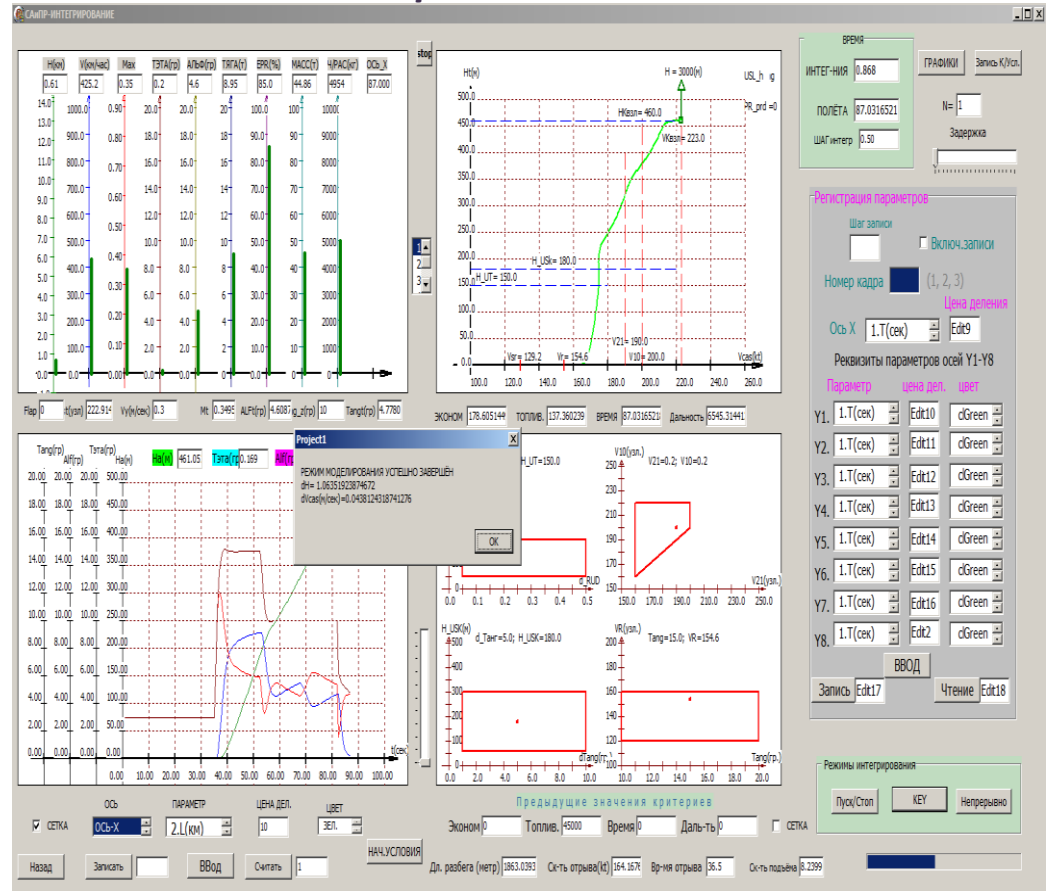


Кадры информационно-управляющего поля САиПР

Кадр №3: Отображение процесса моделирования и его результатов

- **Возможности:**
 - Выбрать желаемый способ и темп изменения независимой переменной интегрирования;
 - Контролировать динамику изменения фиксированного перечня параметров ($H, V, M, T, R, \alpha, \vartheta, \dots$);
 - Выбрать параметры движения ВС для отображения в процессе моделирования;
 - Сформировать кадр записи параметров для анализа результатов моделирования;
 - Отображать фазовые портреты изменения параметров полёта в координатах типа $H-V_{пр}, H-Eуд, \dots$;
 - Контролировать и корректировать процессы оптимизации;
 - Проводить сравнение различных вариантов выбора оптимизируемых параметров;
 - Проводить оценку влияния отдельных факторов на потребные затраты вычислительных ресурсов.

- **Внешний вид кадра:**





Состояние разработки. Полученные результаты.

В модели ВСС

- Разработана базовая модель ВСС;
- Разработана базовая модель нового информационно-управляющего поля для взаимодействия ВСС с экипажем;

В САиПР

- Разработано программно-алгоритмическое обеспечение задач вертикальной навигации этапов «взлёт» и «набор высоты»;
 - Определён перечень релевантных параметров и области их оптимальных значений;
 - Найдены области изменения параметров взлёта, обеспечивающие выполнение требований по дистанции взлёта и минимальному значению скорости отрыва от ВПП;
- Разрабатывается методика оперативного контроля этапа «взлёт»;
- Проводятся исследования по оптимизации этапа «набор высоты».



Контакты и вопросы

Работа выполняется в лаборатории 2130
ФГУП «ГосНИИАС»

Спасибо за внимание!
Вопросы?