

«PRADIS» ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

ОБЛАСТЬ СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ ПРОДУКТА



Применимость системного моделирования:

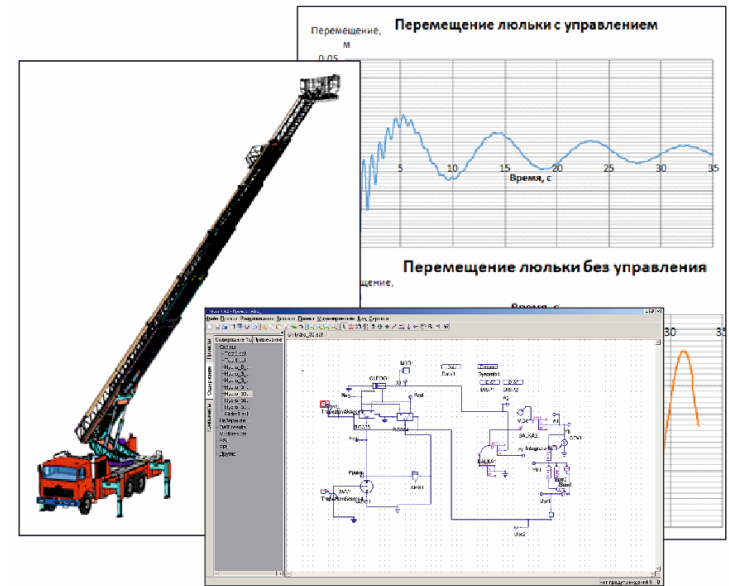
- ▶ Расчеты (системное мультифизическое моделирование продукта и его систем)
- ▶ Управление архитектурой (составом) изделия
- ▶ Управление функциями (определение, распределение по архитектуре)
- ▶ Управление требованиями (синтез характеристик продукта и его систем, конвергенция)
- ▶ Управление поставщиками (через ТТ на системы и узлы)
- ▶ Управление валидацией (разработка планов валидации)
- ▶ Синтез систем управления (алгоритмов)
- ▶ Функциональная безопасность, анализ последствий отказа системы или компонента на продукт
- ▶ Цифровой двойник

Совместно с PLM

ТЕХНИЧЕСКИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ PRADIS

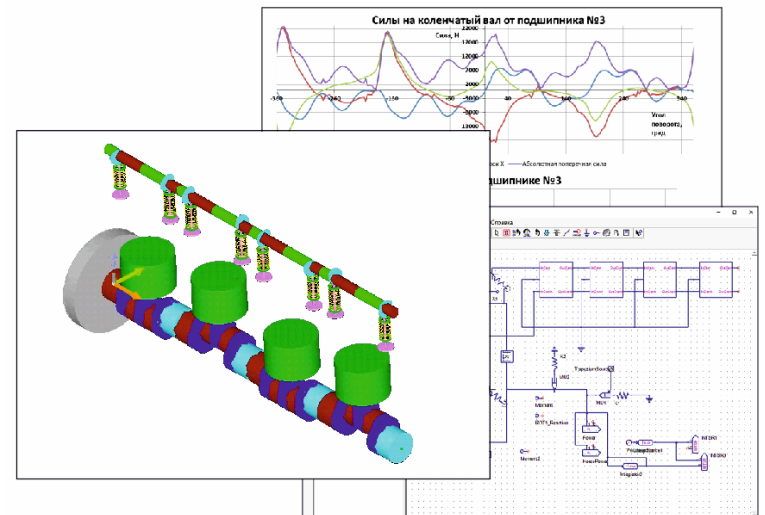
Специальное машиностроение:

- Трансмиссии ходовых систем
- Устройства отбора мощности
- Системы управления распределением мощности
- Гидромеханические системы подъема
- Гидромеханические системы навесного оборудования
- Системы аутригеров
- Дозаторные устройства
- Прессовое оборудование
- Оборудование для автоматических производственных линий
- Вибростенды
- Гидравлические натяжители



Двигателестроение:

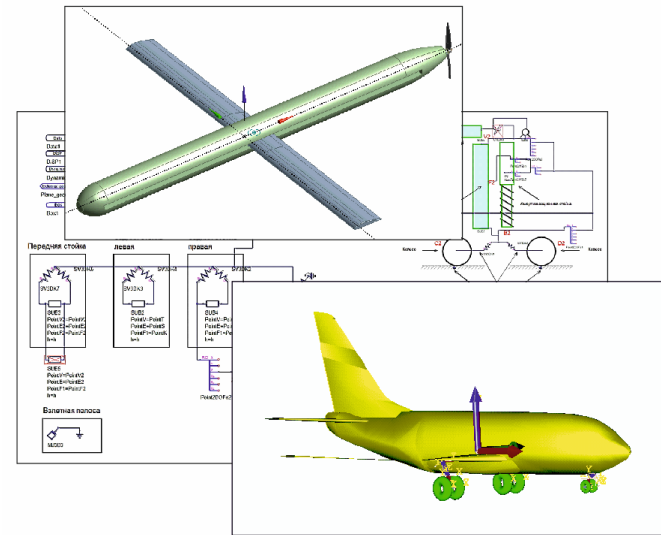
- Двигатели внутреннего сгорания
- Электроприводы
- Гидроприводы
- Кривошипно-шатунные механизмы ДВС
- Газораспределительные механизмы ДВС
- Системы впуска и выпуска ДВС
- Оптимизация креплений и виброопор приводов
- Системы охлаждения приводов
- Системы смазки приводов
- Топливные системы ДВС



ТЕХНИЧЕСКИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ PRADIS

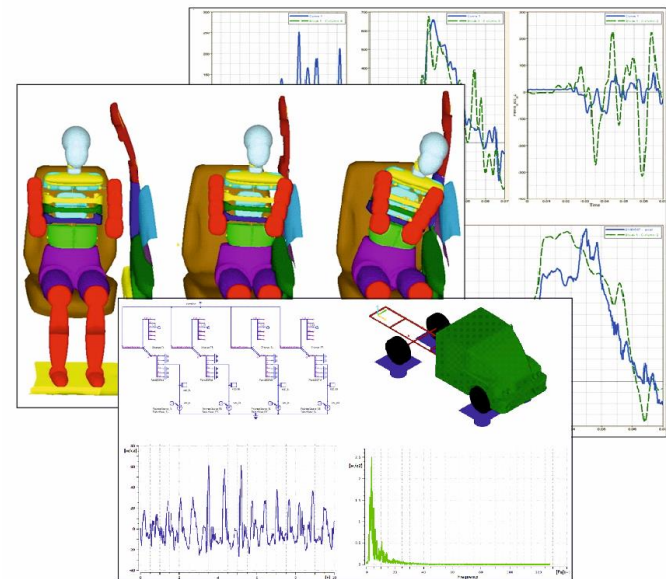
Авиастроение:

- Механизация крыла ЛА
- Фюзеляж ЛА
- Оперения (рули) самолетов
- Двигатели ЛА
- Тяговые устройства (двигатели) ЛА
- Системы электроснабжения ЛА
- Системы шасси
- Топливные системы ЛА
- Трансмиссии ЛА
- БПЛА



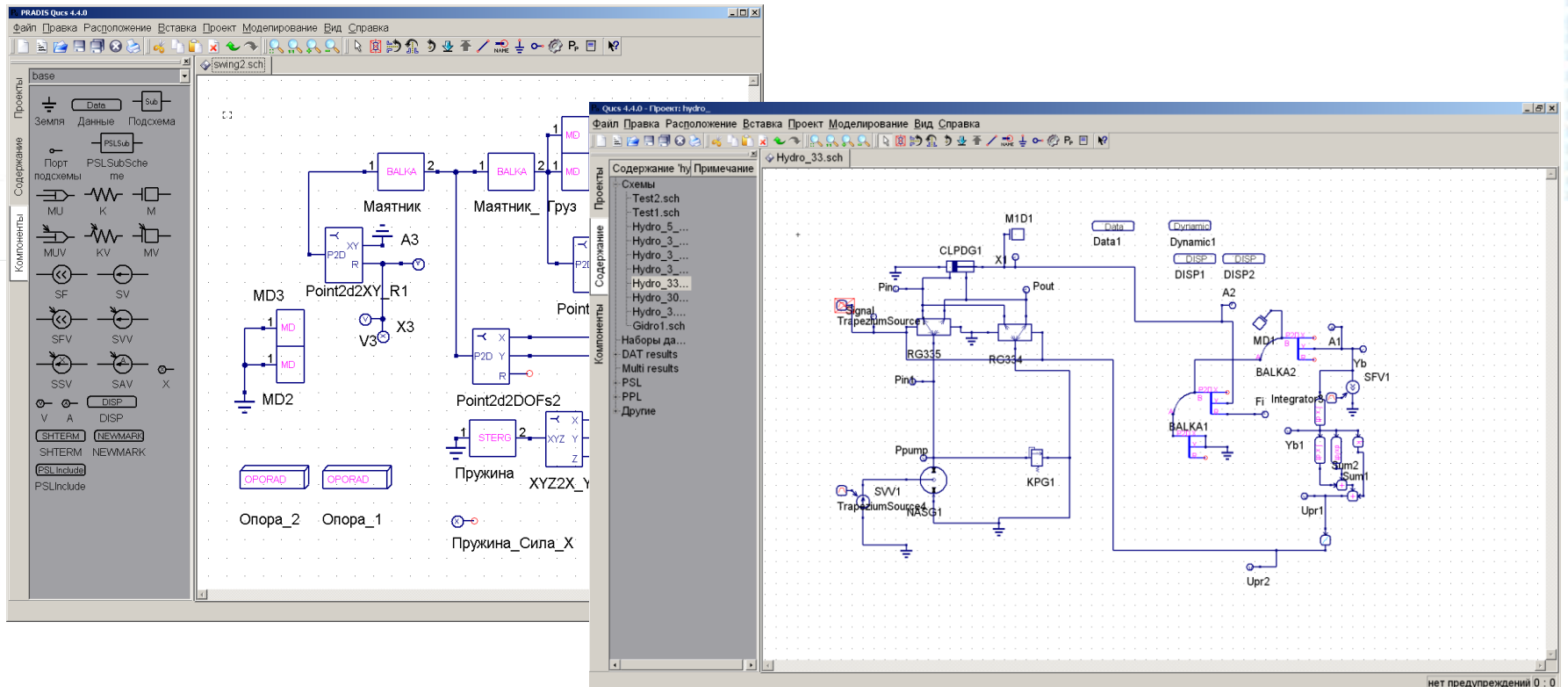
Автомобилестроение:

- Автомобиль/электромобиль в сборе
- Двигатели ДВС, включая их подсистемы
- Электроприводы
- Аккумуляторы, в том числе для электромобилей
- Трансмиссия
- Подвеска
- Рулевое управление
- Топливная система
- Система охлаждения
- Электронная архитектура
- Кузов
- Пассивная безопасность (манекены EuroSID-I и Hybrid III)



Возможности:

- Развитый редактор схем
- Схемное описание объекта
- Применение вложенных подсхем любого уровня
- Использование собственных библиотек или сторонних моделей/объектов обработки (на языке Python)
- Параметризация и применение препроцессинга на основе языка Python в модели
- Импорт параметров из Excel
- Описание визуализации 3D компонент (в том числе импорт STEP/IGES файлов)



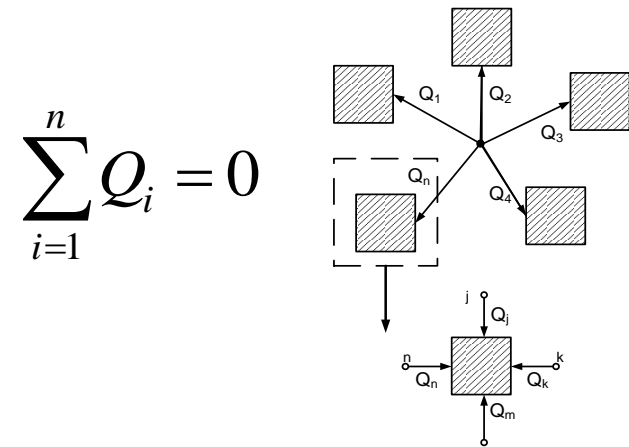
РЕШАТЕЛЬ. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Особенности решателя PRADIS:

- Узловой метод формирования системы уравнений
- Решение системы нелинейных дифференциальных уравнений 2-го порядка
 - Метод Штермера
 - Метод Ньюмарка
 - Явный метод Эйлера
 - Неявный метод Эйлера
 - Метод трапеции
- Решение системы нелинейных уравнений методом Ньютона-Рафсона
- Решение СЛАУ методом Гаусса с учетом разреженности
- Параметрический анализ и оптимизация

