



ЭКСПОНЕНТА  
ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
И МОДЕЛИРОВАНИЯ

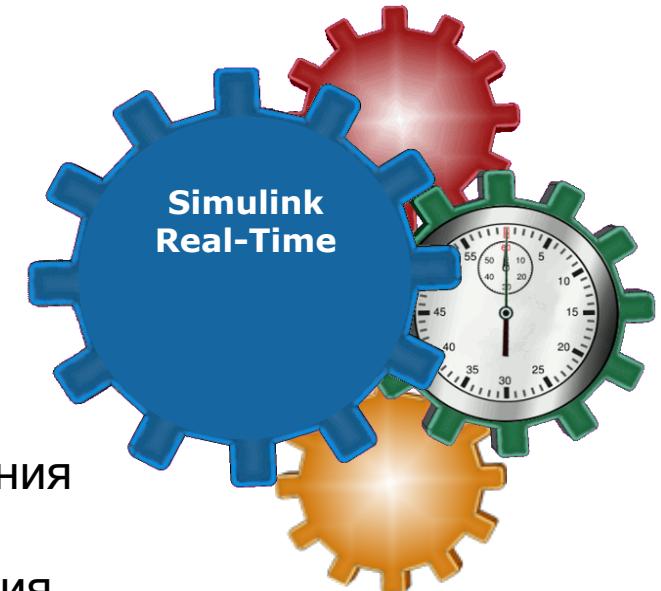


## Полунатурное моделирование

Песельник Михаил,  
Экспонента

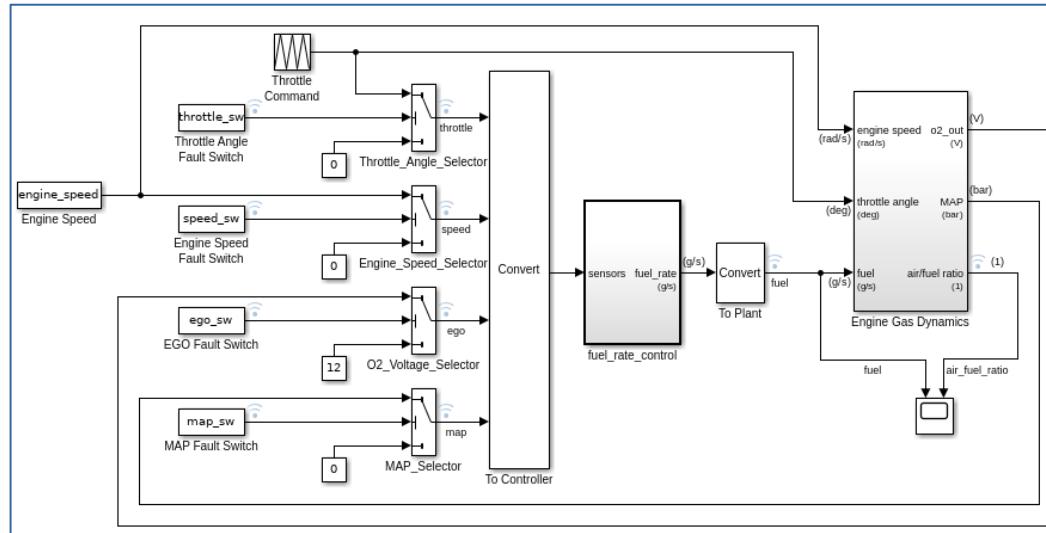
# Что такое тестирование в реальном времени?

