

Импортозамещение ПО для моделирования систем управления. MATLAB SIMULINK и SimInTech: экспертное сравнение и способы перехода

Екатеринбург, 2023



Программа

- Адванс Инжиниринг - компетенции и направления развития
- MATLAB SIMULINK – обзор, история, тенденции
- SimInTech – обзор, история, тенденции развития
- Преимущества SimInTech
 - прозрачность блоков
 - скорость расчета, более новое и современное ядро
 - мультидисциплинарность
 - применение шага моделирования
 - генерация C-кода
 - возможность программирования как импортных, так и отечественных микропроцессоров
 - модуль переноса блоков
- Выводы, обсуждение





- **15+ лет** опыта команды в реализации инжиниринговых проектов
- **100+ заказчиков** из числа крупных промышленных предприятий в РФ
- **1+ млрд. руб. выручка** от реализации инжиниринговых проектов, поставки и внедрения инженерного ПО

г. Екатеринбург, БЦ «Саммит»,
ул. 8 Марта, д. 51, этажи 17, 19



+7 (495) 760-98-52



info@advengineering.ru



КЛЮЧЕВЫЕ ПАРТНЁРЫ И ЗАКАЗЧИКИ

ЛОГОС

DATADVANCE

T·FLEX

АПМ

FlowVision

SimInTech
Simulation in technic

Ansys

GRANTA

SIEMENS
Ingenuity for life

OPENLM

БЕТА
SIMULATION SOLUTIONS

VCOLLAB
Actionable Simulation Insights

**Fracture Analysis
Consultants, Inc**



МИНИСТЕРСТВО
НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



СИЛЕС
МАШИНЫ



KAZAN
HELICOPTERS



ИЛЬЮШИН
группа компаний ОАК



ЦАГИ



SCTM
СИНАРАТРАНСПОРТМЕШАЩИЕ



КАМОВ
ХОЛДИНГ ВЕРТОЛЕТЫ РОССИИ



**МОСКОВСКИЙ ВЕРТОЛЕТНЫЙ
ЗАВОД ИМ. М.Л. МИЛЯ**
ХОЛДИНГ ВЕРТОЛЕТЫ РОССИИ



KAMAZ



САМКОТ



НАМИ



ГРЦ



МВТ



ОДК
УМПО



ОДК
КЛИМОВ



ОДК
СТАР



ИСКРА



ОДК
САТУРН



Кузнецов
ОДК



ОДК
АВИАДВИГАТЕЛЬ

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

Адванс Инжиниринг

Инжиниринговый Центр Цифровых Технологий Машиностроения



ИНИЦИАТОР
ПРОЕКТА



МИНИСТЕРСТВО
НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



ADVANCE
ENGINEERING

ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ
ПАРТНЕР

Выполнение
инженерных работ

Цифровое
моделирование и
проектирование

Подготовка и
повышение
квалификации
инженерных кадров
Образовательная
практико-
ориентированная
среда



Инжиниринговый Центр
Цифровых Технологий
Машиностроения

Проведение НИР
при цифровизации
предприятий

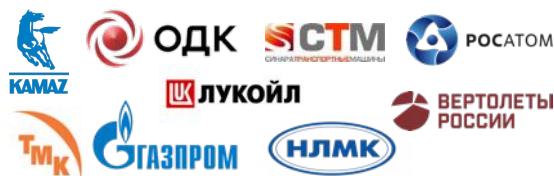
Создание
инжиниринговой
инфраструктуры

Внедрение
программного,
аппаратного
обеспечения

Развитие будущих кадров

Инженерная школа,
талантливая молодежь

Основные Заказчики



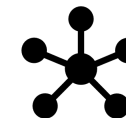
КАДРЫ

130
специалистов
средний стаж
17 лет



Научно-
инженерные
коллективы
ВУЗа

ОБОРУДОВАНИЕ



Полимеры



Испытательные
лаборатории

Металло-
обработка



Аддитивные
технологии



ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ansys

SIEMENS
Ingenuity for Life

T-FLEX PLM

FlowVision

DATADVANCE

BETA

OPENLM

АПМ

3VS

SimInTech

ЛОГОС

VCOLLAB

Fracture Analysis
Consultants, Inc.

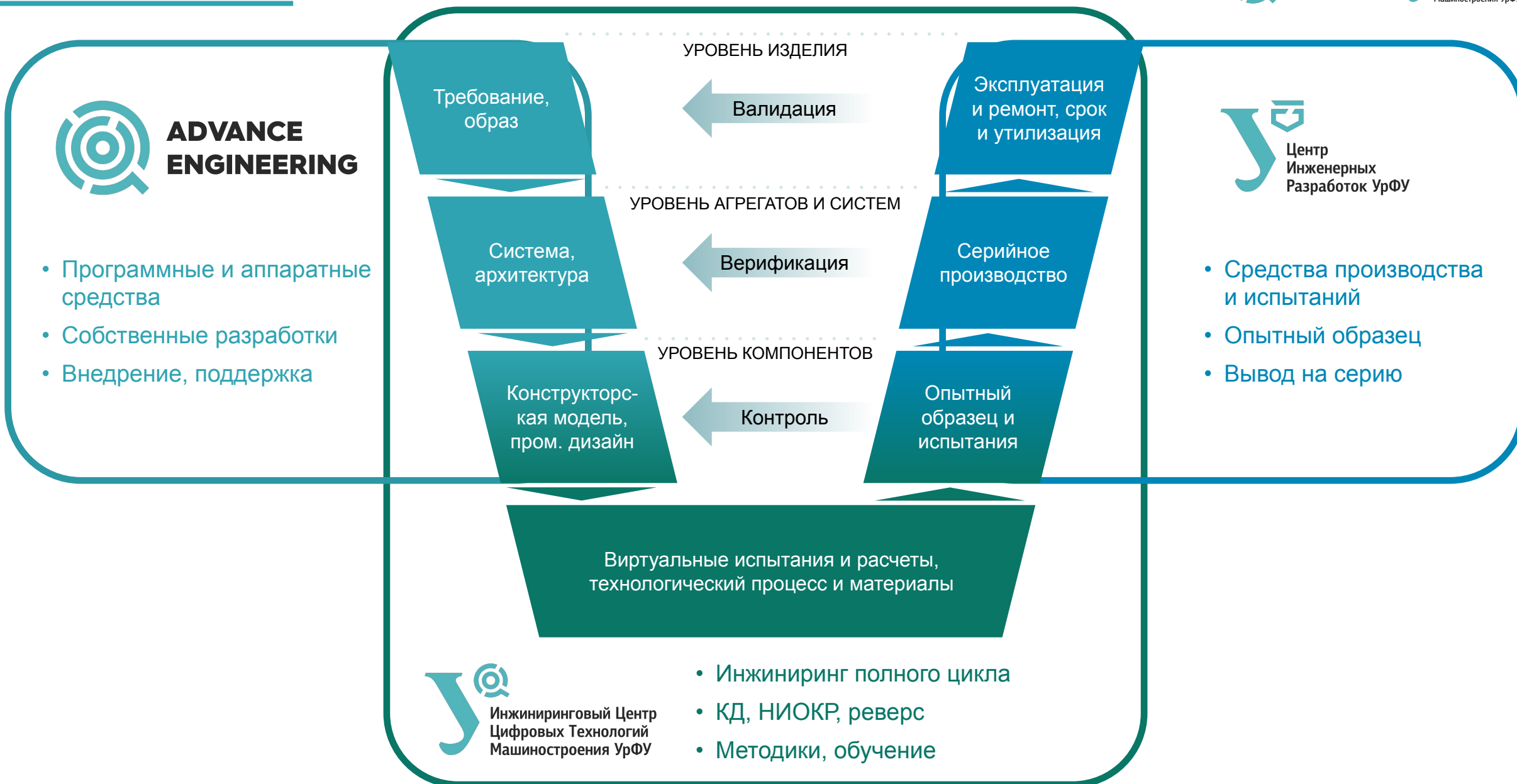
Модуль

АЭКОМ

FRANC3D

IOSO

ТЕСИС



Реализуемые проекты по реверс-инжинирингу изделий

Крыльчатка
вентилятора Punker



Статус:

Приемочные
испытания

Ножи гранулятора
CMP (3 вида)



Статус:

Изготовление
опытного образца

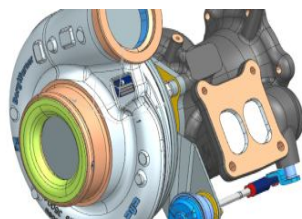
Рабочее колесо насоса
EGGER



Статус:

Предварительные
испытания

Турбокомпрессоры BW/
HOLSET



Статус:

Разработка РКД

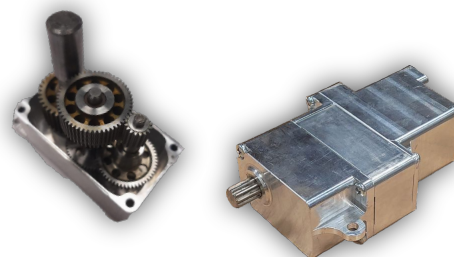
Модуль масляного фильтра
с теплообменником UFI



Статус:

Предварительные
испытания

Сервопривод КСТ



Статус:

Приемочные
испытания

Вентилятор с муфтой в
сборе BorgWarner



Статус:

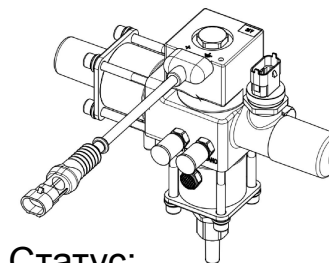
Изготовление опытного
образца
Компрессор
холодильный



Статус:

Разработка РКД

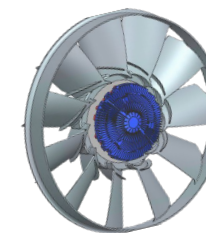
Редуктор газовый
METATRON



Статус:

Разработка РКД

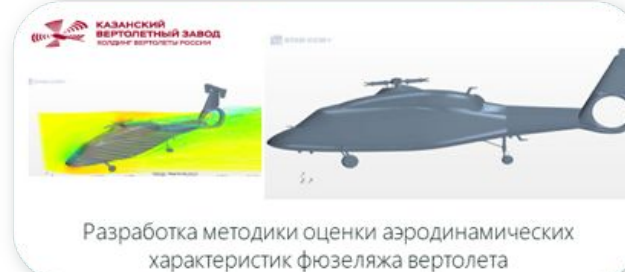
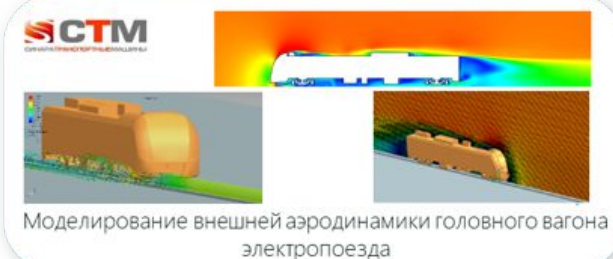
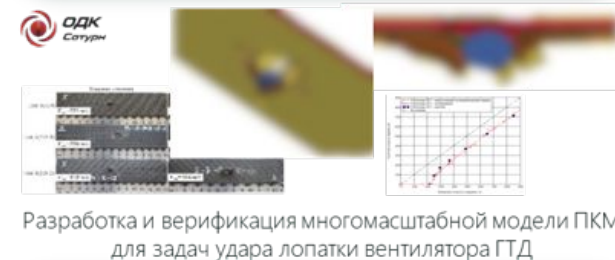
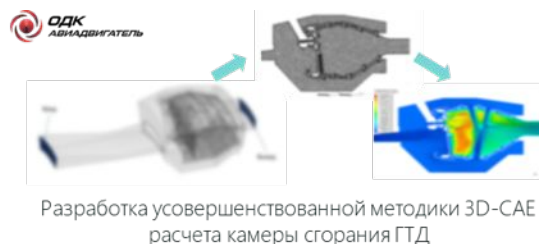
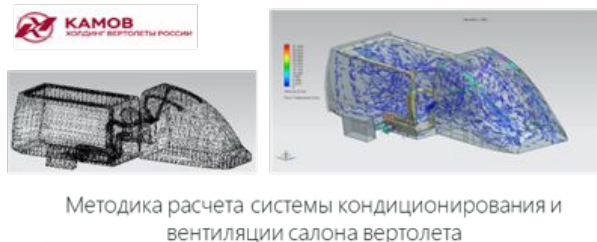
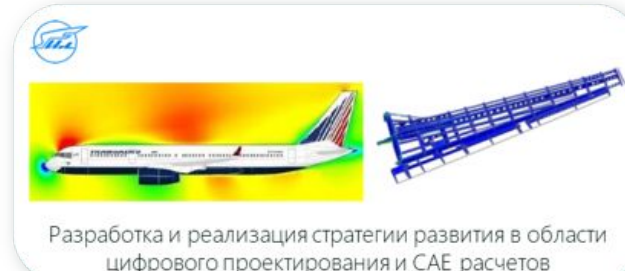
Вентилятор с муфтой в
сборе BorgWarner



Статус:

Разработка РКД

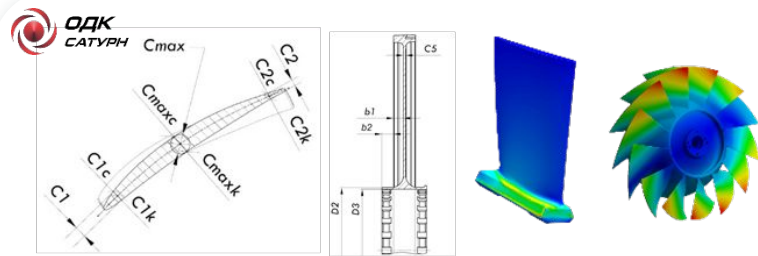
Работы с АО «ОДК», АО «ВР», ПАО «ОАК», ПАО «КАМАЗ», АО «СТМ», ГК РОСАТОМ, ГК РОСТЕХ и др.