Особенности узлового метода:

- Топологические уравнения



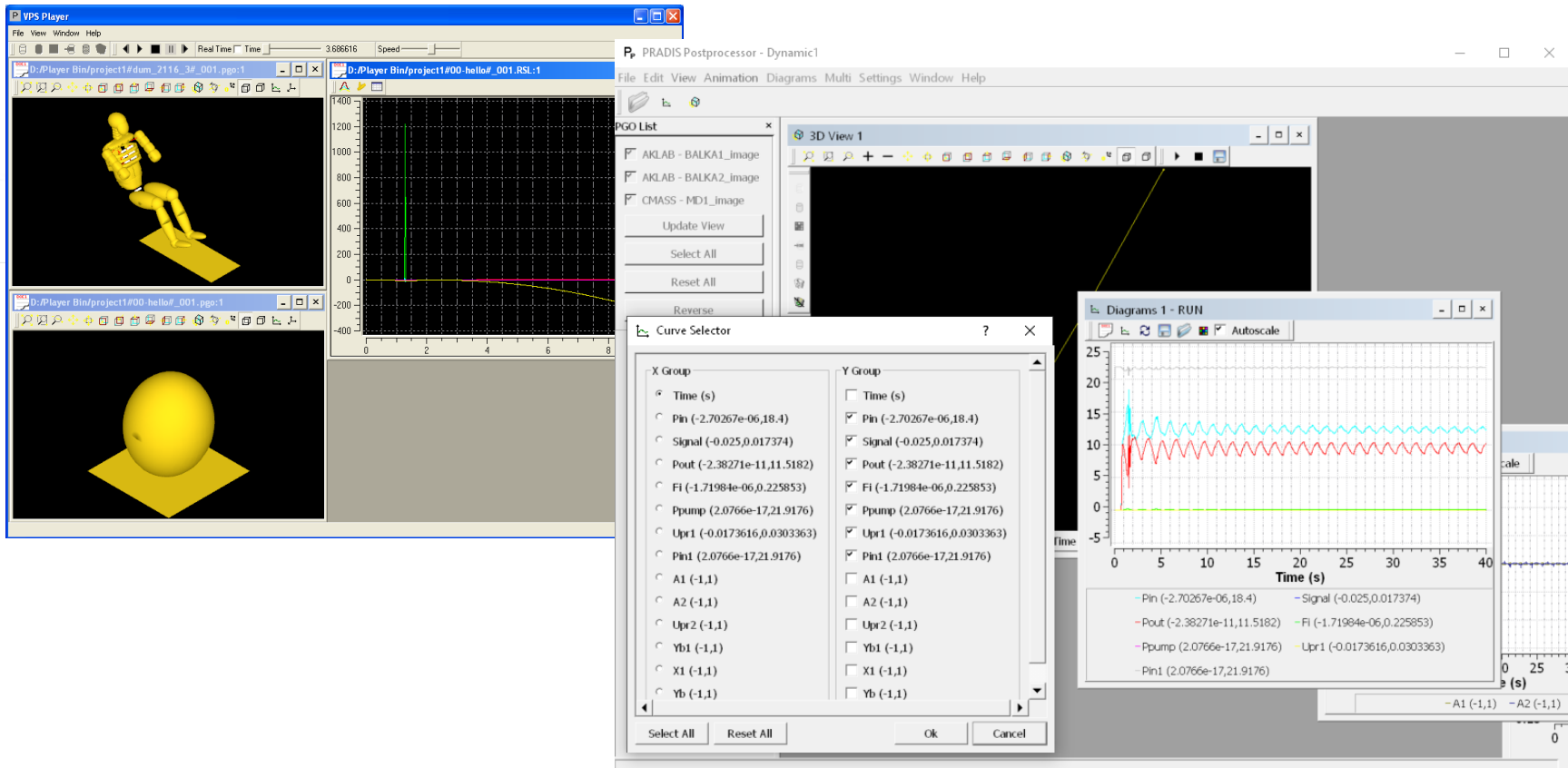
$$\sum_{i=1}^n Q_i = 0$$

- Компонентные уравнения

$$Q_k = f_k \left(t, \bar{X}, \bar{\dot{X}}, \bar{\ddot{X}} \right), k = \overline{1, m}$$

Возможности:

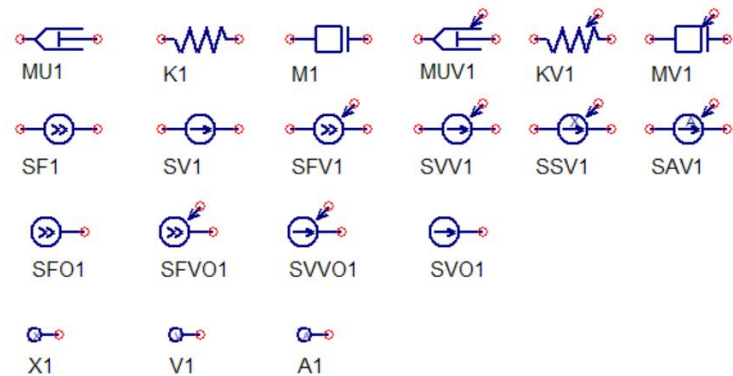
- 3D анимация движения механизма (в реальном времени, замедленном или ускоренном режиме)
- Отображение результатов в виде 2D диаграмм
- Сравнение графиков с данными эксперимента или другого проекта
- Построение фазовых диаграмм
- Импорт/Экспорт графиков (рисунок, таблица)
- Пользовательские графические 3D элементы
- Запись видеороликов



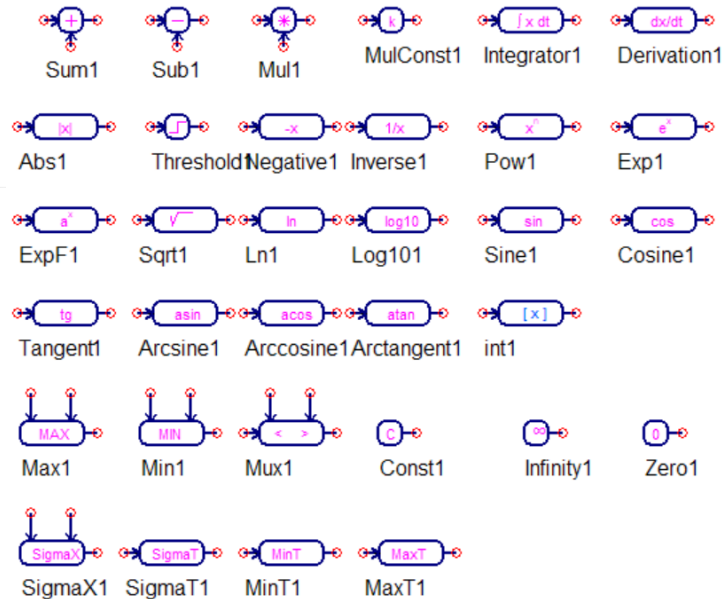
Более 400 моделей в библиотеках PRADIS:

- Механика 1D/2D/3D
- Гидравлика
- Пневматика
- Электроника
- Биомеханика
- Системы управления
- Контакты
- Трансмиссия
- Системы безопасности

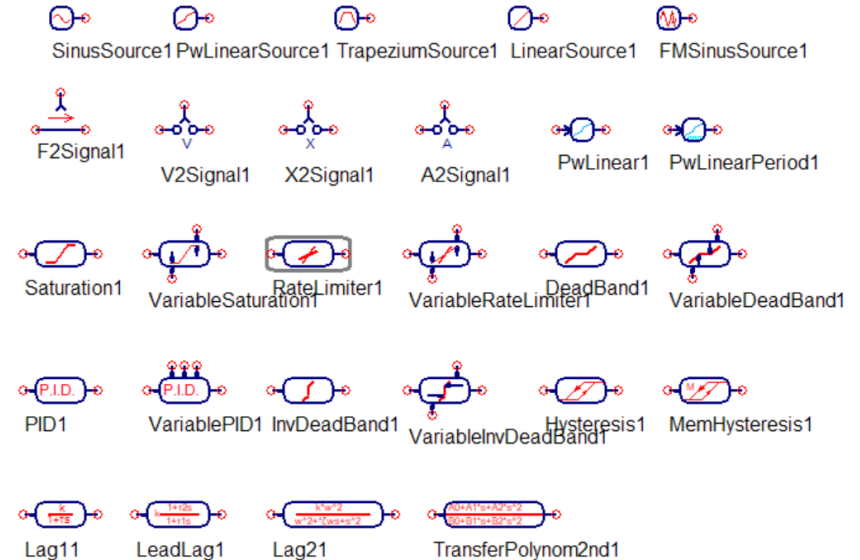
Базовая библиотека

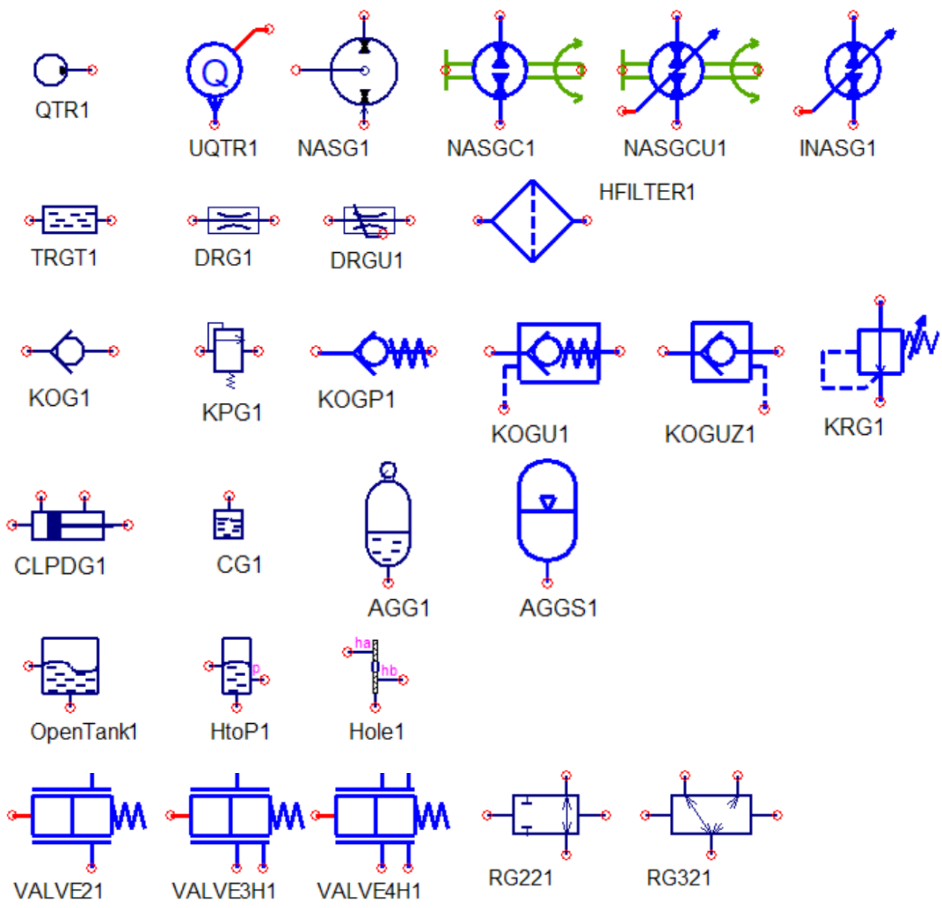


Библиотека математики



Библиотека сигналов





Источники, насосы, моторы

Трубопроводы, дроссели, локальные сопротивления

Клапаны обратные, редуционные, предохранительные

Гидроцилиндры, гидроаккумуляторы

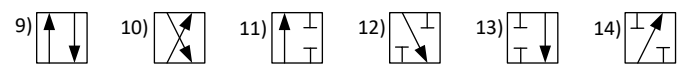
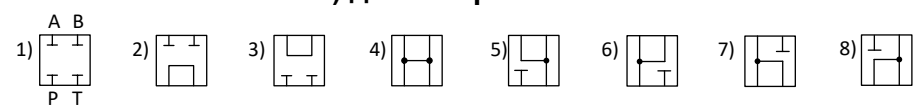
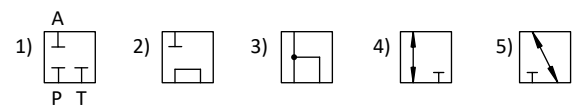
Резервуары, слив

Распределительные клапаны

Поддерживаемые состояния распределительных клапанов

А) для 3 портов

Б) для 4 портов



Создание пользовательских библиотек и моделей:

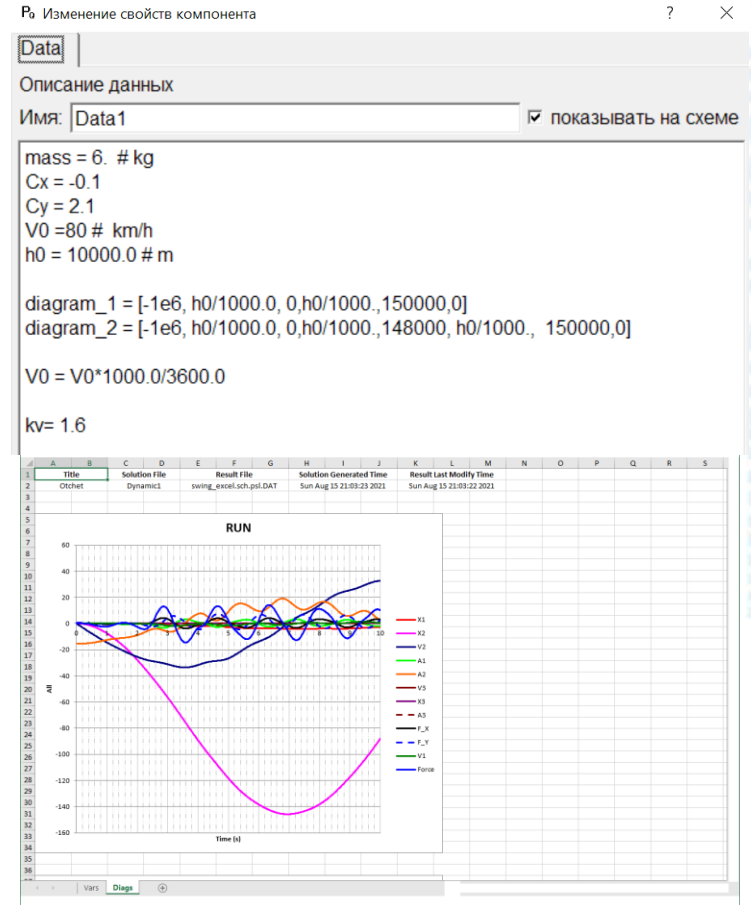
- схемное описание собственных моделей
- описание на языке Python / Fortran / Delphi / C++
- интеграция функций из dll на языке Delphi / C++ / Fortran

Препроцессинг:

- параметризация на языке Python
- разработка объектов препроцессинга на языке Python
- импорт внешних данных (параметров) из Excel/CSV/TXT файлов

Постпроцессинг:

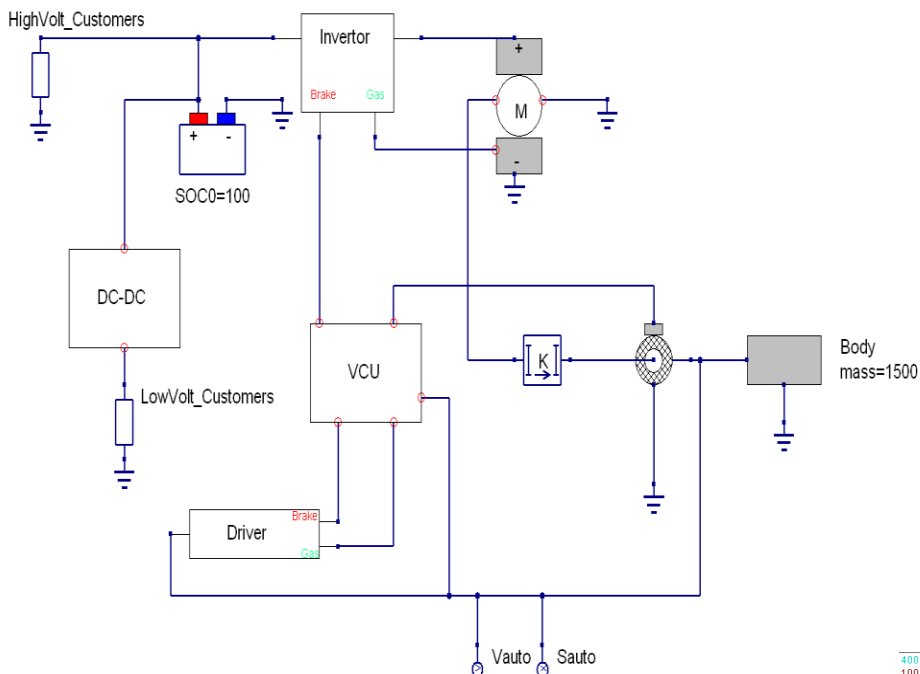
- постобработка результатов расчета
- генерация простых отчетов в Excel / LibroOffice
- генерация сложных отчетов в Excel / LibroOffice
- генерация сравнительных отчетов для разных вариантов
- экспорт результатов расчета в CSV/TXT файлы
- разработка объектов постпроцессинга на языке Python



ПРИМЕРЫ ЗАДАЧ СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОБАЛАНСА И ТЕРМОМЕНЕДЖМЕНТА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Модель электромобиля