- Исследование функционирования компонента или полной встраиваемой системы в реальных рабочих условиях:
  - Детерминизм выполнения задач
  - Учет частоты дискретизации
  - Синхронизация задач
  - Учет работы интерфейсов
- Распространенные виды тестирования:
  - **Быстрое прототипирование** алгоритмов управления (Rapid Prototyping)
  - **Полунатурное моделирование** объекта управления (Hardware-in-the-loop, HIL)
  - Сбор данных и обработка сигналов

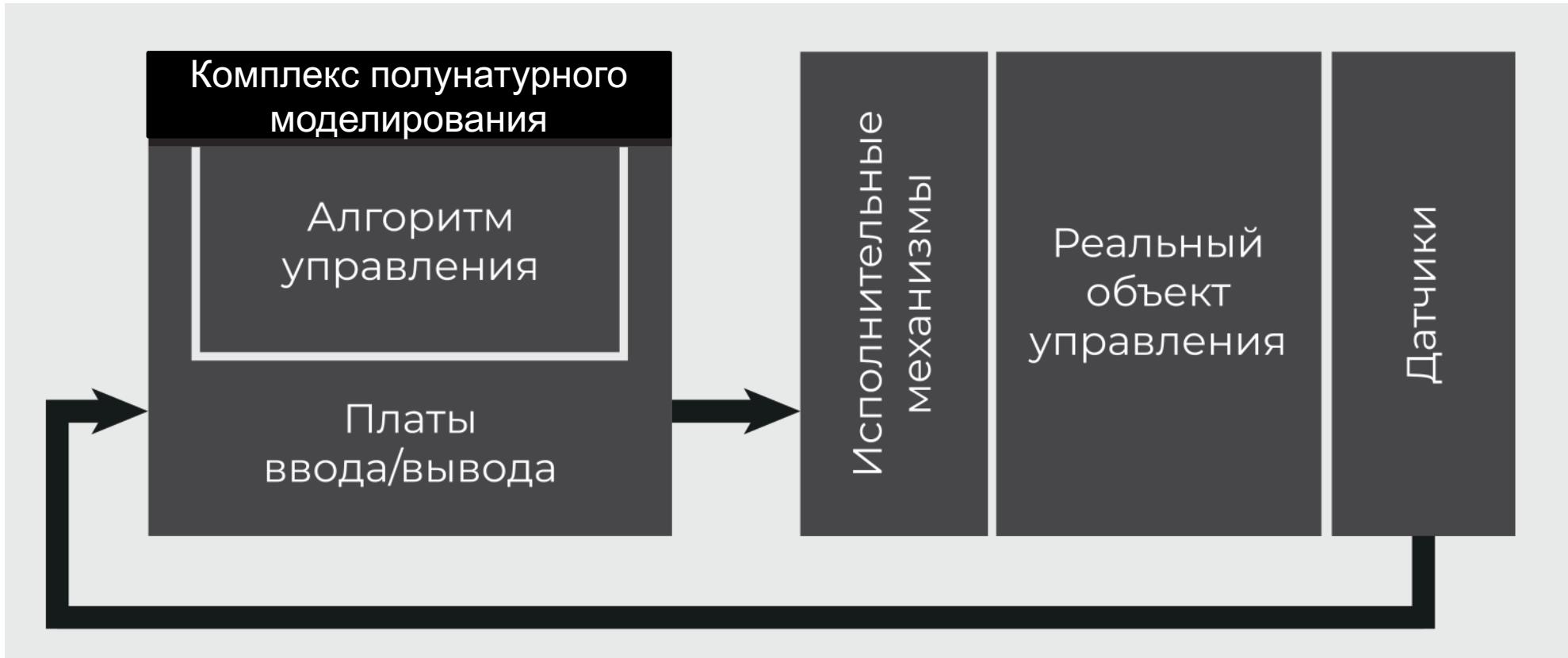


# Проблема 1: Целевой вычислитель не доступен для проверки ваших алгоритмов

- Алгоритмы **придуманы**, но их **не на чем проверять**
  - Целевая платформа (блок управления, контроллер) еще недоступна
- Алгоритмы **придуманы**, но еще **не реализованы программно**
  - Программист еще только планирует когда-нибудь реализовать алгоритм



# Решение: Быстрое прототипирование алгоритмов управления



## Польза: Быстрое прототипирование алгоритмов управления

- Запуск алгоритмов управления на машине реального времени для управления реальным объектом без необходимости иметь навык низкоуровневого программирования
- Быстрые, автоматизированные итерации и доработка алгоритмов
- Тестирование «здесь и сейчас»:
  - Не дожидаясь доступности блока управления/контроллера
  - Не дожидаясь завершения работы программистов
- Прямой путь к автоматической генерации кода для серийного блока управления
- Быстрое переконфигурирование стенда для других проектов

