

# Gulfstream Aerospace разрабатывает авиационный тренажер с использованием инструментов MathWorks



Кабина пилота авиационного тренажера Gulfstream

Использование летных испытаний для определения архитектуры системы управления полетом, расчета цифровых законов управления и разработки продвинутого пилотажных дисплеев является одновременно и дорогим и затратным по времени. Инженеры Gulfstream Aerospace приняли за эти проблемы, используя инструменты MathWorks для разработки лаборатории авиационного тренажера с системой пилот-самолет. Лаборатория включает эмулятор кабины пилота с интерфейсом, дисплеями управления полетом и обзорными иллюминаторами. Контроллеры и дисплеи соединены с симуляцией в режиме реального времени на базе высокоточных Simulink-моделей аэродинамики, сил и моментов двигателя, уравнений движения, датчиков самолета, приведения в действие управляющей поверхности и законов управления полетом.

«Используя Simulink и Aerospace Blockset, мы разработали модульную и перестраиваемую симуляционную среду», — сообщил Номаан Саед, инженер Flight Sciences в Gulfstream. «Инструменты MathWorks позволили нам быстро рассчитать законы управления, улучшить наши системы управления и сразу видеть влияние этих изменений на пилотажные характеристики в процессе симуляции».

## Задача

Инженерам Gulfstream необходимо было создать гибкие средства авиационного тренажера с системой пилот-самолет, включая симуляцию самолета с шестью степенями свободы, для подготовки запланированного летного испытания модифицированного Gulfstream G550.

Чтобы ускорить разработку и уложиться в сжатые сроки, команда запланировала разделить проект на множество частей

и работать над всеми частями одновременно. Команда разработки системы управления полетов нуждалась в высокоинтерактивном моделировании и среде симуляции для быстрого теста и расчета законов управления. Команде разработки симуляции динамики самолета необходимо было дополнительное разделение модели на меньшие высокоточные подсистемы, включая компоненты управления закрылками, моделирование динамики полета, датчики и системы воздушных сигналов, устройств инерциальной системы координат и датчиков угла атаки, которые могли бы быть разработаны одновременно и интегрированы после в единый авиационный тренажер.

## Решение

Инженеры Gulfstream использовали Simulink, Aerospace Blockset и Simulink Coder™ для разработки симулятора и расчета законов управления в режиме реального времени в процессе симуляции полета.

Им удалось разработать модель динамики самолета через перевод существующих уравнений самолета в Simulink. Изначально разработанные в Fortran, данные уравнения были основаны на модели плоской Земли. Команда использовала Aerospace Blockset для усовершенствования этой модели уравнениями движения, учитывающие сферическую форму Земли, ее вращение и изменения гравитации.

Для уравнений движения, модели ветра и турбулентности инженеры адаптировали заданные блоки в Aerospace Blockset.

Команда также использовала Aerospace Blockset для координатных трансформаций, преобразуя Эйлеровы углы в матрицу направляющих косинусов. Используя Control System Toolbox, они смогли рассчитать собственные числа,

## Задача

Разработать оборудование авиационного тренажера системы «пилот-самолет» для разработки в режиме реального времени законов управления и пилотажных дисплеев

## Решение

Использовать Simulink, Aerospace Blockset и Simulink Coder для создания модели и симуляции цифровой системы управления полетом и динамики самолета в режиме реального времени

## Результаты

- Успешный первый полет
- Ускоренная разработка
- Приближенная к жизни среда подготовки проведения летных испытаний

«В сжатые сроки мы разработали лабораторию авиационного тренажера с системой пилот-самолет, в которой мы можем с легкостью рассчитывать различные системы управления и быстро настраивать законы прямого управления в случае необходимости. Без инструментов MathWorks мы бы не уложились в сроки». — НОМАН САЕД, GULFSTREAM AEROSPACE

собственную частоту и коэффициенты демпфирования. Технология ссылочных моделей в Simulink позволила разным командам разрабатывать отдельные компоненты независимо и организовывать их иерархически в законченную систему.

После валидации модели динамики самолета на основе данных летного испытания, команда использовала Simulink Coder для автоматической генерации С-кода, который был скомпилирован для создания симуляции самолета в режиме реального времени. Отдельные группы Gulfstream разрабатывали модель системы управления полетом в Simulink. Далее две модели, которые соединяются через разделяемую память, были промоделированы вместе.

Симуляция была запущена в режиме интерпретации, позволяя инженерам Gulfstream анализировать и отлаживать модель, размещая отслеживание сигналов, вводя ошибки и разрабатывая новые алгоритмы.

Используя стандартные блоки из Aerospace Blockset, они подключили Simulink модель к FlightGear симулятору для представления изображения

в иллюминаторах на основе данных состояния самолета.

Команда использовала MATLAB для постпроцессной обработки результатов симуляции и создания графического интерфейса пользователя, который позволял изменять условия полета, выбирать аэропорт и вводить режимы внешнего возмущения в процессе симуляции.

Gulfstream продолжает применять симуляционную лабораторию для различных самолетов. «Гибкость Simulink позволяет нам использовать лабораторию для решения широкого круга вопросов, — сообщил Саед. — Она обладает высокой модульностью и перестраиваемостью, поэтому мы можем легко выбирать среди различных моделей или разрабатывать различные компоненты».

## Результаты

### Успешный первый полет.

После передачи законов управления на компьютер управления полетом, команда запустила самолет. «Мы должны были уложиться в сроки, и мы уложились, — сообщил Саед. — Когда мы запустили самолет, все пошло согласно плану».

### Ускоренная разработка.

«Без инструментов MathWorks мы бы не успели, — заметил Саед. — Используя одни и те же инструменты для разработки и модели динамики самолета и симуляции системы пилот-самолет, мы смогли быстро разработать и определить систему управления».

### Приближенная к жизни среда подготовки летных испытаний.

Gulfstream использовала лабораторию симуляций для подготовки летных испытаний. Пилоты доложили, что летный тренажер по летным характеристикам близко совпадает с настоящим самолетом и предоставляет прекрасную среду для подготовки к летным испытаниям.

## Использованные продукты

- MATLAB
- Simulink
- Aerospace Blockset
- Control System Toolbox
- Simulink Coder

## Дополнительная информация и контакты

Информация о продуктах  
[sl-matlab.ru/products](http://sl-matlab.ru/products)

Пробная версия  
[sl-matlab.ru/trial](http://sl-matlab.ru/trial)

Запрос цены  
[sl-matlab.ru/price](http://sl-matlab.ru/price)

Техническая поддержка  
[sl-matlab.ru/support](http://sl-matlab.ru/support)

Сообщество пользователей  
[matlab.exponenta.ru](http://matlab.exponenta.ru)

Тренинги  
[sl-matlab.ru/training](http://sl-matlab.ru/training)

Контакты  
[sl-matlab.ru](http://sl-matlab.ru)

E-mail: [matlab@sl-matlab.ru](mailto:matlab@sl-matlab.ru)

Тел.: +7 (495) 232-00-23, доб. 0609

Адрес: 115114 Москва,  
Дербеневская наб., д. 7, стр. 8