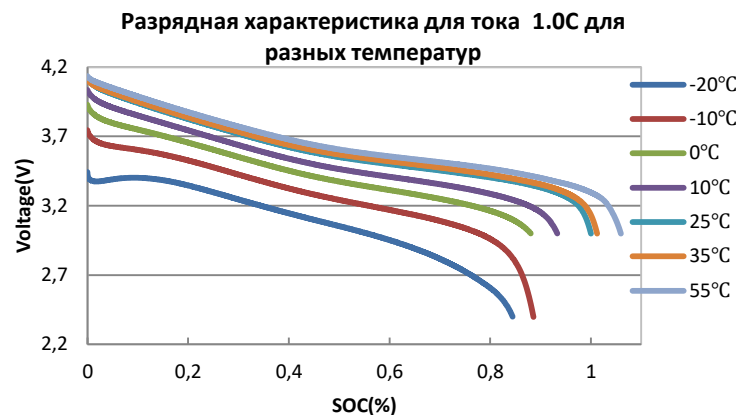


РЕЖИМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

- ▶ Лето-день-солнце, Лето - ночь – дождь, Зима-день-солнце, Зима - ночь - снег

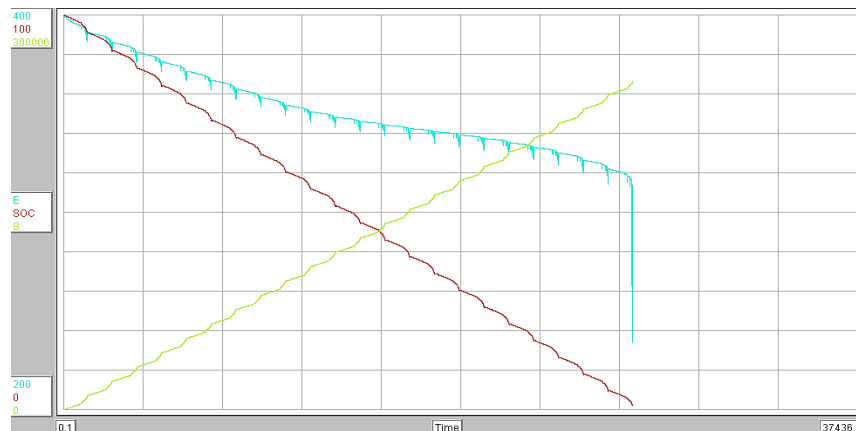
УКЛОН ДОРОГИ

- ▶ 0%, 0.5%, 4%, 8%, 12%



Цели анализа:

- Определение ТТ на компоненты
- Определение алгоритмов управления продольной динамики электромобиля для обеспечения максимального пробега
- Оптимизация алгоритмов работы термоменеджмента электромобиля

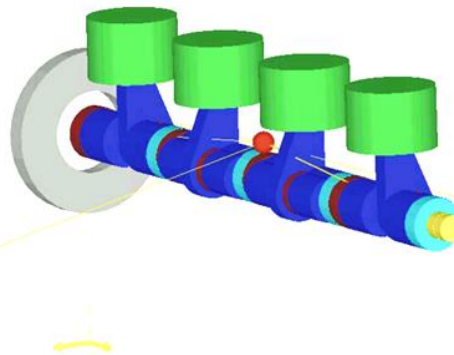


Задача:

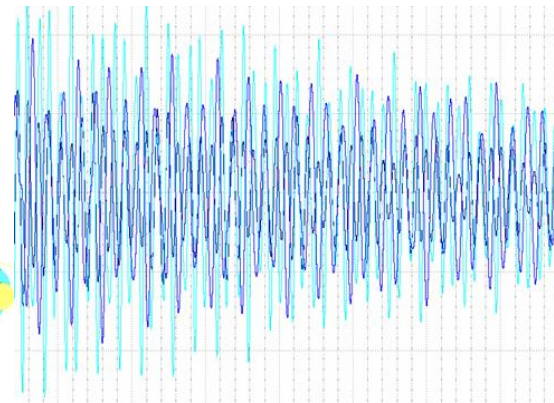
- Обеспечить уровень вибраций от ДВС в требуемых диапазонах

Результат:

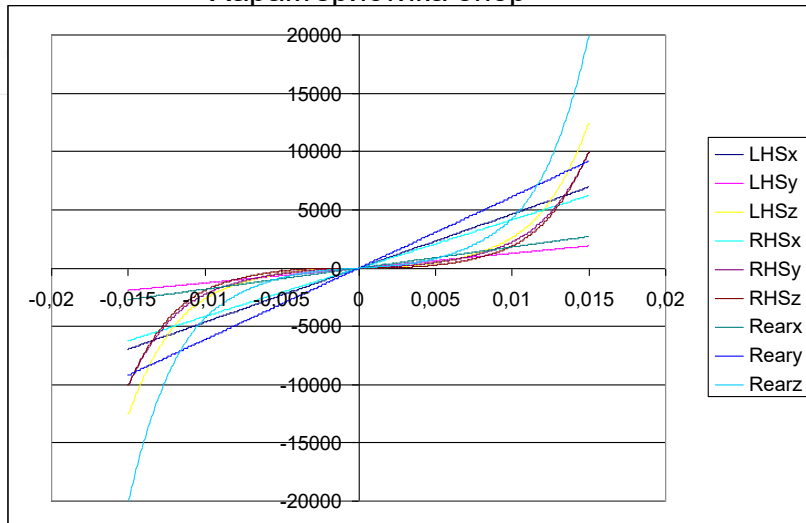
- Определены АЧХ вибраций силового агрегата
- Оптимизированы позиции опор
- Оптимизированы характеристики опор
- Выполнено требование по уровню вибраций