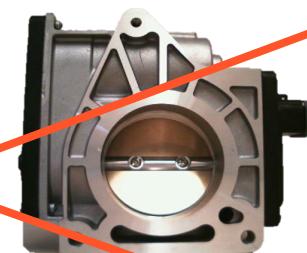
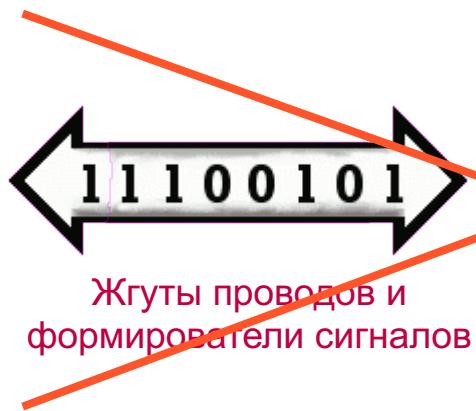
**Вывод:** Технология быстрого прототипирования существенно сокращает цикл разработки систем управления

# Объект управления не доступен

- Алгоритмы **написаны**, но использование реального объекта для испытаний **невозможно**
  - Прототип еще не готов или проводить натурные испытания крайне дорого
- Алгоритмы **написаны**, но использование реального объекта для испытаний **нецелесообразно**
  - Алгоритмы еще не проверены и могут привести к поломке/разрушению объекта

