

# Airbus разрабатывает систему управления подачей топлива для A380 на основе модельно-ориентированного проектирования



Airbus A380, который является в настоящий момент крупнейшим коммерческим воздушным судном в эксплуатации, имеет дальность полета более, чем на 8000 миль. Для осуществления таких долгих беспосадочных перелетов 11 топливных баков A380 имеют емкость в 250 метрических тонн (320 тысяч литров).

## Задача

Разработать контроллер для системы подачи топлива Airbus A380

## Решение

Использовать MATLAB, Simulink и Stateflow для модельно-ориентированного проектирования для создания модели и симуляции управляющей логики, взаимодействия функциональных спецификаций и ускорения разработки симуляторов

## Результаты

- Сокращены месяцы разработки
- Полученные модели имеют многократное применение в процессе всего проекта
- Дополнительно возникающие трудности отрабатываются без увеличения штата сотрудников

Сложная система управления подачей топлива контролирует заправку и слив топлива на земле, а также управление подачей топлива к двигателям и распределением между баками во время полета. Система может перемещать топливо между баками для оптимизации центра тяжести самолета, уменьшения изгиба крыла и поддержания температуры топлива в допустимых границах.

Инженеры Airbus использовали Simulink® и Stateflow® для разработки модели системы управления топливом, которая была многократно использована в процессе всего проекта. «Благодаря модельно-ориентированному проектированию модель, которую мы использовали для представления функциональной спецификации, позволила нам провести валидацию требований на месяц быстрее, чем это было возможно ранее», — сообщил Кристофер Слэк, эксперт по компьютерному анализу топливных систем в Airbus.

## Задача

Система управления подачи топлива A380 должна быть способна безопасно справляться с любым отказом в системе, состоящей из 21 насоса, 43 клапанов и других механических компонентов. В сложной системе для инженеров на стадии постановки требований трудной задачей является прогнозирование сложных ситуаций, которые могут быть сочетанием относительно малых неисправностей.

Для предшественника A380, A340, рабочая документация по топливной системе содержала более, чем 1000 написанных требований. «Текстовые требования могут создавать предпосылки для неопределенностей и ошибочного истолкования. Когда у вас так много требований, становится сложно для всех понимать все возможные

пересечения между ними и определять, например, что требование на странице 20 входит в конфликт с требованием на странице 340», — заметил Слэк.

## Решение

В Airbus использовали модельно-ориентированное проектирование для моделирования системы управления подачей топлива A380, валидации требований во время симуляции и четкого взаимодействия функциональных спецификаций.

Инженеры Airbus использовали Simulink и Stateflow для моделирования управляющей логики системы, которая включает 45 высокоуровневых карт, почти 6000 состояний и более чем 8700 переходов. Эта модель определяет режимы управления на земле (включая дозаправку, слив топлива и наземное перемещение) и во время полета (включая нормальное питание двигателей, контроль центра тяжести, облегчение нагрузки и сброс топлива).

Функциональность каждого высокоуровневого режима сгруппирована в отдельные карты, позволяя инженерам работать независимо над каждым компонентом в иерархии системы.

Команда разработчиков создала параметризованные модели объектов управления баков, насосов, клапанов и электронных компонент при помощи Simulink. Инженеры могут устанавливать значения параметров для настройки этих моделей, чтобы представить топливную систему любого воздушного судна Airbus.

После прогонки замкнутых симуляций каждого действующего компонента в Simulink, группа интегрировала их в единую модель для симуляций на системном уровне.

Используя Parallel Computing Toolbox™ и MATLAB Distributed Computing Server™,

«Модельно-ориентированное проектирование дало нам расширенную видимость в функциональной разработке системы. Так же мы закончили валидацию требований быстрее, чем это было возможно ранее, и смогли промоделировать многочисленные одновременные отказы деталей, поэтому мы знаем, что может случиться, и быть уверенным в том, что управляющая логика справится с этим». — КРИСТОФЕР СЛЭК, AIRBUS

команда выполнила симуляции методом Монте-Карло на базе кластера с 50 рабочими станциями. За пару дней удается получить 100 000 симуляций полетов в различных условиях окружающей среды и сценариев эксплуатации самолета.

Команда создала десктопный симулятор благодаря генерации кода из моделей объекта управления и управляющей логики при помощи Simulink Coder™. Интерфейс пользователя на базе MATLAB® позволил поставщикам, заказчикам воздушного судна, инженерам поддержки и другим членам команды Airbus визуализировать работу системы управления топливом и взаимодействия с другими системами.

Команда также использовала модели Simulink для разработки программно-аппаратных тестов (hardware-in-the-loop, HIL) и осуществляла тестирование оборудования на базе HIL до получения приемлемого качества и доступа к реальной аппаратуре.

После удачных опытных полетов на A380 команда использовала System Identification Toolbox™ для настройки модели объекта управления, используя измеренные данные. Для удаления шума из экспериментальных данных использовался Signal Processing Toolbox™. Curve Fitting Toolbox™ применялся для расчета разницы между измеренными и смоделированными результатами, а также для моделирования поведения

системы во внештатных условиях.

В процессе усовершенствования модели объекта управления был использован SimPowerSystems™ для включения реле и других элементов электросиловых систем.

Основываясь на успешном применении модельно-ориентированного проектирования для A380, инженеры Airbus теперь применяют данный подход для разработки системы управления топливом на Airbus A350XWB, сокращая срок работ по этому самолету на один год.

## Результаты

### Сокращены месяцы разработки.

«В ранних проектах интеграция нашей топливной системы с тренажерным макетом или стендом системы управления самолетом занимала до 9 месяцев. Используя модельно-ориентированное проектирование на A380, это занимает меньше месяца, — рассказал Слэк. Подобным образом, благодаря многократному использованию модели при проведении тестов оборудования в режиме HIL мы сократили три месяца разработки и сократили время от начальной концепции до первого полета».

### Многократное использование моделей в процессе разработки.

«Simulink и Stateflow модели позволили нам проводить раннюю валидацию требований и сообщать функциональные

спецификации нашим поставщикам, дополняя письменными требованиями в соответствии с ARP 4754, — заявил Слэк. — Данные модели были повторно использованы для создания десктопного симулятора с применением теста в режиме HIL, запущенного на виртуальном интеграционном стенде и демонстрирующего системную функциональность нашим клиентам».

### Отработка дополнительных трудностей без увеличения штата сотрудников.

«Топливная система A380 гораздо сложнее, чем аналогичная на A340, — заметил Слэк. — Модельно-ориентированное проектирование позволило нам справляться со значительно более сложными проектами при том же размере инженерной группы».

## Использованные продукты

- MATLAB
- Simulink
- Curve Fitting Toolbox
- MATLAB Distributed Computing Server
- Parallel Computing Toolbox
- Signal Processing Toolbox
- SimPowerSystems
- Simulink Coder
- Stateflow
- System Identification Toolbox

## 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