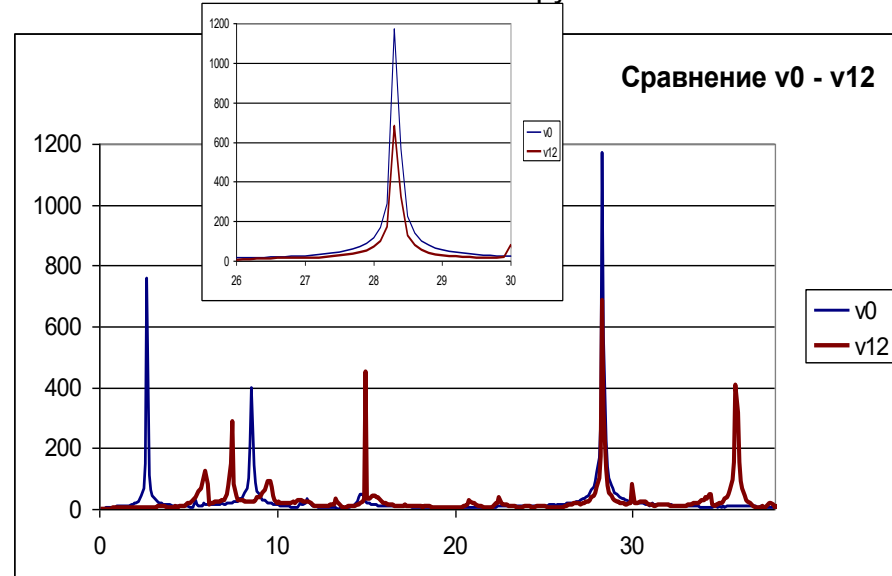
Реакции в опорах ДВС



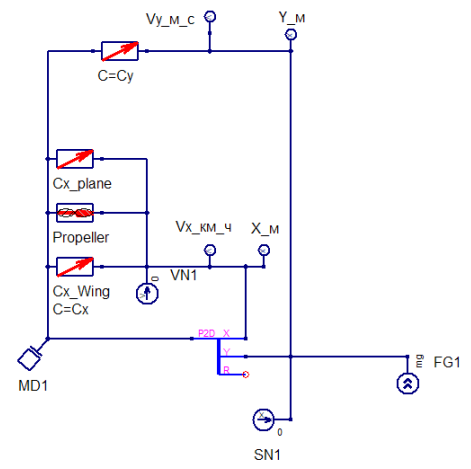
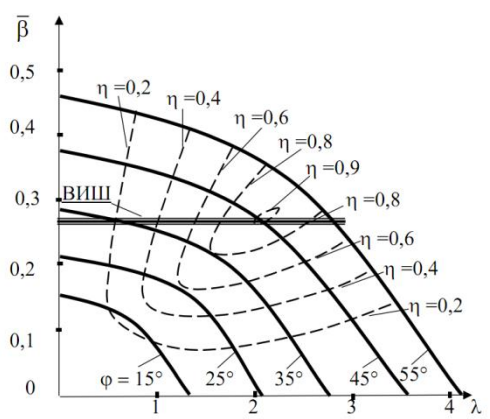
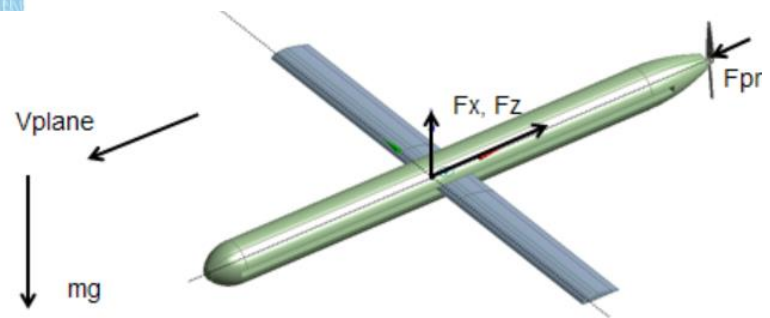
Характеристика опор



Частотный отклик на руле



▶ В оптимальном варианте вибрации **уменьшены в 1,7 раз.**



Исходные требования:

- Максимально допустимая масса
- Максимально допустимые габариты
- Минимальная дальность полета

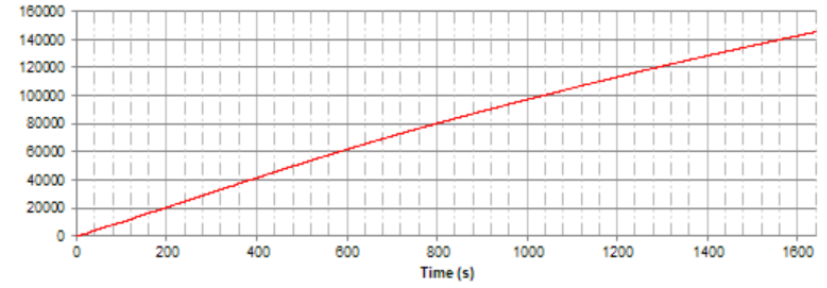
Цели:

- Определить ТТ на двигатель
- Определить ТТ на винт
- Определить ТТ на батарею
- Определить требуемую площадь крыла
- Определить аэродинамические характеристики

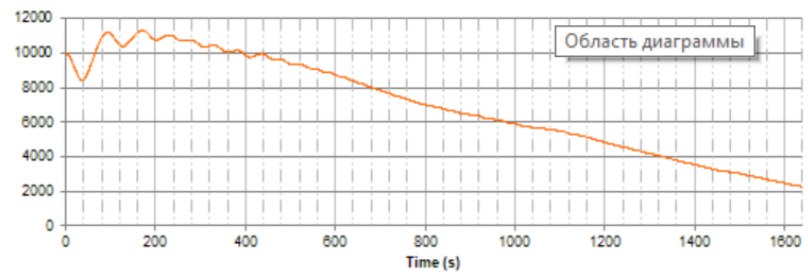
Постановка задачи

- Движение по траектории
- Учет изменения плотности воздуха
- Полет, управляемый оборотами двигателя

Расстояние



Высота



— X, м

— Y, м

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ВЫПУСКА ШАССИ

Задача:

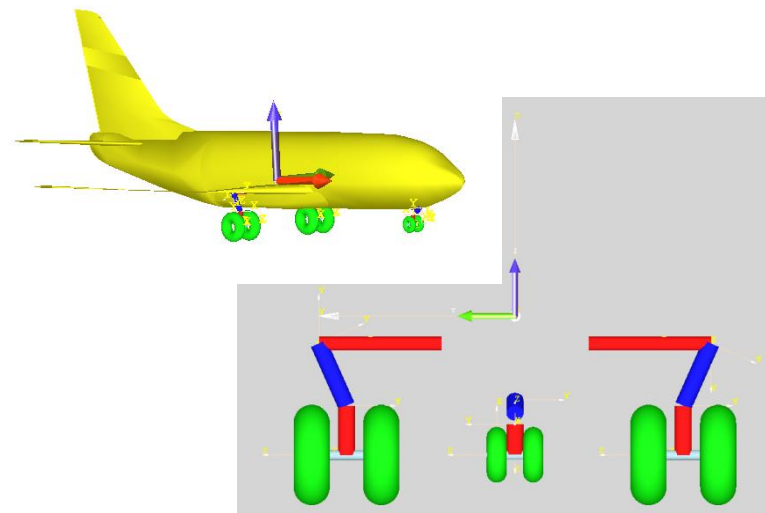
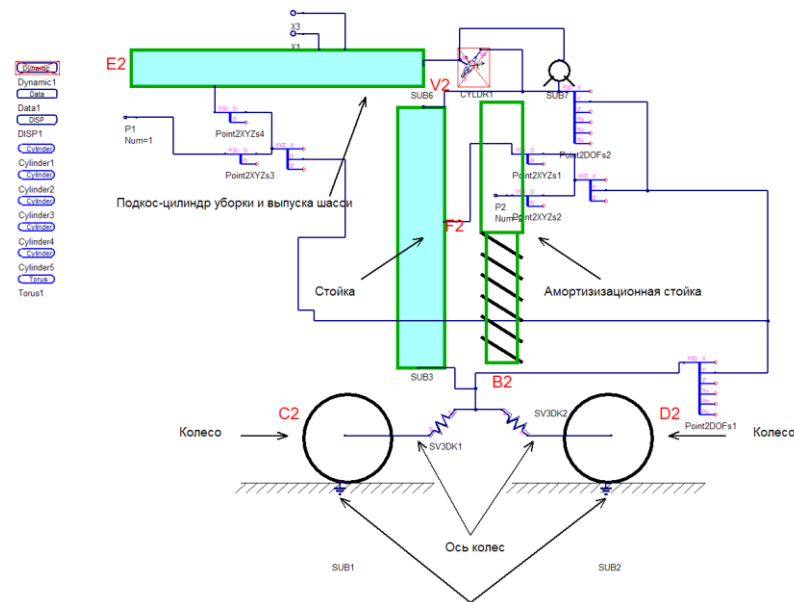
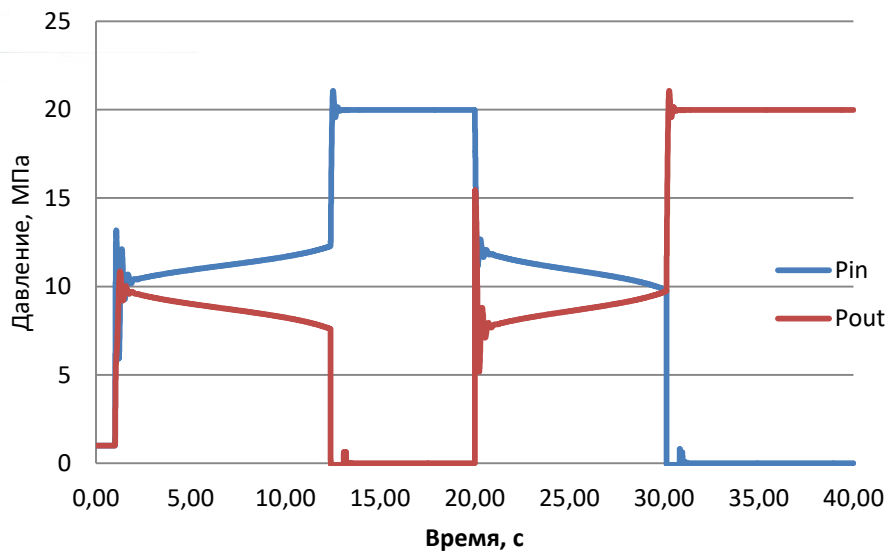
- Валидация процесса выпуска шасси при посадке ЛА.

