

# Bell Helicopter разрабатывает первый в мире коммерческий вертолет с электро-дистанционной системой управления

## Задача

Разработать программное обеспечение для полетов для первого коммерческого вертолета с электро-дистанционной системой управления и сертифицировать его по стандарту DO-178B уровня А

## Решение

Использовать модельно-ориентированное проектирование для разработки законов управления, трассирования требований к модели, а также для генерации и верификации 16000 строк кода

## Результаты

- Время внедрения сокращено на 90%.
- Итерации разработки сокращены с недель до часов.
- Уверенность в качестве кода.

"Благодаря модельно-ориентированному проектированию успешным был уже первый полет. Не было никаких проблем с точки зрения управления или внедрения. Автоматическая генерация кода для системы управления из модели Simulink с помощью Embedded Coder устранило задержки, связанные с ручным кодированием, и освободило команду для работы над задачами более высокого уровня".

*Майк Ботвелл, Bell Helicopter*



**Bell 525 1 и 2 над Каньоном Пало-Дуро.**

Bell 525 Relentless - первый в мире коммерческий вертолет с электро-дистанционной системой управления (ЭДСУ). Применение ЭДСУ позволяет бортовому компьютеру полностью контролировать поведение вертолёта, обеспечивая максимальную безопасность, уменьшая рабочую нагрузку на пилота, повышая информированность пилотов о ситуации и, в целом, повышая качество управления воздушным судно.

Bell Helicopter использовали модельно-ориентированное проектирование для разработки и внедрения законов управления для ЭДСУ вертолёта Bell-525. Этот проект был первым, на котором инженеры Bell Helicopter использовали автоматическую генерацию кода для прохождения сертификации по стандарту DO-178B уровня А.

"Весь процесс проектирования и симуляции проводился в среде Simulink", - говорит *Майк Ботуэлл*, глава разработки ЭДСУ для Bell 525. "В первый же раз, когда мы сгенерировали код для реальных компьютеров управления полетом с помощью Embedded Coder, у нас не было проблем с интеграцией. Это было очень важно, потому что в предыдущих проектах проблемы с интеграцией сильно тормозили нас".

## Задача

Для компании Bell выход на рынок с вертолётом, оснащённым ЭДСУ, означал ускорение наиболее медленных участков разработки ПО согласно стандарту DO-178B за счет сокращения как ручного кодирования, так и ручного анализа кода. При ручном написании небольшое изменение в коде приводило к тщательному анализу кода, который был слишком долгим для соответствия динамичной программе летных испытаний.

Инженерная команда Bell 525 хотела зафиксировать улучшения по сравнению с их предыдущим подходом к разработке DO-178B. Во-первых, они стремились сократить переработки, вызванные ручным кодированием. Во-вторых, они хотели упростить шаги, необходимые для интеграции кода с остальными системами самолета. В-третьих, они хотели создать надежный процесс разработки, построенный так, чтобы инженеры могли обеспечивать согласованные результаты для других команд и проектов.

## Решение

Инженеры Bell Helicopter разработали, внедрили и протестировали законы управления для системы пролетов Bell 525, применив модельно-ориентированное проектирование.

Применив инструменты Simulink® и Stateflow®, инженеры отдела лётных характеристик разработали модель закона управления, основанную на 900 высокоуровневых системных требованиях, определенных в IBM® Rational® DOORS®. Модель была разделена на модули, которые представляли оси тангажа, крена и рыскания, а также модуль переключения режимов, разработанный с помощью Stateflow.

Они разработали также набор тестовых примеров и провели симуляции в Simulink для проверки логики и функциональности.

Используя Simulink Verification and Validation™, инженеры связали определения требований в DOORS с объектами Simulink и Stateflow, которые они использовали для моделирования этих требований. Такая прямая трассируемость позволила команде выполнить анализ воздействия для определения тех частей модели Simulink, которые будут затронуты, если требования будут обновлены позднее в проекте.

Они также использовали Simulink Verification and Validation для проверки модулей на соответствие стандартам моделирования Bell Helicopter для DO-178 и для измерения покрытия модели тестами. Хотя анализ покрытия не требуется для сертификационного кредита, он играет роль в процессе сертификации, поскольку помогает команде отслеживать низкоуровневые тесты до требований верхнего уровня.

Команда использовала Simulink Report Generator™ для создания отчетов о трассировке требований. Эти отчёты могут использоваться в качестве руководства во время процесса проверки, необходимого для сертификации.

Было сгенерировано около 16000 строк кода на языке C из модели управления Simulink с помощью Embedded Coder®.

Используя Simulink Code Inspector™ и DO Qualification Kit, команда провела автоматическое сравнение сгенерированного кода и модели закона управления для проверки на наличие неподдерживаемых блоков, проверки трассируемости и удовлетворения требований DO-178B по качеству кода.

После анализа кода он был скомпилирован и протестирован с использованием тех же тестовых примеров, что и модель Simulink. Затем команда разработчиков программного обеспечения интегрировала код закона управления с остальным кодом системы управления полетом при подготовке к «живому» тестированию системы.

Прототип Bell 525 Relentless успешно выполнил первый полет и перешёл на стадию разработки полноценных летных испытаний: при номинальной скорости, нагрузке и высоте полёта. Bell Helicopter расширяет использование модельно-ориентированного проектирования для будущих проектов в соответствии с DO-178C.

## Результаты

Время внедрения сокращено на 90%. "В первый же раз, когда мы сгенерировали код для реальных компьютеров управления полетом с помощью Embedded Coder, у нас не было проблем с интеграцией", - говорит *Ботвелл*. "Ранее на начальное внедрение ушло бы около 10 недель, но благодаря модельно-ориентированному проектированию нам хватило одной".

Итерации разработки сократились с нескольких недель до нескольких часов. "Ранее, когда нам нужно было внести небольшое изменение в проект, нам иногда приходилось ждать недели, пока команда разработчиков программного обеспечения его не закодирует", - говорит *Джиллиан Альфред*, один из разработчиков ЭДСУ Bell 525. "С Simulink и Embedded Coder мы просто внесли изменения и обновили код. В течение часа у нас была новая тестовая сборка".

Уверенность в качестве кода. "Модельно-ориентированное проектирование позволило нам сократить продолжительность трудоемких задач, не ставя под угрозу качество конечного продукта", - говорит *Альфред*. "У нас есть такой же высокий уровень уверенности в качестве сгенерированного кода, как и в коде, созданном с использованием наших традиционных ручных процессов. С Embedded Coder мы знаем, что генерируем правильный код, а с Simulink Code Inspector мы можем гарантировать его трассируемость".



### Контакты

[exponenta.ru](http://exponenta.ru)

E-mail: [info@exponenta.ru](mailto:info@exponenta.ru)

Тел.: +7 (495) 009 65 85

Адрес: **115088 г. Москва,  
2-й Южнопортовый проезд, д. 31, стр. 4**



[mathworks.com](http://mathworks.com)

© 2012 The MathWorks, Inc. MATLAB and Simulink are registered trademarks of The MathWorks, Inc. See [www.mathworks.com/trademarks](http://www.mathworks.com/trademarks) for a list of additional trademarks. Other product or brand names may be trademarks or registered trademarks of their respective holders.