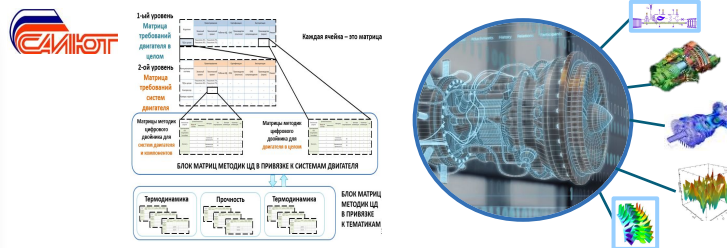
Реализовано более
100 уникальных проектов
за последние 3 года



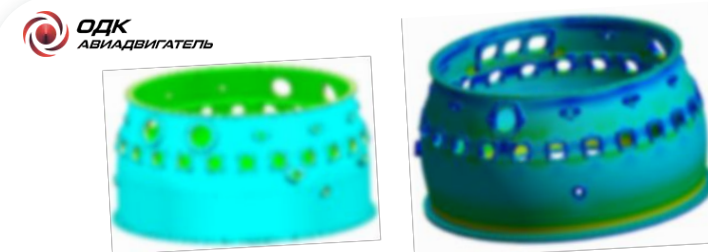
Опыт реализации проектов Адванс Инжиниринг и ИЦЦТМ УрФУ для АО «ОДК»



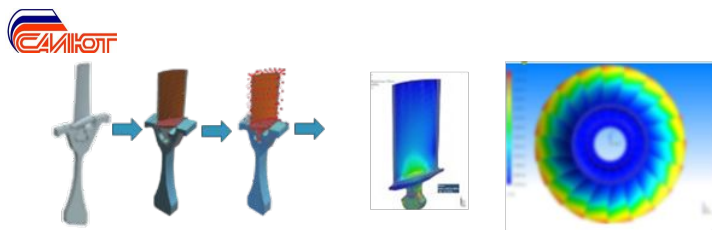
Автоматизированный анализ типовых производственных отклонений деталей ГТД



Комплексное внедрение технологий цифрового двойника при проектировании ГТД

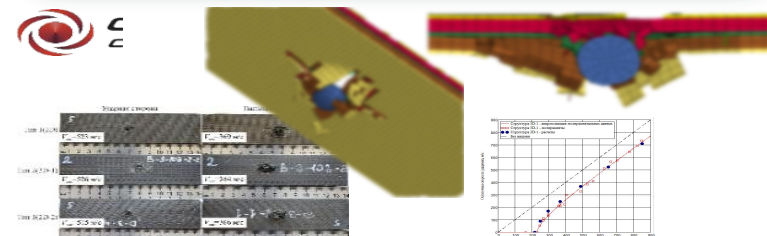


Оптимизация корпуса КС по массе и долговечности

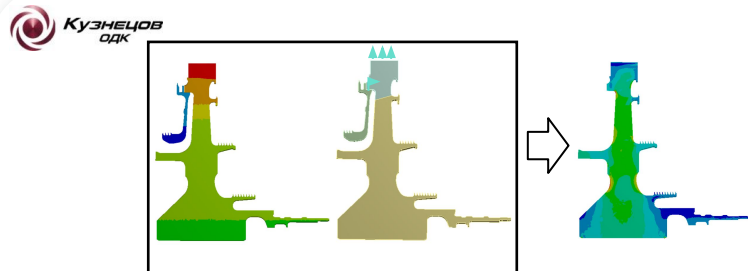


Расчетные методики в Simcenter 3D для отдела конструкторов

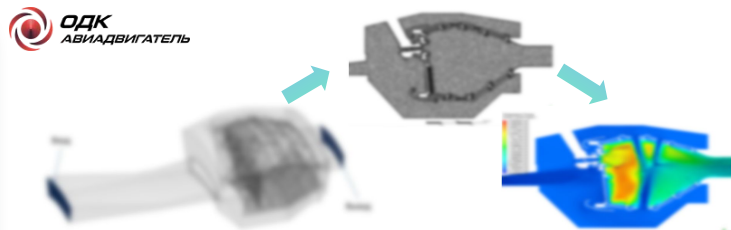
Реализовано (реализуется) более 20 проектов за последние 3 года для ПК «Салют», «ОДК-Авиадвигатель», «ОДК-Сатурн», «ОКБ им. А.М. Люльки», «ОДК-Стар» и др.



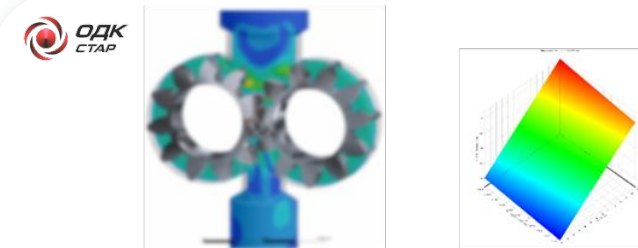
Разработка и верификация многомасштабной модели ПКМ для задач удара лопатки вентилятора ГТД



Расчётная оценка кинетики роста трещины



Разработка усовершенствованной методики 3D-CAE расчета камеры сгорания ГТД



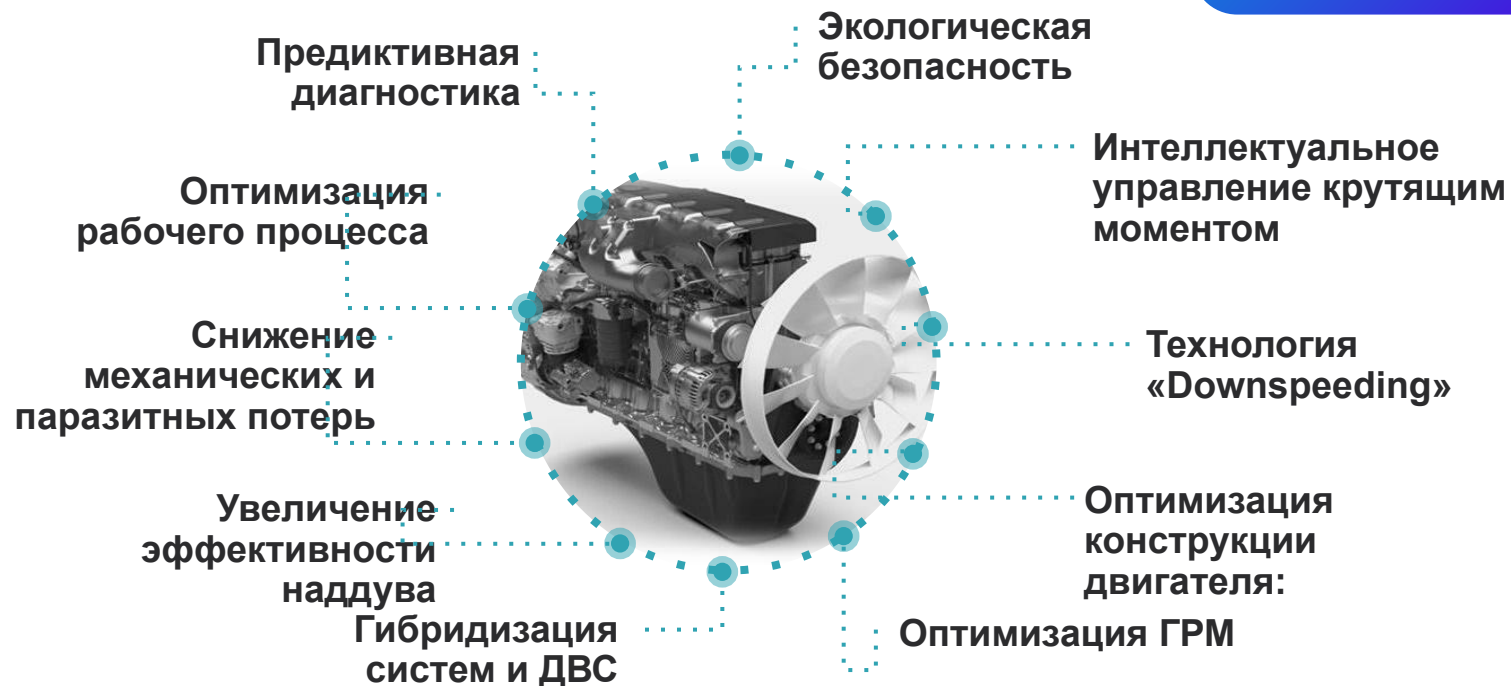
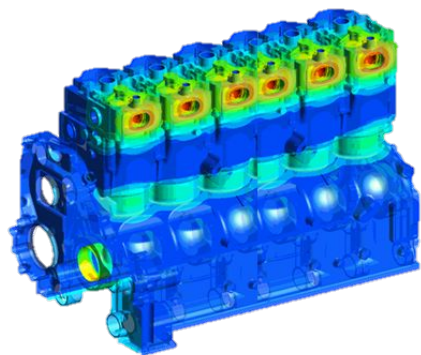
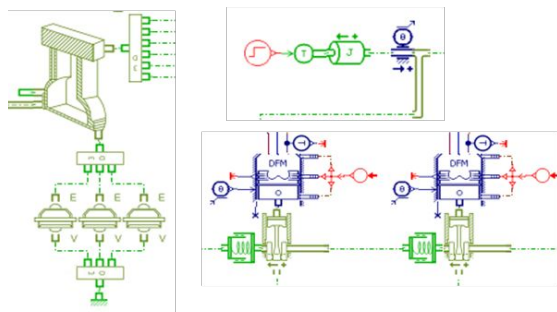
Разработка методики гидродинамических расчетов шестеренного насоса с учетом кавитации

Создание перспективного поколения двигателей КАМАЗ Р6

Цель проекта:

Создание перспективного поколения двигателей КАМАЗ Р6 экологического класса с достижением перспективных целевых потребительских показателей, экологической безопасности, с высоким уровнем локализации производства и конкурентной себестоимостью.

Срок реализации
4 года



Патентные исследования и бенчмаркинг

Системный инжиниринг

Создание цифрового прототипа

Разработка комплекта РКД

Изготовление и испытания опытных образцов

Подтверждение целевых показателей

Исследования и разработка методологии модели-ориентированного системного инжиниринга, виртуальных испытаний и прототипирования ДВС

Текущие
параметры:

Количество
Прототипов
4 (A,B,C,D)

Точность
разработки
прототипов

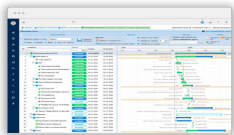
Стар
Т

Ресурс
1 800 000 км

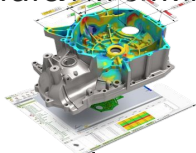
Разработка
прототипа
8 месяцев

advengineering.ru конструкторских решений

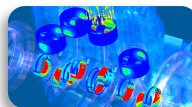
Научный результат.
Разработка методологии
декомпозиции
требований ДВС.
Инженерный результат.
• Модель требований



Научный результат.
Разработка методик
параметризации трехмерных
моделей ДВС.
Инженерный результат.
• 3D модели исследуемых
двигателей оптимизированные



Научный результат.
Повышение показателей
надежности ДВС путем
исследования влияния
рабочего процесса.