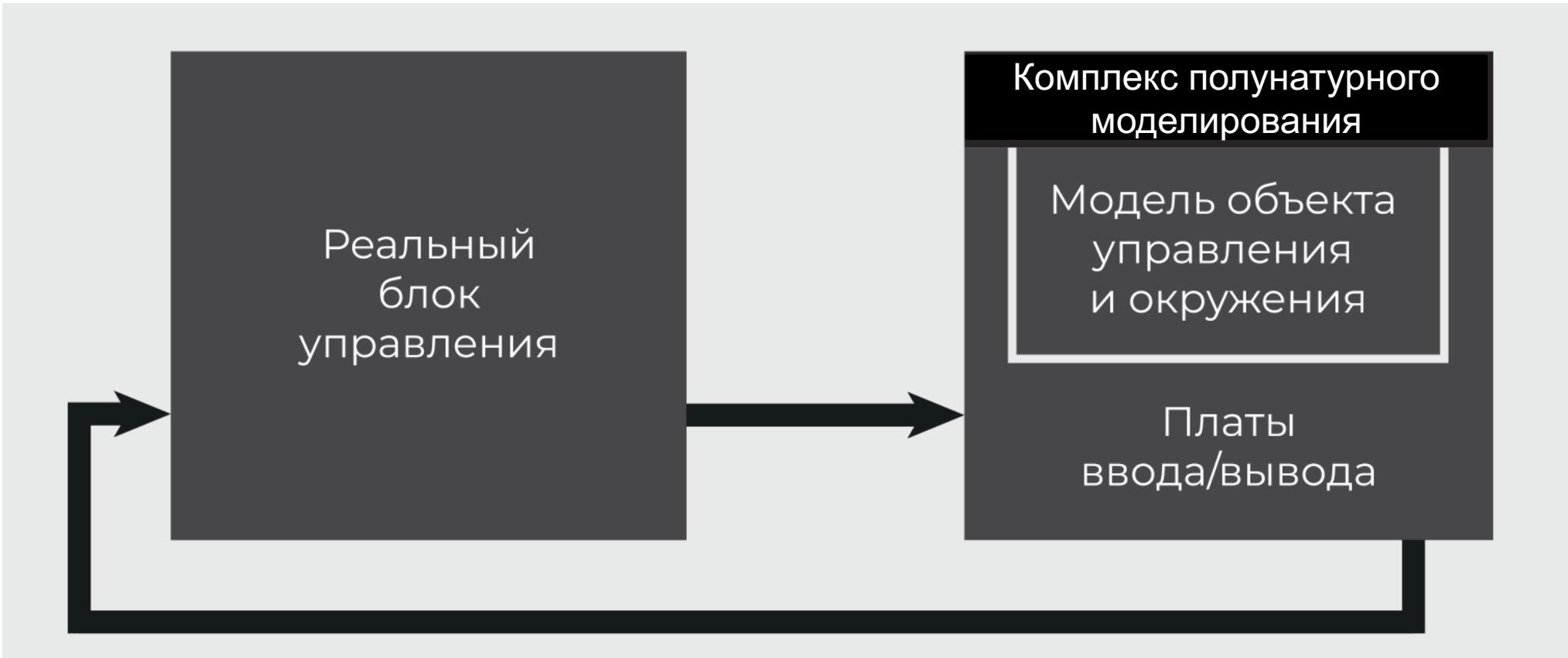


Реальный блок управления



Реальный объект управления

## Решение: Полунатурное моделирование (HIL)



# Польза: Полунатурное моделирование (HIL)

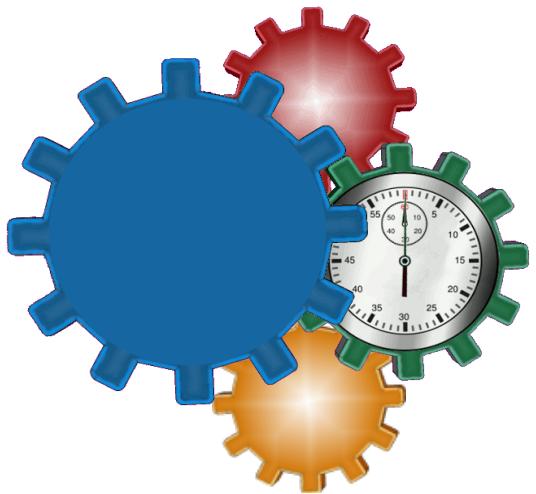
- Полноценная имитация объекта управления с подключением к:
  - Исполнительным механизмам, датчикам и блоку управления
- Широкий спектр применения одной и той же технологии (и одного и того же стенда):
  - Симуляторы различных условий эксплуатации (аварии, критические режимы)
  - Тренажеры для обучения эксплуатирующего персонала (пилоты, технологии)
  - Полунатурные стенды для отладки систем управления
- Проведение испытаний и сокращение издержек на испытания, когда:
  - Реальный объект недоступен или в единственном экземпляре
  - Существует опасность повреждения прототипа или опасность для тестировщика
  - Дорогое время на стенде или далеко ездить на испытания
- Полнценное систематическое тестирование системы:
  - Воспроизводимые тесты
  - Тесты на функциональную безопасность и отказоустойчивость

**Вывод:** Полунатурное моделирование существенно сокращает циклы разработки и испытаний систем и повышает надежность разрабатываемой системы

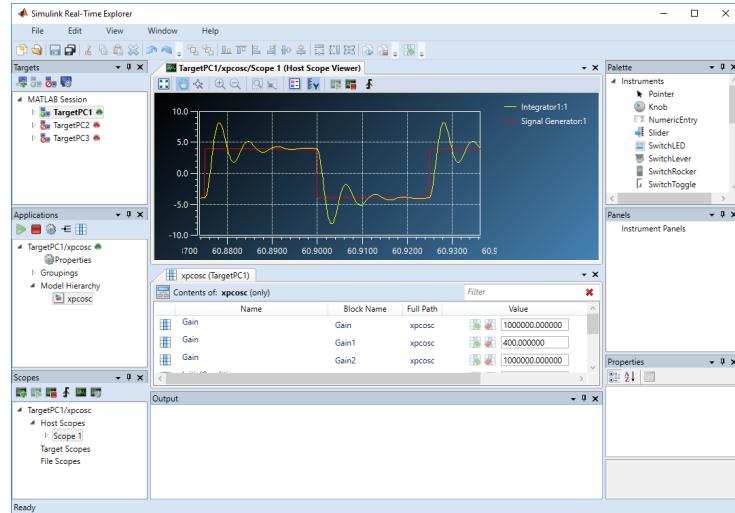
# От моделирования к тестированию в реальном времени

Требуется **запускать, тестировать и доказывать** корректность функционирования модели Simulink/Stateflow с тестируемым объектом управления в **реальных рабочих условиях**.