Step 1

Step 2

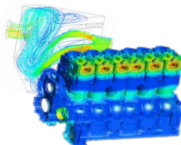
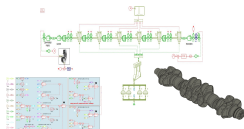
Step 3

Step 4

Step 5

Step 6

Step 7



Научный результат.
Создание методик системного
моделирования ДВС.
Инженерный результат.
• **1D модели для**
проработки
конструкторских решений

Научный результат.
Оптимизация воздушной и
тепловой моделей ДВС.
Инженерный результат.
• Виртуальные прототипы
воздушной и тепловых
систем

Научный результат.
Разработка методик **ускоренного**
прототипирования ДВС.
Инженерный результат.
• Натурные прототипы
двигателей и методики
испытаний

Интеграция компонентов цифрового
двойника ДВС в единую цифровую
среду с применением **моделе-**
ориентированного системного
инжиниринга

Разработка нового семейства
двигателей V8

V1

2



Разработка нового семейства
двигателей V12

V1

6

до 80% отечественных
компонентов

Команда ИЦЦТМ УрФУ Самара: уникальные инженерные компетенции Safran

Открытие обособленного подразделения
в г. Самаре в июле 2022 г.

Команда с уникальными инженерными компетенциями и опытом работы в области авиастроения:

- Конструкторская группа – 7 человек
- Прочностные расчёты – 10 человек
- Гидродинамические расчёты – 1 человек
- Программирование – 2 человека
- Системный администратор – 1 человек



Задачи:

Разработка ПО

ИТ инфраструктура

Исследов. в ИТ

ИТ консалтинг

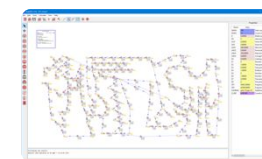
**ИТ команда
ИЦЦТМ УрФУ**

12 специалистов

- Аналитики
- Дизайнеры
- Front-end
- Back-end
- Тестировщики

Собственные программные продукты

- Программа одномерного гидравлического расчёта «ГрафПро»
- Платформа статистической обработки данных о материалах «Авистат»
- Веб интерфейс для управления кластером виртуализации «AEVManager»
- Академия цифрового инжиниринга
- Портал для доступа расчётчиков к кластерам «JustHPC»



Разрабатывается платформа для анализа рисков с ПАО «КАМАЗ»



Разрабатывается платформа для прогнозирования поломок двигателей с ПАО «КАМАЗ»



Системное моделирование



Инженерные расчеты и оптимизация

ЛОГОС

DATADVANCE



PLM/PDM



- Партнерские соглашения с ведущими российскими разработчиками программного обеспечения.
- Обучение, сертификация (НТЦ АПМ, Датадванс, ЛОГОС).
- Совместные с вендором комплексные проекты внедрения (Датадванс).
- Соглашение о вступлении в консорциум Разработчиков и Пользователей ПО (РОСАТОМ), участие в валидации программных продуктов.
- Сравнительный анализ доверенного и российского ПО на собственных задачах и в проектах заказчиков.

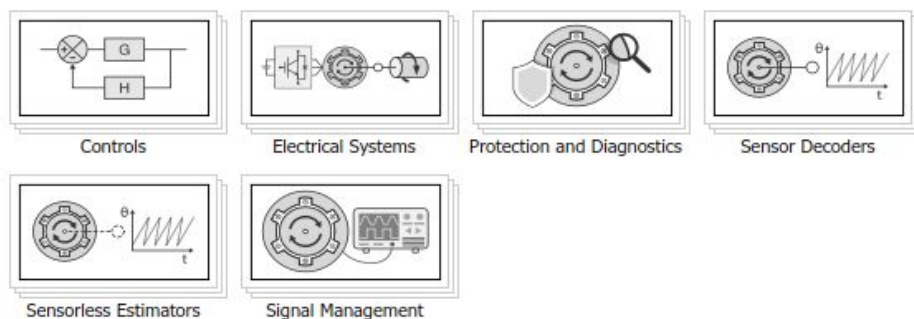
MATLAB SIMULINK и SimInTech: экспертное сравнение и способы перехода



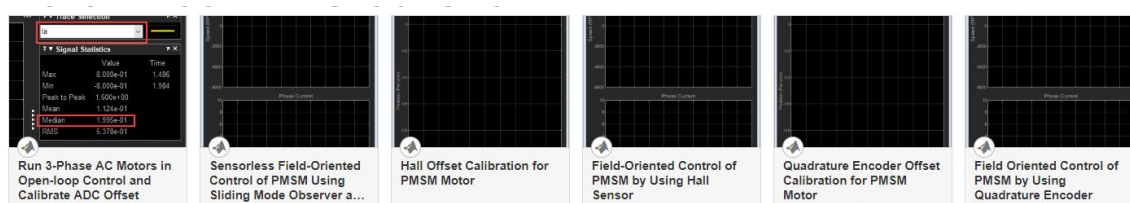
- ✓ Большое количество готовых и отлаженных моделей в MATLAB у российских предприятий.



- ✓ Множество специализированных библиотек (например **Motor Control Blockset** - для управления электродвигателями)

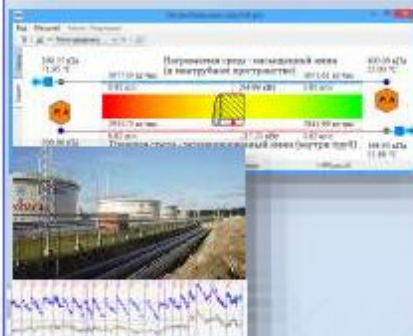


- ✓ Большое количество готовых учебных моделей и

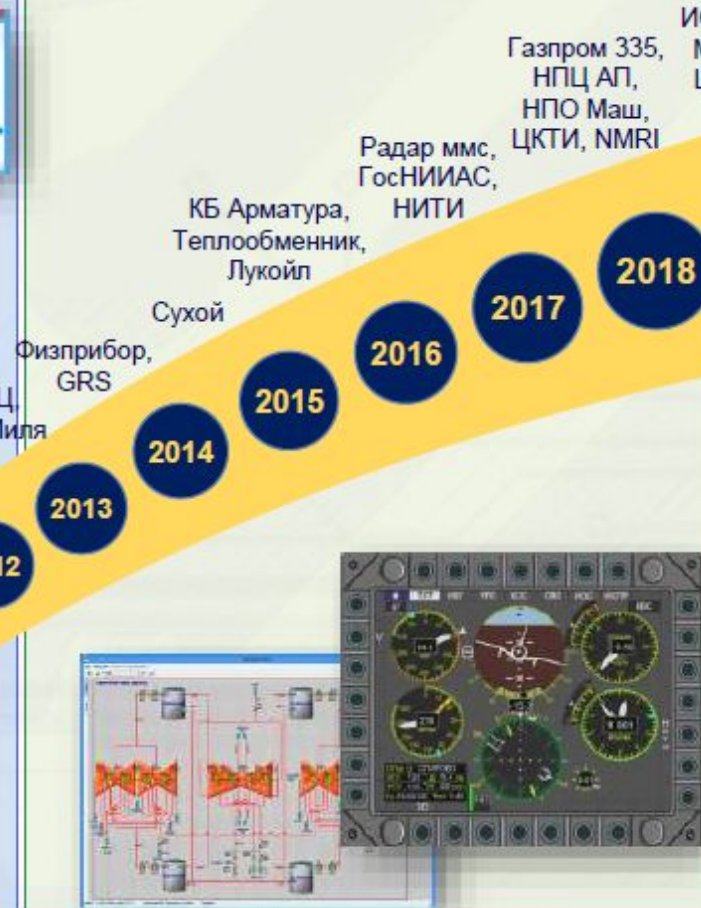


От моделирования к сквозному процессу создания САУ

Моделирование

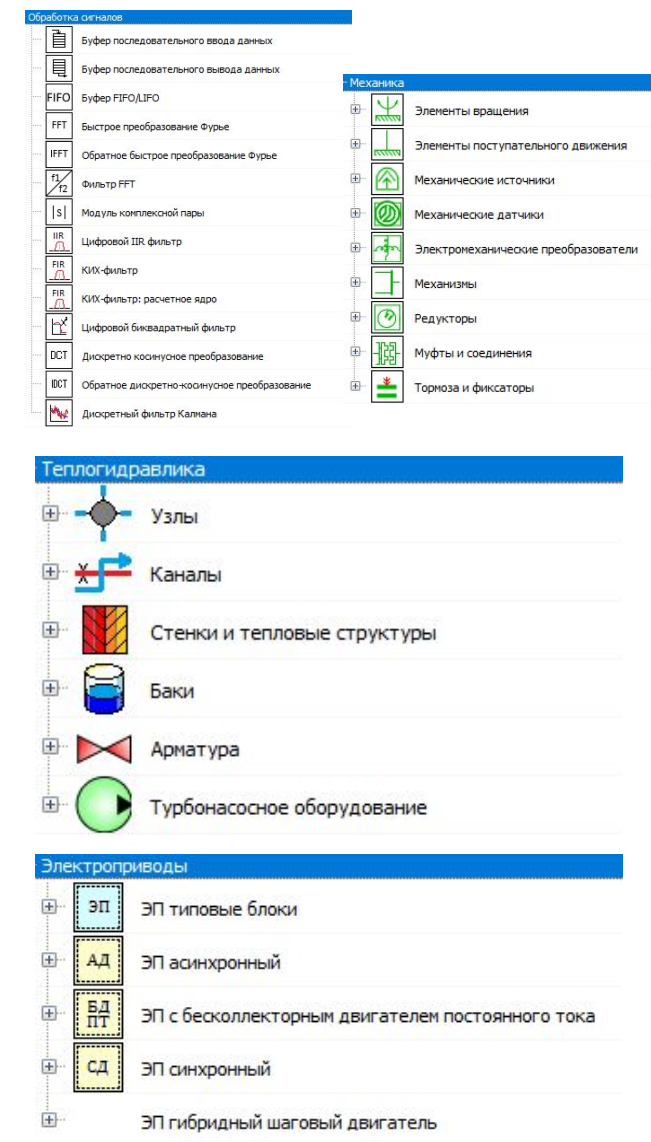
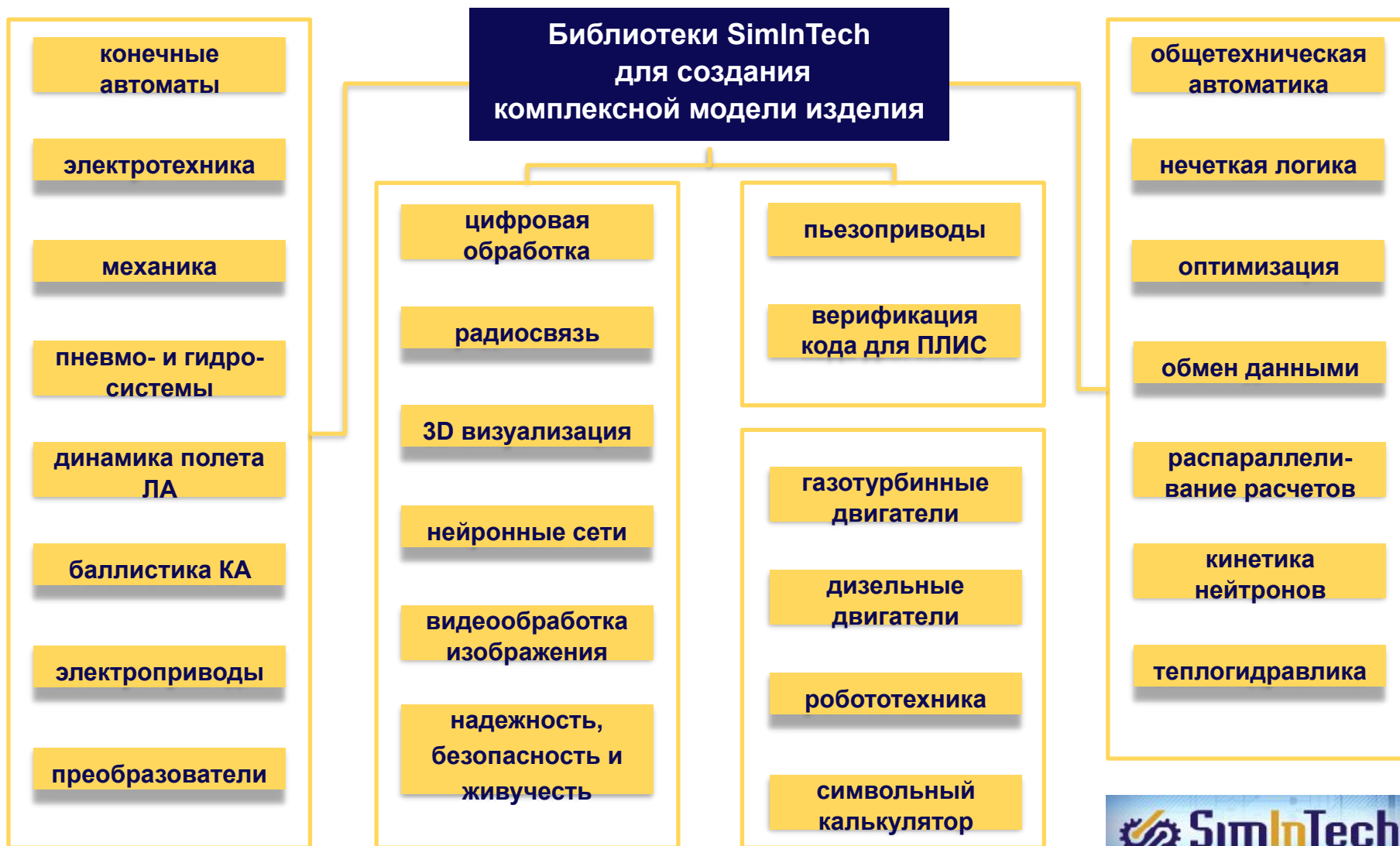


Разработка алгоритмов



Создание САУ





Simulation In Technic

Файл Правка Вид Масштаб Вставка Поиск Сервис Расчёт Инструменты Окно Справка Кодогенератор Режим отладки: Локальный Инструменты 3D Гит Теллогидравлика HS

Источники Операторы Векторные Субструктуры Сигналы Вывод данных Анализ и оптимизация Функции Нелинейные Интерполяция Динамические Ключи Логические Триггеры Задержки и импульсы Конечные автоматы Релейные Дискретные Статистика Кинетика нейтронов Свойства веществ Распределённые СПАУ Внеш

Перемещение груза гидроприводом 2.prt

Вид Масштаб Режим: Редактирование

Автоматика

Поршневая полость

Штоковая полость

Линия нагнетания

Линия слива

?

Переключение состояний арматуры

Справка

SimInTech

Справочная система
SimInTech (v13.04.2023)

Содержание Поиск Индекс

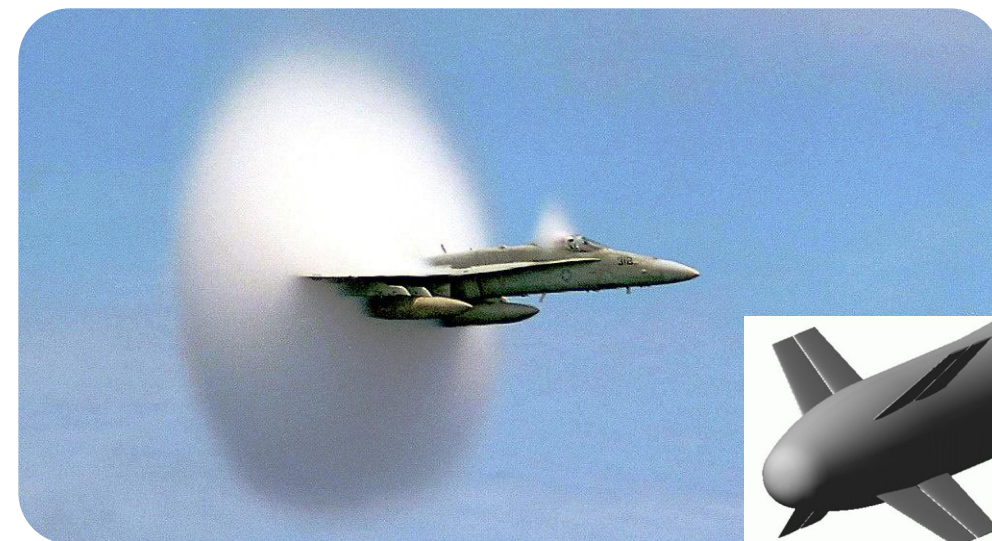
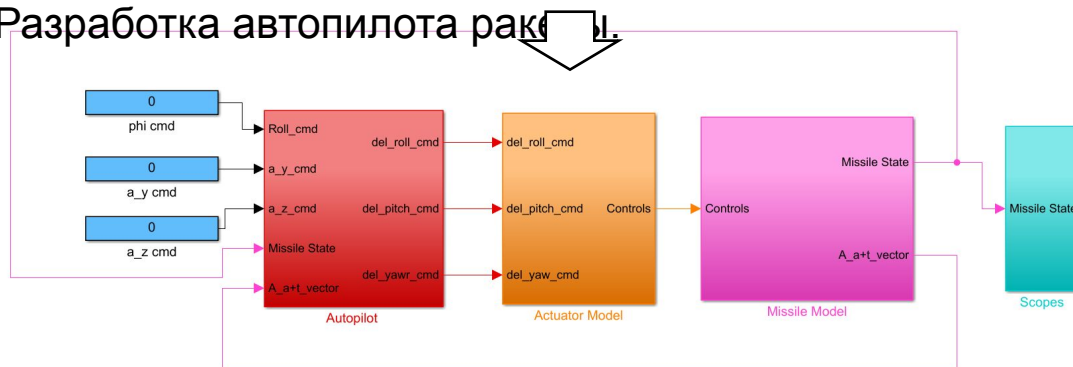
- Справочная система и её настройка
- Установка и регистрация
- Общие сведения о SimInTech
- Интерфейс программы
- Расчетное ядро
- База данных сигналов
- Библиотеки блоков
- Графика и анимация
- Язык программирования
- Программирование встраиваемых систем
- Приёмы работы
- Вспомогательные программные модули
- Демонстрационные примеры
- Поисковая система
- Внешние документы
- Диагностические сообщения и причины
- Совместная работа SimInTech + Git
- Общие сведения о NordWind
- Построение графиков и вывод расчетных
- Терминология

X:352.0 Y:544.0 Время: 0 Скорость=0 Макс.скорость=0 Цикл,мс=0 Выделено 0/107 Масштаб:150.0 % Сетка вкл. Привязка вкл.

Цель: исследование динамических характеристик полета трансзвуковой ракеты.

Задачи:

1. Описание общей концепции модели.
2. Производная уравнений динамики полета ракеты.
3. Создание модели ракеты.
4. Верификация разработанной модели.
5. Поиск состояний корректировки модели.
6. Линеаризация уравнений динамики полета.
7. Анализ устойчивости.
8. Разработка автопилота ракеты.



Низкая скорость расчета модели в MATLAB

Profiler Report (Missile_ASSIGNMENT @ 26-Jun-2023 11:22:15)

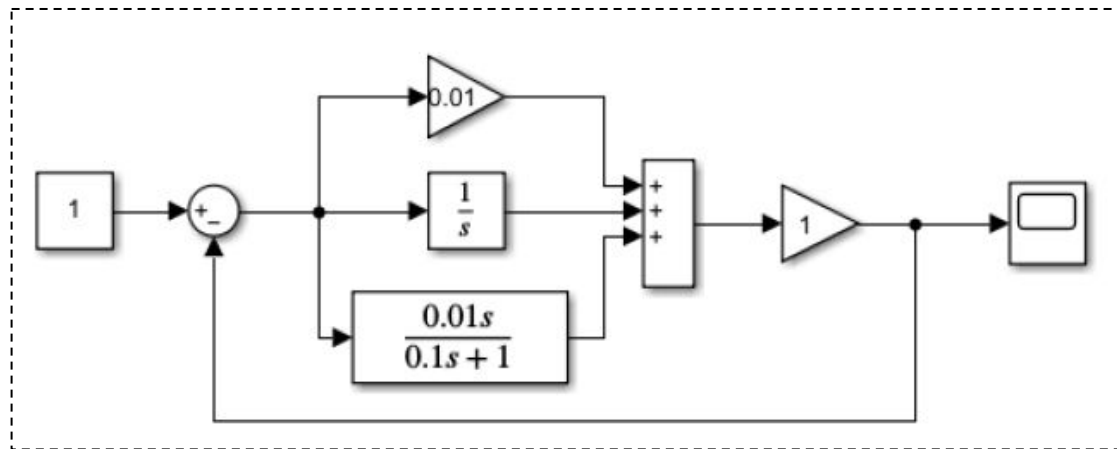
Run: Missile_ASSIGNMENT @ 26-Jun-2023 11:22:15

Path	Time Plot (Dark Band = Self Time)	Total Time (s)	Self Time (s)	Number of Calls
> Missile_ASSIGNMENT		4.280	2.596	125015

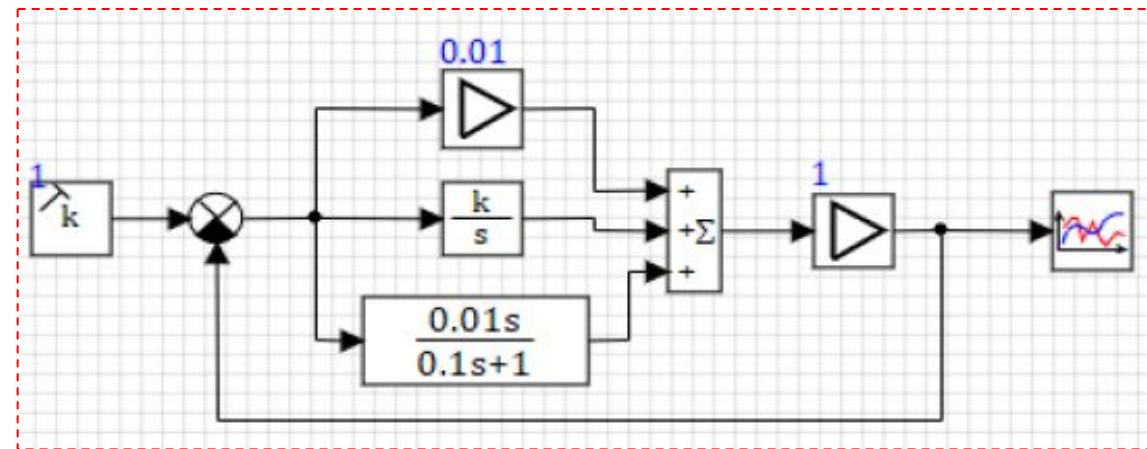
Процессы

Запустить новую задачу Заверш

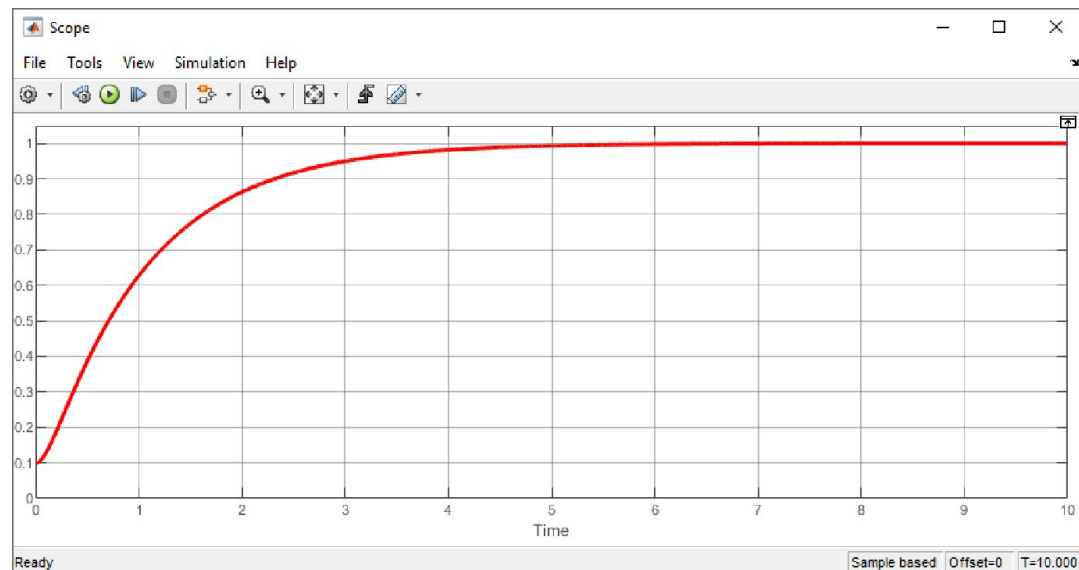
Имя	Состояние	ЦП	Память	Диск	Сеть
> MATLAB R2023a (12)		35%	49%	0%	0%
> SimInTech IDE (7)		34,2%	3 262,9 МБ	0,1 МБ/с	0 Мбит/с
		0%	191,2 МБ	0 МБ/с	0 Мбит/с