ОСРВ



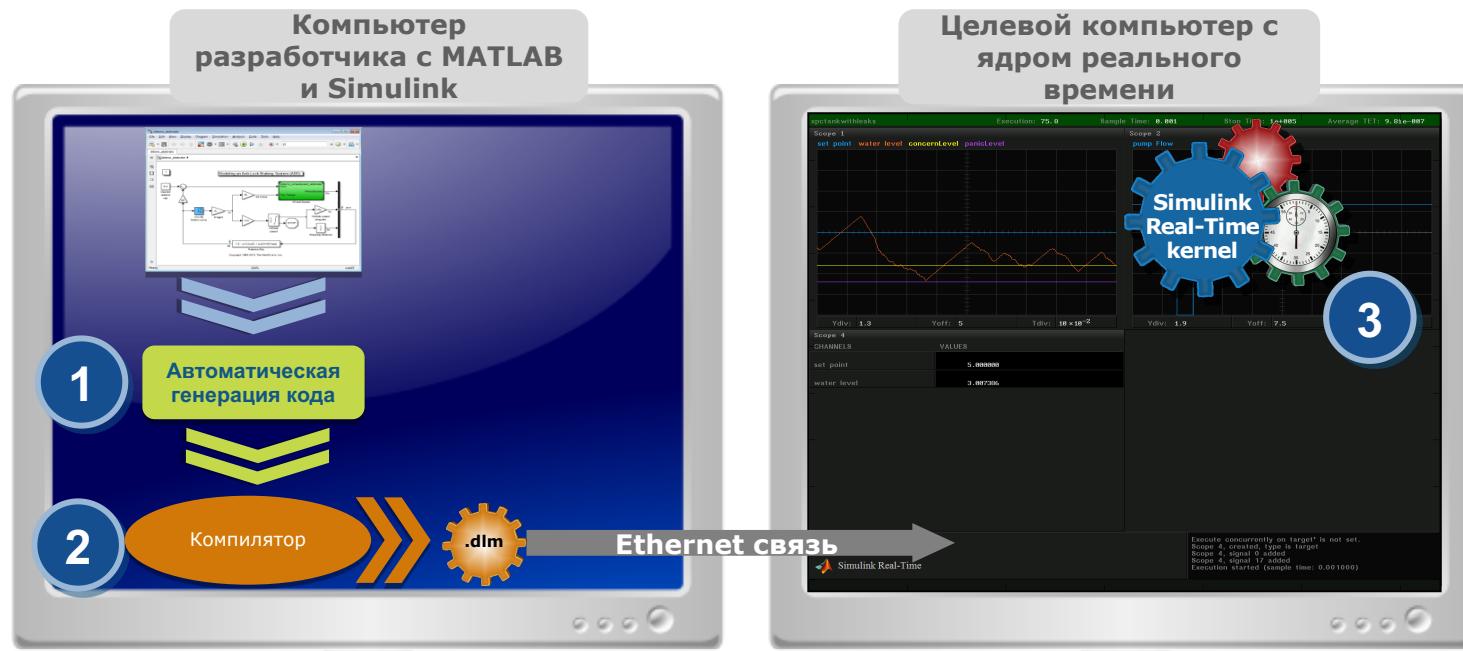
Интерфейс пользователя и функции в Simulink



Аппаратура и библиотека периферийных блоков



# Что такое Simulink Real-Time?



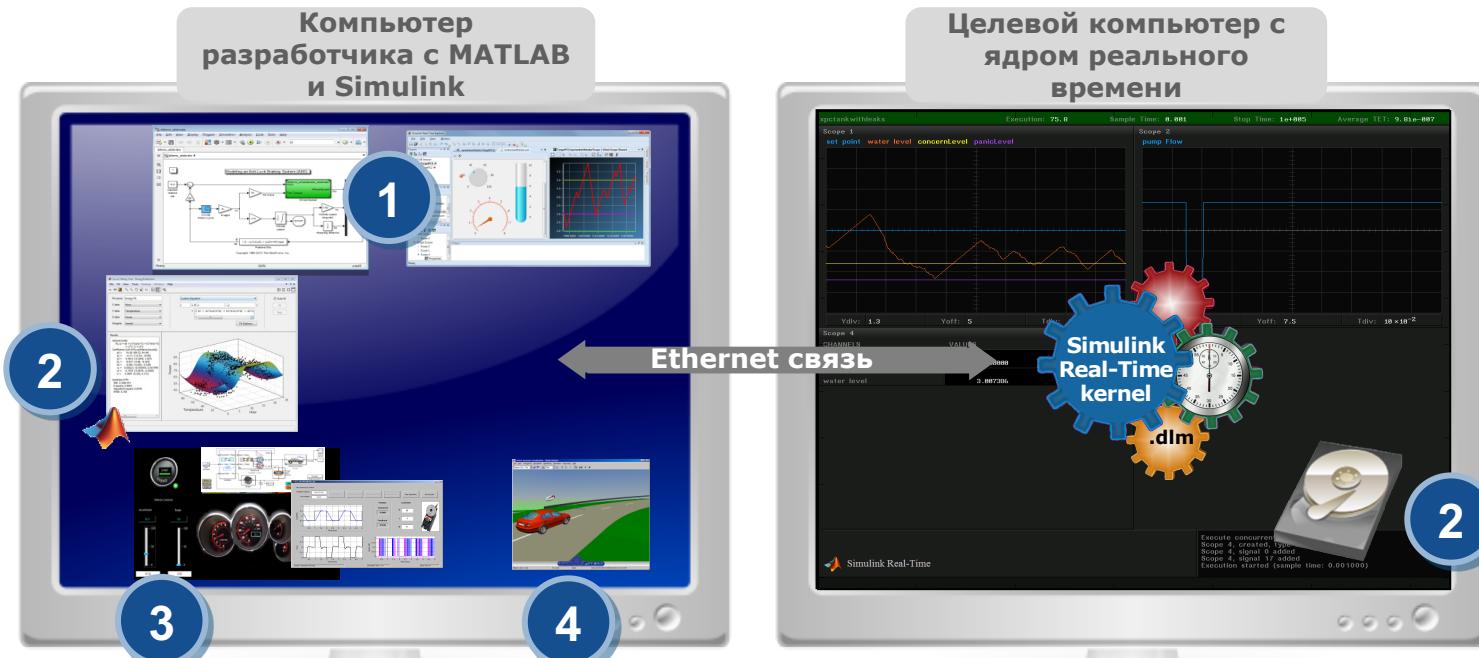
Создание приложений реального времени из моделей Simulink и загрузка на выделенный компьютер за 3 автоматических шага:

**1** Генерация кода

**2** Сборка кода

**3** Загрузка на целевой компьютер

# Что такое Simulink Real-Time?



1 Настройка параметров вживую, мониторинг сигналов и управление выполнением

2 Запись данных для анализа в MATLAB

3 UI/HMI возможности

4 Расширяемость через другие пакеты (например, виртуальная реальность)

# Комплекс полунатурного моделирования РИТМ



- **КПМ «РИТМ»** представляет собой программно-аппаратное решение, предоставляющее возможности тестирования в реальном времени
- **КПМ «РИТМ»** имеет широкий спектр применений — таких, как быстрое прототипирование алгоритмов управления и полунатурное моделирование объекта управления (HIL тестирование)
- **КПМ «РИТМ»** является российской разработкой и поддерживается российскими инженерами
- **КПМ «РИТМ»** поставляется быстро и настраивается «под ключ»

<https://kpm-ritm.ru>

# КПМ РИТМ: модули ввода-вывода

- Аналого-цифровые модули общего назначения
  - АЦП, ЦАП, цифровые входы/выходы, ШИМ, квадратурный энкодер/декодер
- Специализированные интерфейсы
  - ARINC 429
  - MIL-STD-1553
  - CAN, J1939, XCP
  - RS-232/RS-422/RS-485
  - Fibre Channel (FC-AE-ASM)
  - Платы на базе ПЛИС
- Список постоянно пополняется...