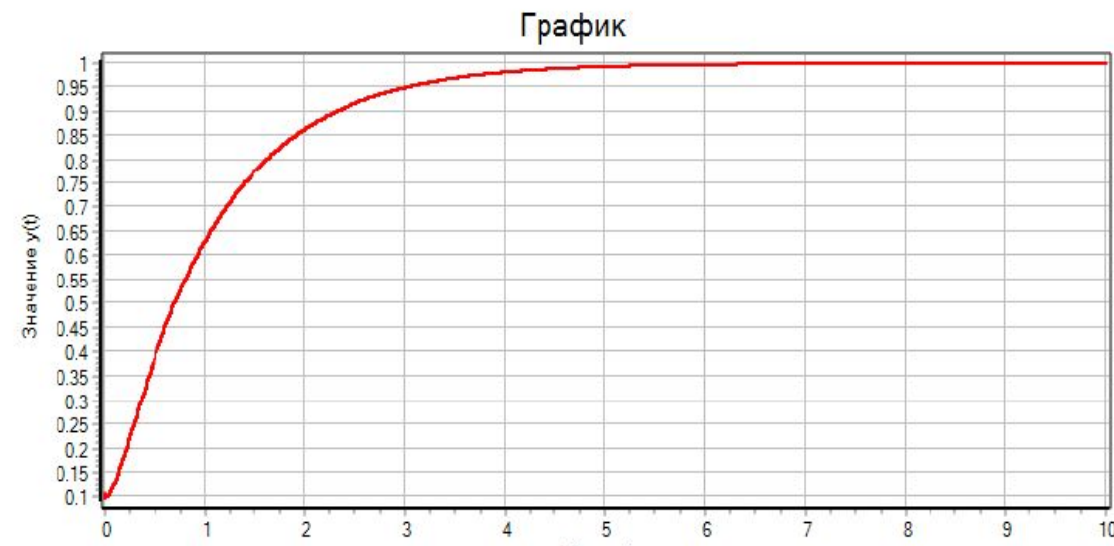
Модель ПИД – регулятора в **MATLAB**



Модель ПИД – регулятора в **SimInTech**



=



Скрипт страницы : Главная страница: \\Mac\Home\Desktop\buffer\simulink\МАИ-этап-2\Модель_АСП_с_СУ\АСП_с_СУ_решение_без_перерегулирования.prt

Файл Правка Поиск Расчёт Справка Инструменты

Конвертировать из MATLAB

Язык программирования SimInTech

```
// Missile Configuration Data
const Missile_D = 0.150; // Missile diameter (m)
const Missile_l = 1.618; // Missile length (m)
const Area = ( pi / 4 ) * Missile_D^2; // Missile area (m^2)
const Missile_Mass = 30.0; // Missile mass (kg)
const I_xx = 0.5 * Missile_Mass * ( Missile_D / 2 )^2; // Ixx Moment of Inertia (kg*m^2)
// Iyy moment of inertia (kg*m^2)
const I_yy = Missile_Mass * ( ( 1 / 12 ) * Missile_l^2 + ( 1 / 4 ) * ( Missile_D / 2 )^2 ); // Izz moment of inertia (kg*m^2)
const I_zz = I_yy;
const I_TENSOR = [ I_xx, 0.0, 0.0 , // Moment of Inertia Tensor
                  0.0, I_yy, 0.0 ,
                  0.0, 0.0, I_zz ];
ETA = 1; // Self defined Propulsion Efficiency
```

XC Editor - /Users/PV/Desktop/buffer/simulink/МАИ-этап-2/ИД/ИД/Прототип СУ АСП/MissileSimulation/Task 4-Control Gain Adjustment/So...

XF +4 Missile_Data.m DDCU_R_Variable.m Sim_Parameters.m sldemo_create_tc_tabledata.m bruss500.m tbruss500.m

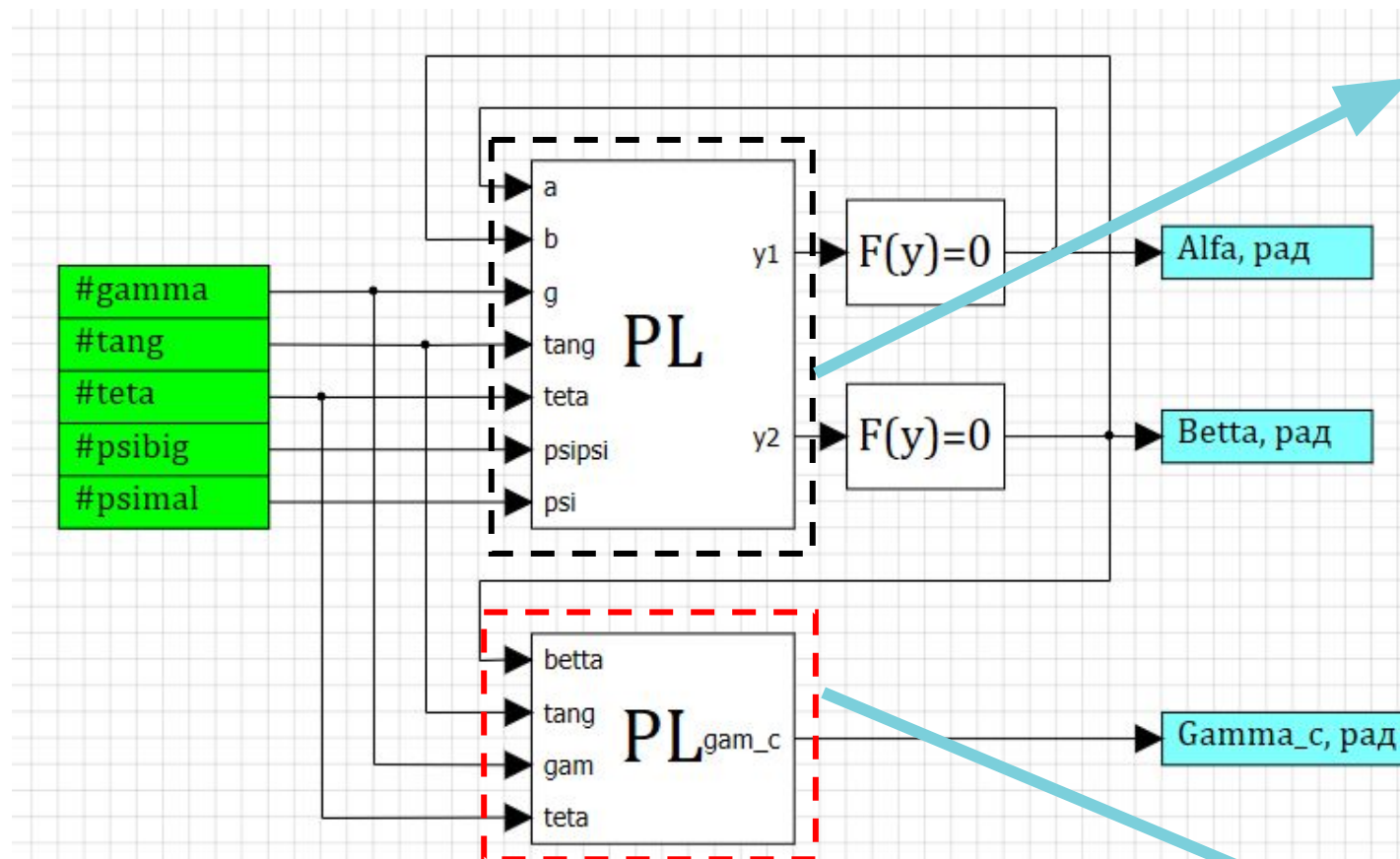
Скрипт MATLAB Simulink

```
%.. Missile Configuration Data
D = 0.150 ;
l = 1.618 ;
S = ( pi / 4 ) * D^2 ;
Mass = 30.0 ;

I_xx = 0.5 * Mass * ( D / 2 )^2 ;
I_yy = Mass * ( ( 1 / 12 ) * l^2 + ( 1 / 4 ) * ( D / 2 )^2 ) ;
I_zz = I_yy ;

I_TENSOR = [ I_xx, 0.0, 0.0 ;
            0.0, I_yy, 0.0 ;
            0.0, 0.0, I_zz ] ;

ETA = 1;
```



```

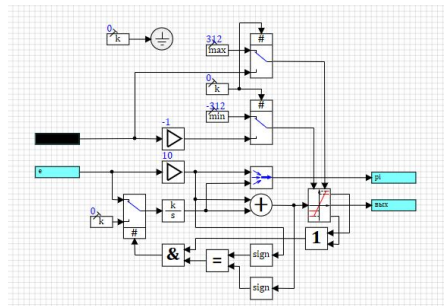
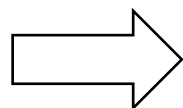
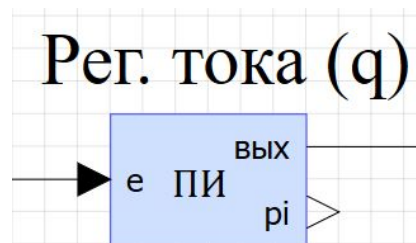
Блок "Язык программирования": Diff_full10.LangBlock21
Файл Правка Поиск Расчёт Справка Инструменты
1 input a,b,g,tang,teta,psipsi,psi;
  output y1,y2;
2
3 //y1 = 0
4 y1 = -sin(teta) + cos(a)*cos(b)*sin(tang) - ( sin(a)*cos(b)*cos(g)+sin(b)*sin(g) ) * cos(tang);
5
6 //y2 = 0
7
8 y2 = -sin(psipsi)*cos(teta) + cos(a)*cos(b)*sin(psi)*cos(tang)+
9       sin(a)*cos(b)*( cos(psi)*sin(g)+sin(psi)*sin(tang)*cos(g)) -
10      sin(b)*( cos(psi)*cos(g) - sin(psi)*sin(tang)*sin(g) );

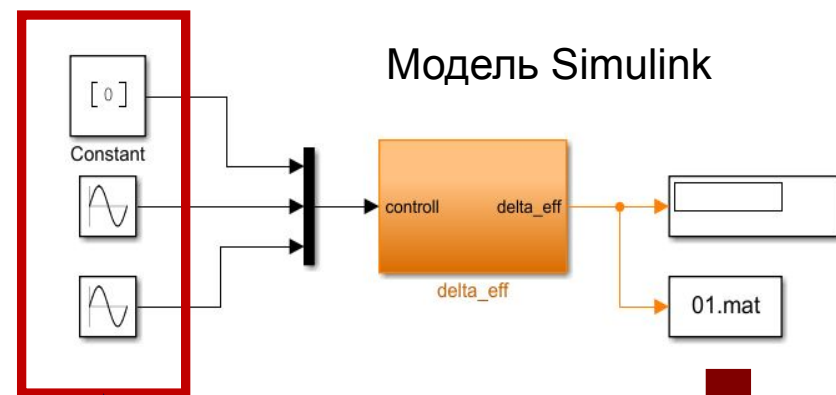
```

```

Блок "Язык программирования": Diff_full10.LangBlock22
Файл Правка Поиск Расчёт Справка Инструменты
1 input betta, tang, gam, teta;
  output gam_c;
2
3 gam_c = arcsin( (cos(tang) * sin(gam) + sin(betta) * sin(teta)) / (cos(betta) * cos(teta)) );