# Машины реального времени Speedgoat

Спроектированы для *Simulink Real-Time*, настроенные под ваши задачи

Speedgoat разрабатывает и поставляет решения для реального времени:

- Машины реального времени
- I/O модули
- Драйверы, кабели и разъемы для подключения



Целевая машина реального времени



I/O модули, устанавливаемые в машину реального времени



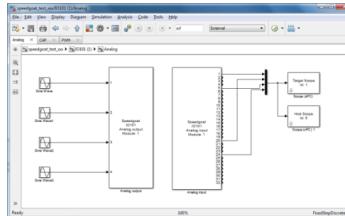
I/O кабели



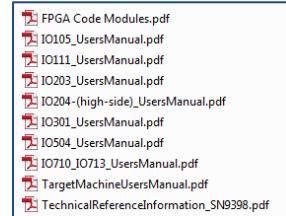
Терминальные платы



Блоки драйверов



Тестовые модели



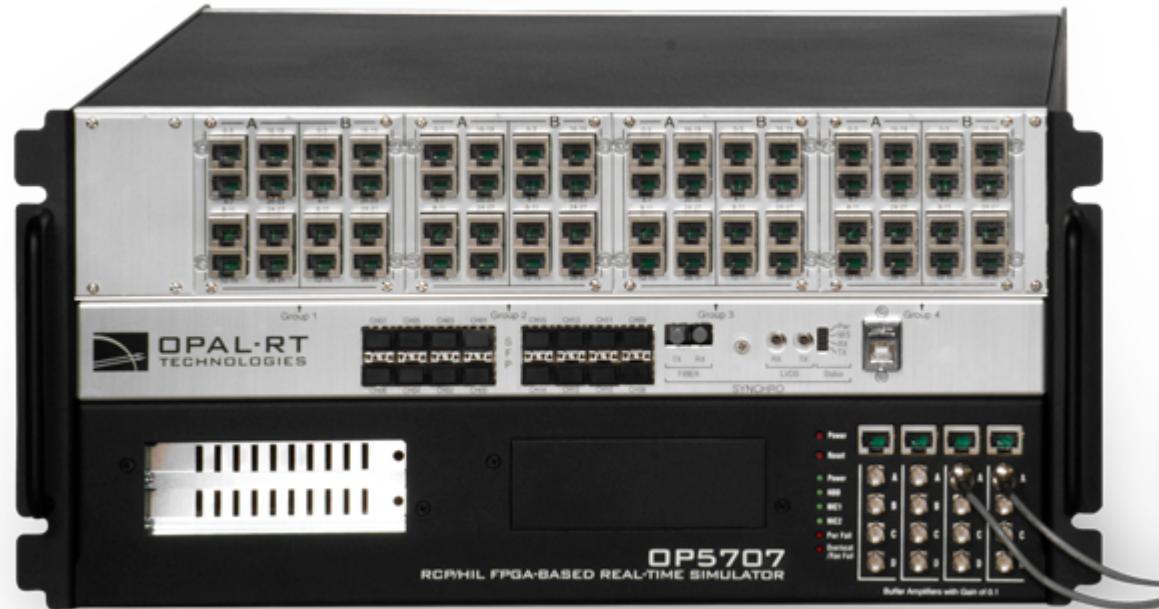
Документация



Стойка с машинами реального времени

# Машины реального времени OPAL-RT

- Модульная и гибкая конструкция
- Расширяемость
- Специализированные протоколы и интерфейсы для электроэнергетики



[tech@exponenta.ru](mailto:tech@exponenta.ru)  
[exponenta.ru](http://exponenta.ru)



**ЭКСПОНЕНТА**  
ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
И МОДЕЛИРОВАНИЯ

- Технические консультации
- Подбор инструментов
- Обучение специалистов
- Работа на заказ