```



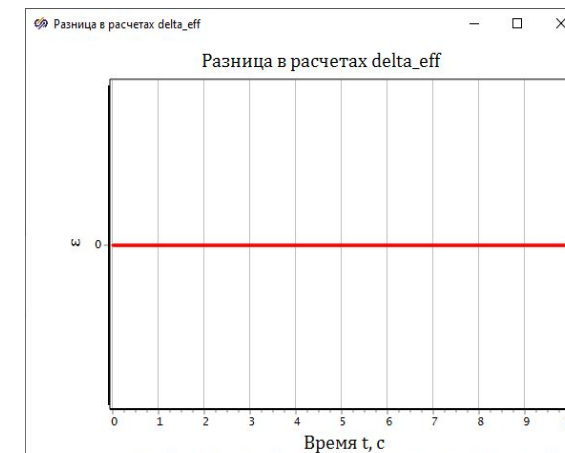


Модель Simulink

сохранение в
файл

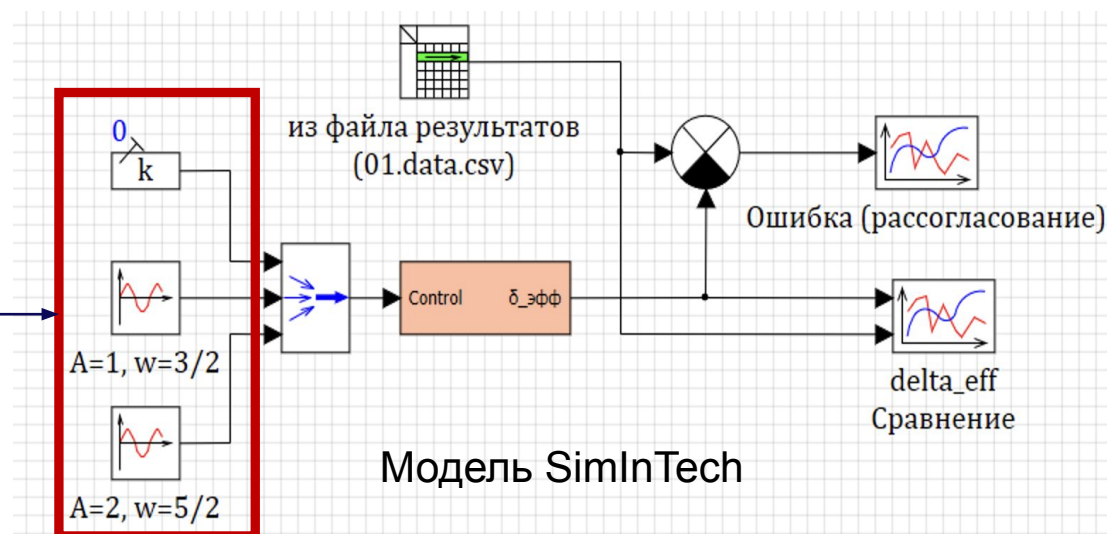


Результат Simulink

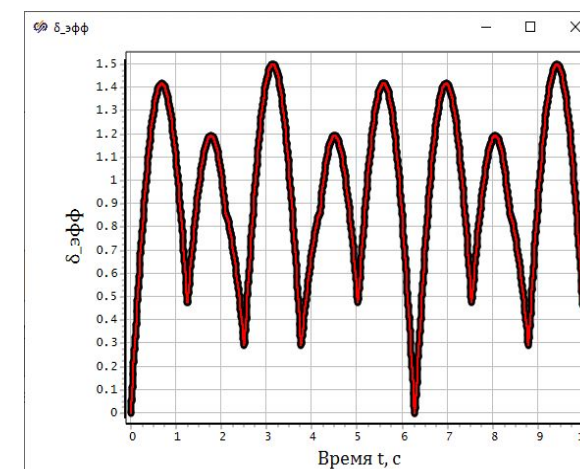


Отличие в расчетах!

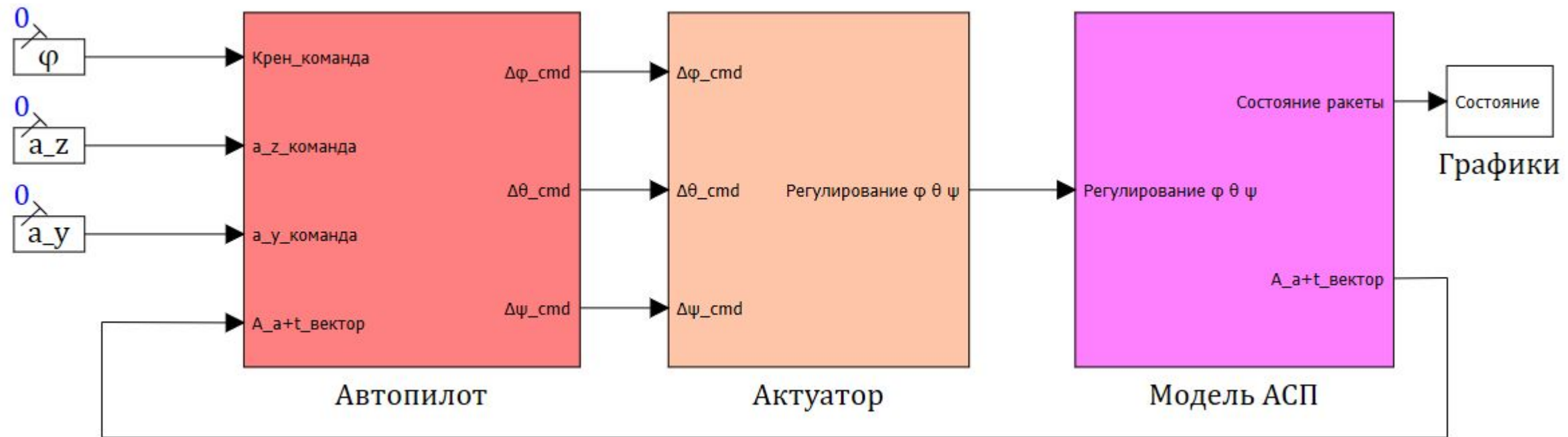
ТЕСТОВЫЕ
данные



Модель SimInTech



Результат SimInTech



Отладочная информация SimInTech

Производительность

Переменные состояния

Физическое время счёта, сек

0.90908879

Количество отсортированных блоков

375

Время модельное, сек

25

Количество динамических блоков

17

Конечное время расчёта, сек

25

Количество дискретных блоков

1

Максимально возможное ускорение

27.500064

Время расчета модели

Процессы

Запустить новую задачу

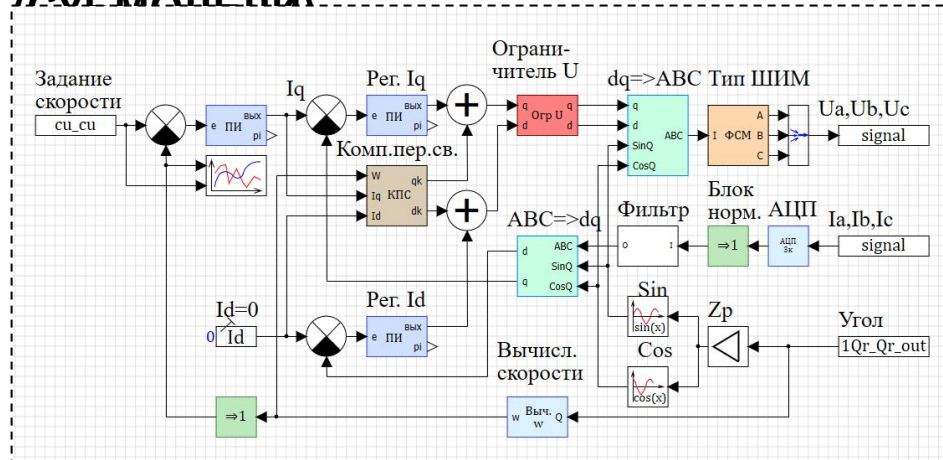
Завершить

Имя	Состояние	11% ЦП	49% Память	0% Диск	0% Сеть
> MATLAB R2023a (12)		0,5%	3 261,0 МБ	0 МБ/с	0 Мбит/с
> SimInTech IDE (5)		8,1%	195,7 МБ	0 МБ/с	0 Мбит/с

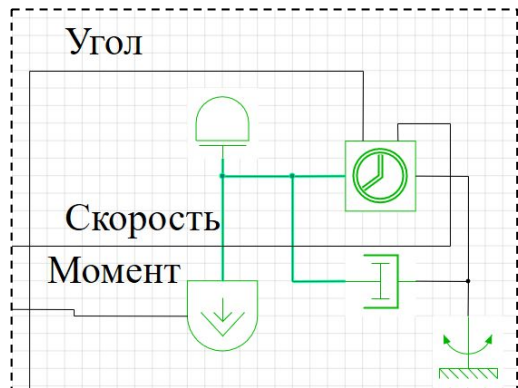
Характеристики эффективности	MATLAB Simulink	SimInTech	Улучшение
Потребление оперативной памяти	3 262,9 МБ	195,7 МБ	в 17 раз
Загрузка процессора	34,1%	8,1%	в 4 раза
Время расчета	4,28 сек.	0.909 сек	в 4,5 раз

Цель: разработка системы управления поворотного устройства радиолокационной установки

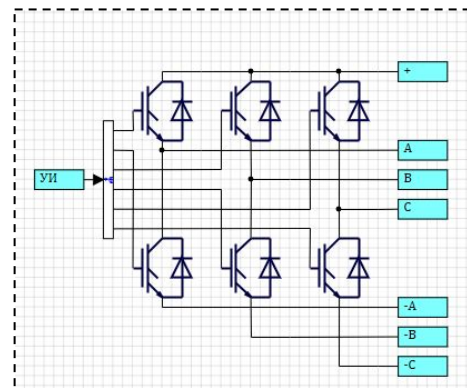
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ (СХЕМОДЕЛИ)



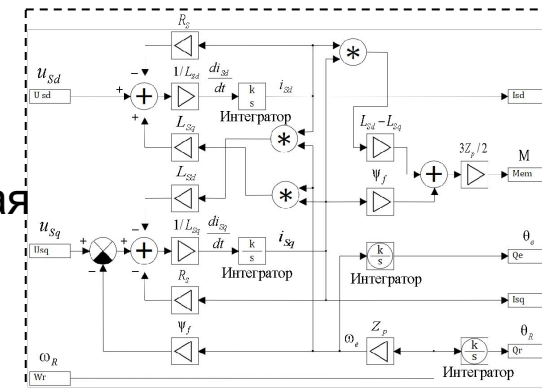
Система
управления



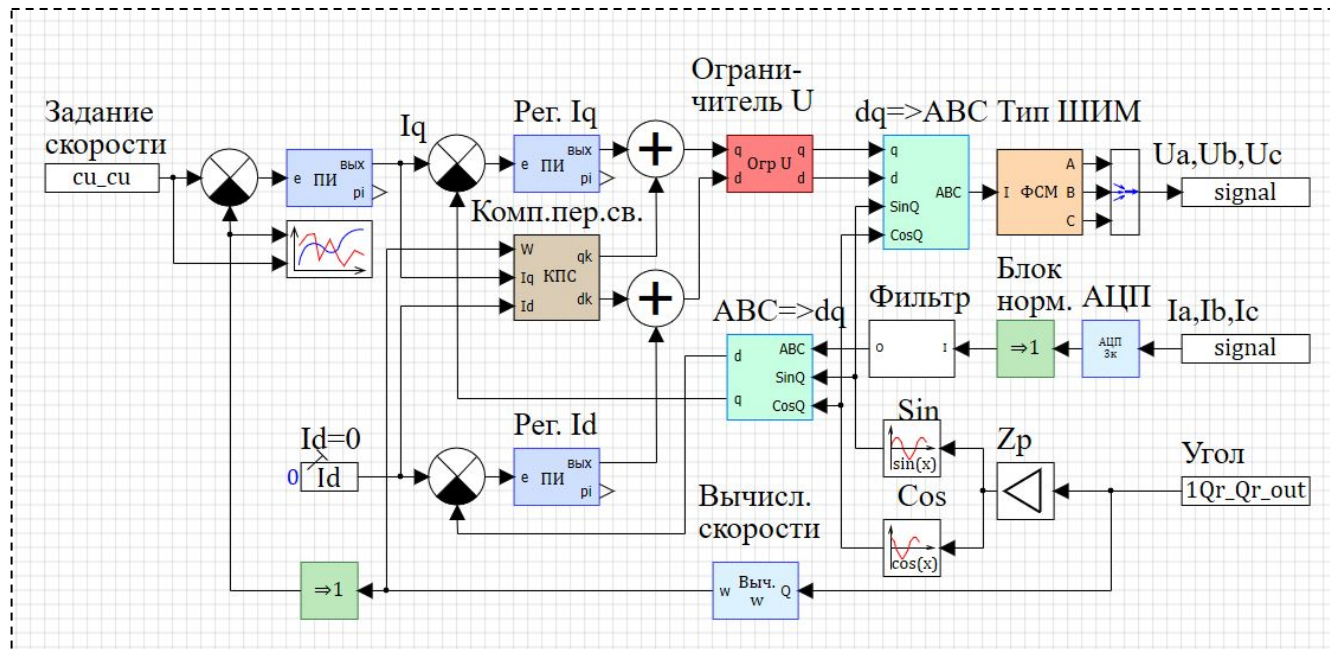
Механик
а



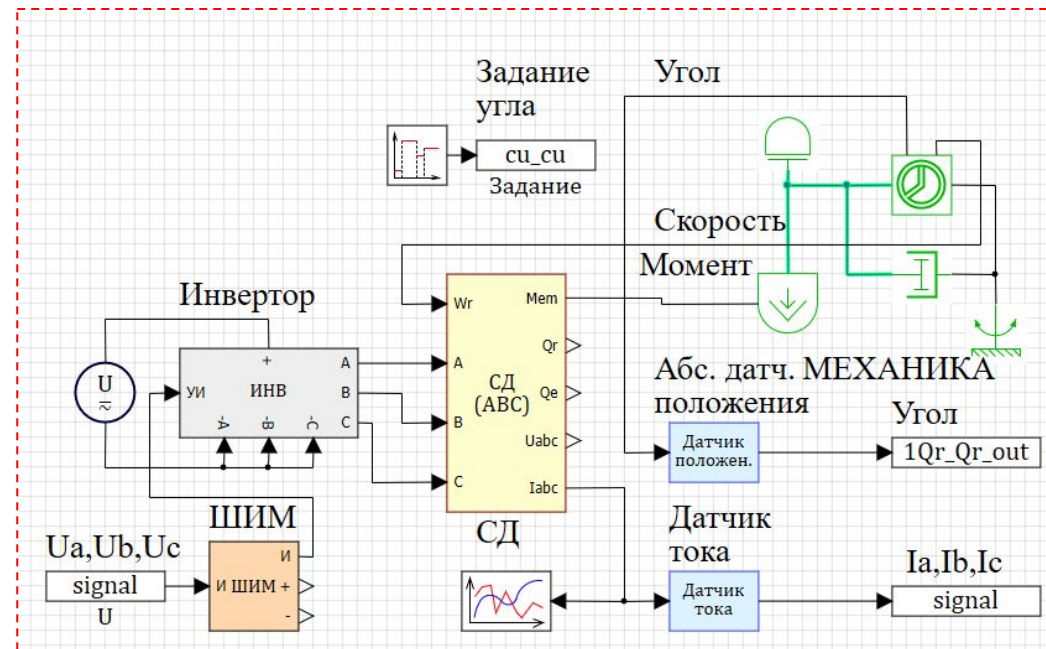
Инвертор
(электрическая
часть)



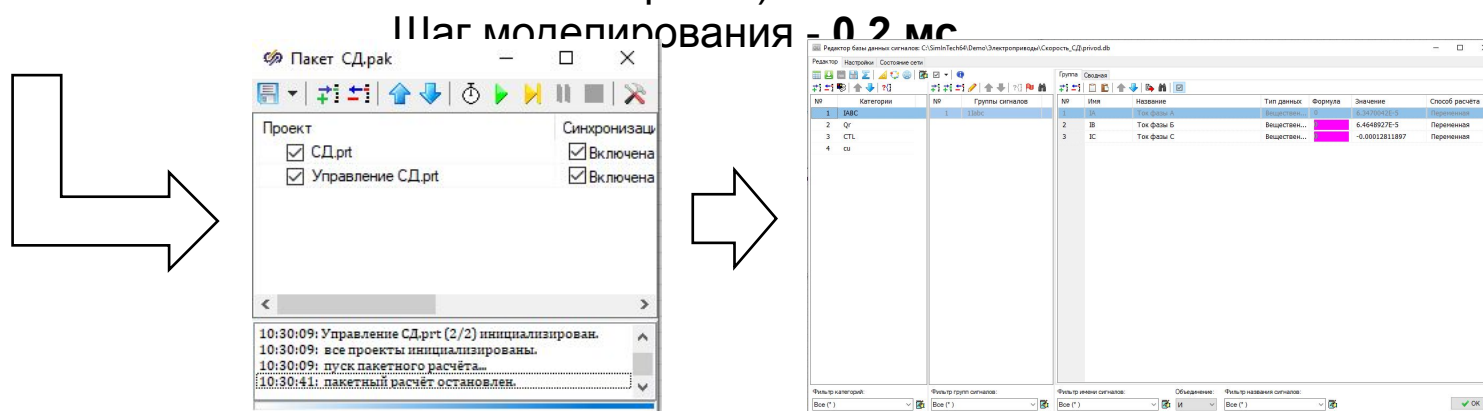
Объект
управления
(электродвигател
ь)



Система управления объекта (векторное регулирование скорости)

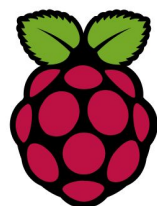
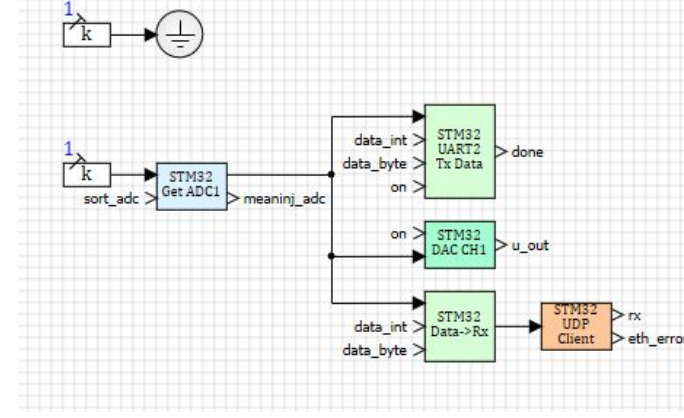
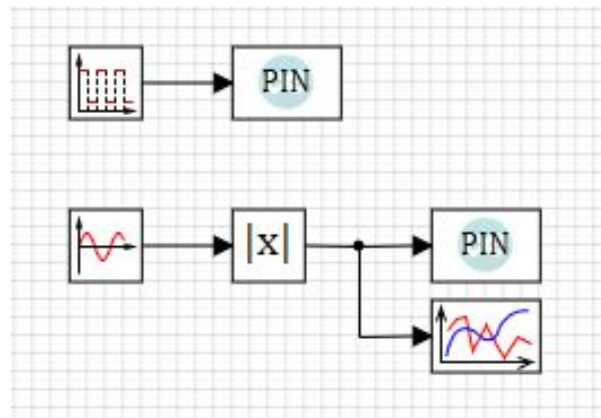
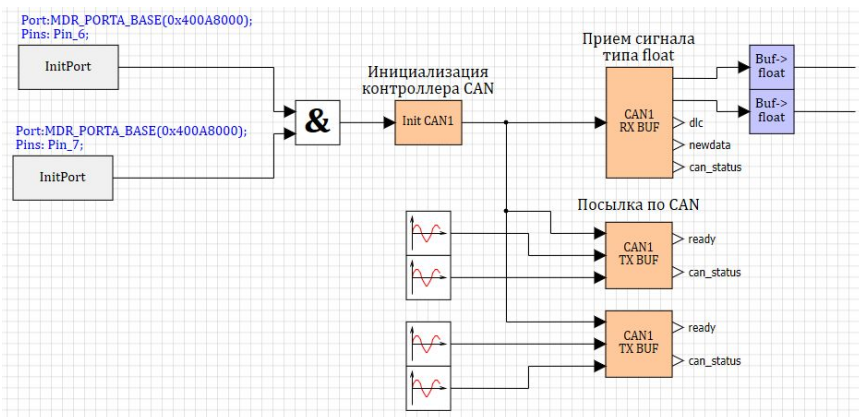


Объект управления(СДПМ)
Шаг моделирования - **1 мкс**

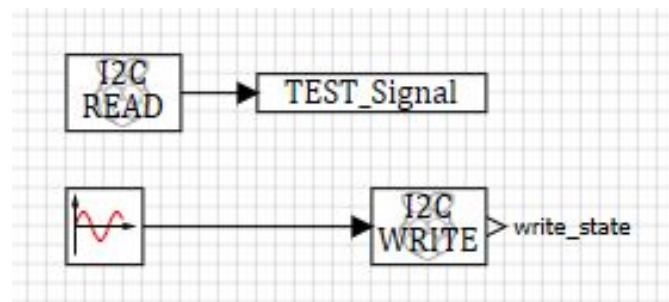


Благодаря модулю
«БАЗА СИГНАЛОВ»
возможно считать АСУ
и объект управления
с разным шагом
моделирования

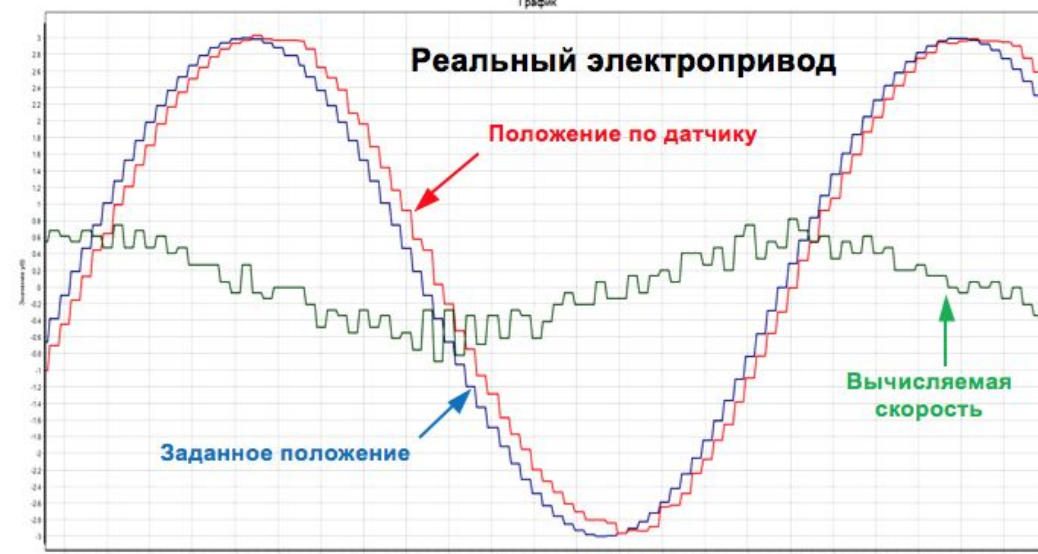
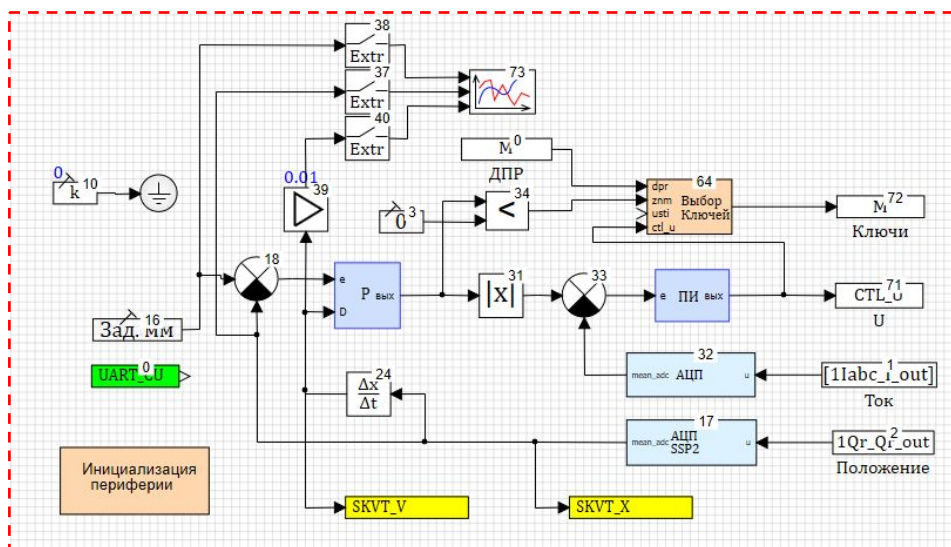
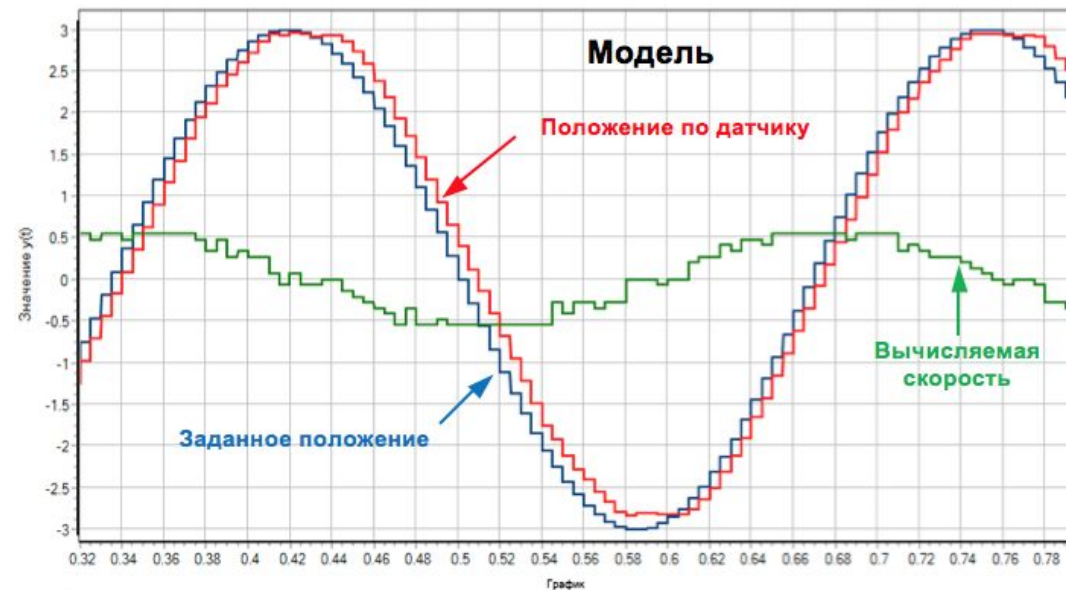
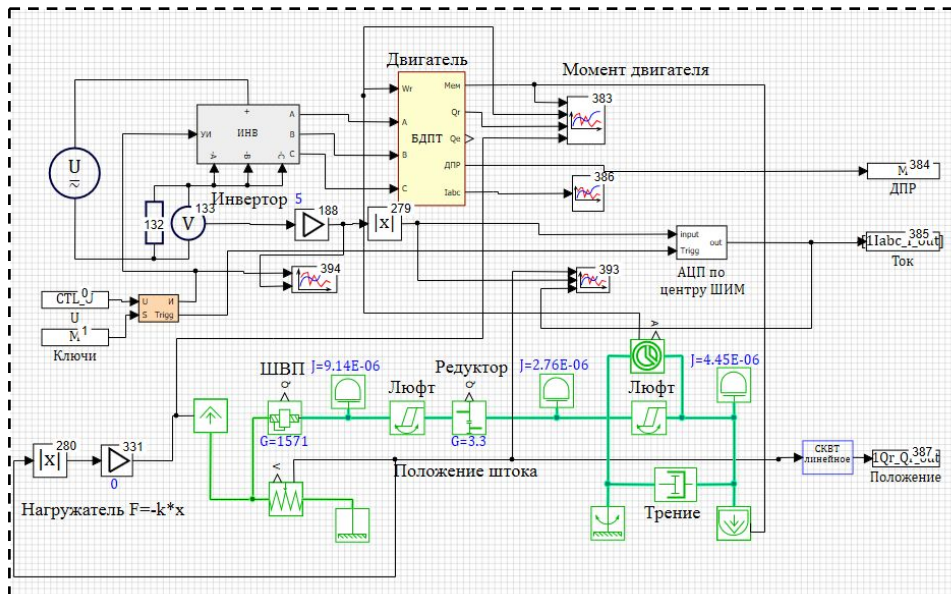
В SimInTech можно кодогенерировать разработанную АСУ как для отечественных микропроцессоров, так и зарубежных:



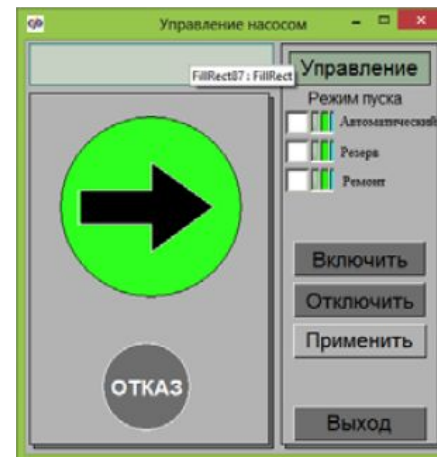
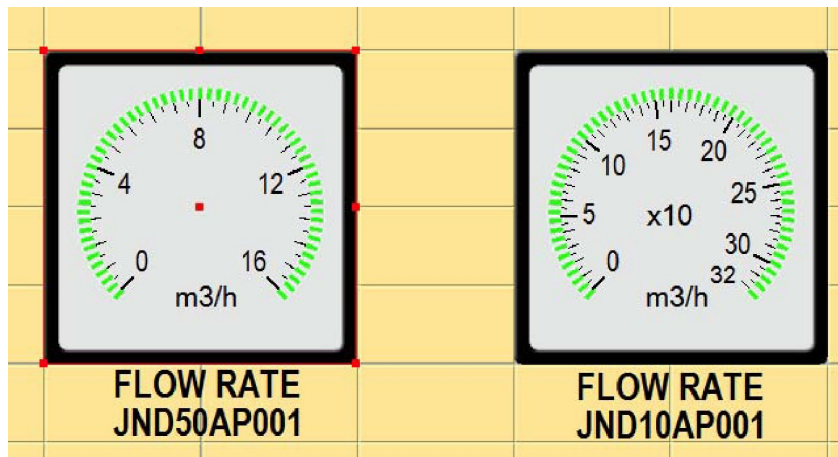
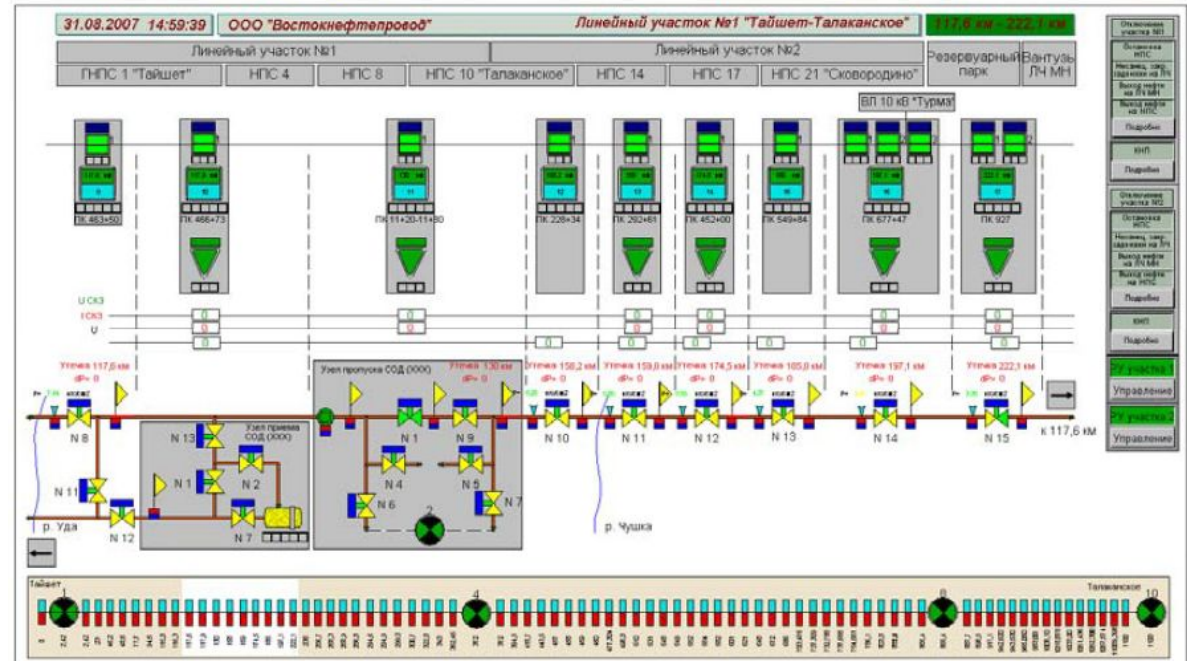
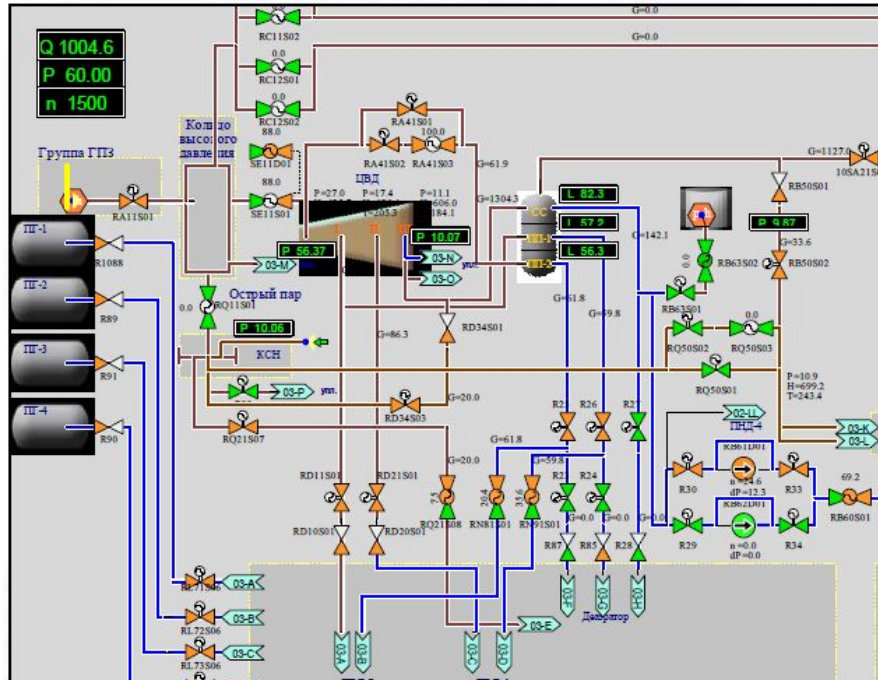
RaspberryPi



Сравнение работы модели и реального объекта



Возможность разработки мнемосхем и видеокадров



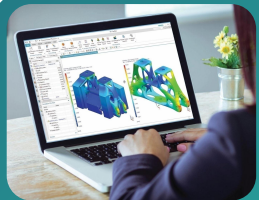
- ✓ Отечественное ПО (интерфейс, справка и поддержка на русском языке).
- ✓ Открытое ПО (доступность исходного кода блоков стандартных библиотек).
- ✓ Возможность создания проекта на всех стадиях:
 1. Предварительная разработка и верификация АСУ;
 2. Кодогенерация разработанной АСУ в микропроцессор;
 3. Разработка мнемосхем и видеокадров.
- ✓ Встроенный модуль конвертации моделей и скриптов MATLAB SIMULINK в SimInTech.
- ✓ Высокая скорость моделирования за счет оптимизации математического ядра.
- ✓ Возможность создания стендов для полунатурного моделирования.





Поставка и интеграция отраслевого ПО

- Многолетнее партнерство с ведущими отечественными и зарубежными вендорами;
- Анализ российского ПО на собственных задачах и в проектах заказчиков, участие в валидации;
- Интеграция ПО в IT-ландшафт предприятия, услуги адаптации типовых конфигураций под решение прикладных задач Заказчика.



Системное моделирование, инженерные расчеты и оптимизация

- Значительный опыт реализации проектов Заказчиков 100+;
- Использование технологий системного инжиниринга;
- Разноотраслевой опыт реализации проектов в зарубежном и российском инженерном ПО.



Проведение комплексных НИОКР и производство

- Проектирование новых, оптимизация и улучшение текущих изделий, компонентов, систем;
- Использование современных технологий цифрового двойника, ко-симуляций и виртуальных испытаний;
- Разработка технологических процессов;
- Использование новейшего оборудования для обработки материалов.



Обучение в области CAD/CAE/CAM/PLD/PDM компетенций

- Использование практико-ориентированного опыта;
- Использование собственной платформы распределенного сетевого обучения;
- Кооперация с ведущими институтами РФ.

Адванс Инжиниринг ИЦЦТМ УрФУ

620063, Россия, г. Екатеринбург, БЦ «Саммит»,
ул. 8 Марта, д. 51, 17,19 этаж

Тел.: +7 (495) 760-98-52