В состав модели входят все три шасси самолета, механизм выпуска и гидравлическая система управления.

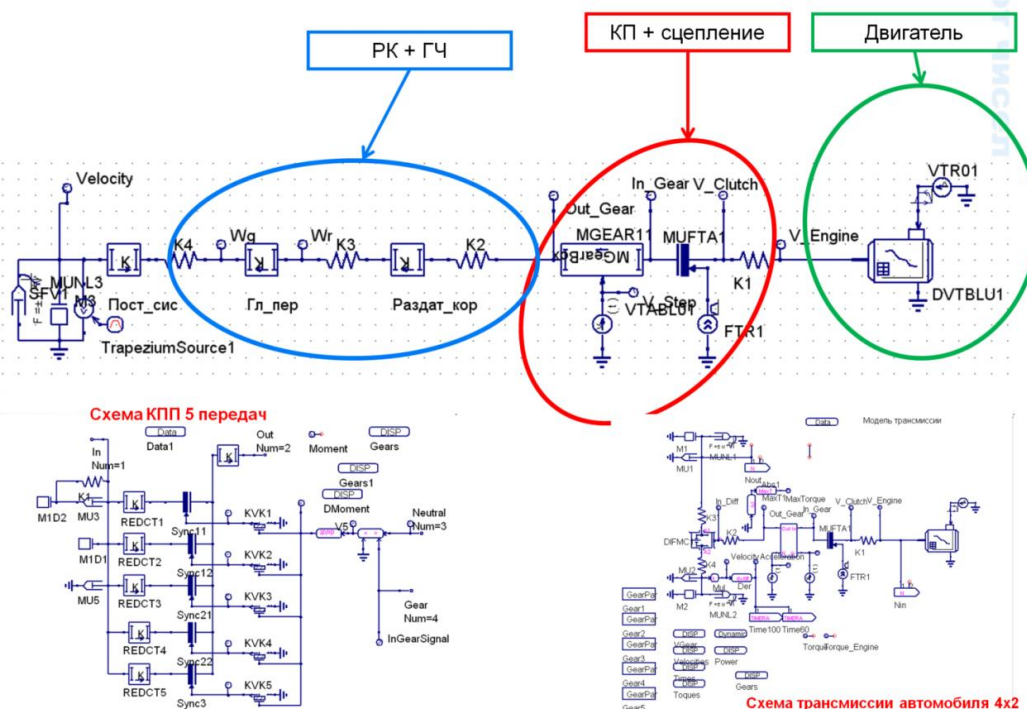
Также моделировался контакт колеса с полосой посадки.

Результаты:

- Получены расчетные динамические характеристики работы гидравлических компонентов;
- Подтверждено выполнение требований к системе шасси для процесса выпуска шасси при посадке ЛА на базе выбранных технических решений.



ПРОДОЛЬНАЯ ДИНАМИКА АВТОМОБИЛЯ

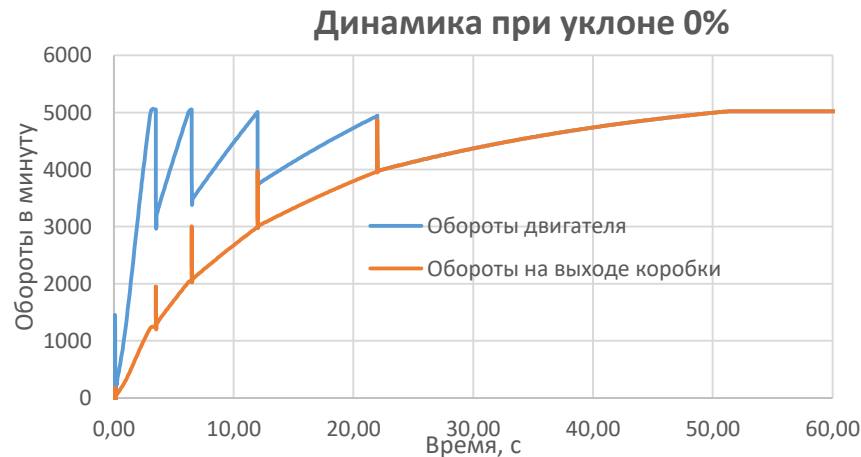
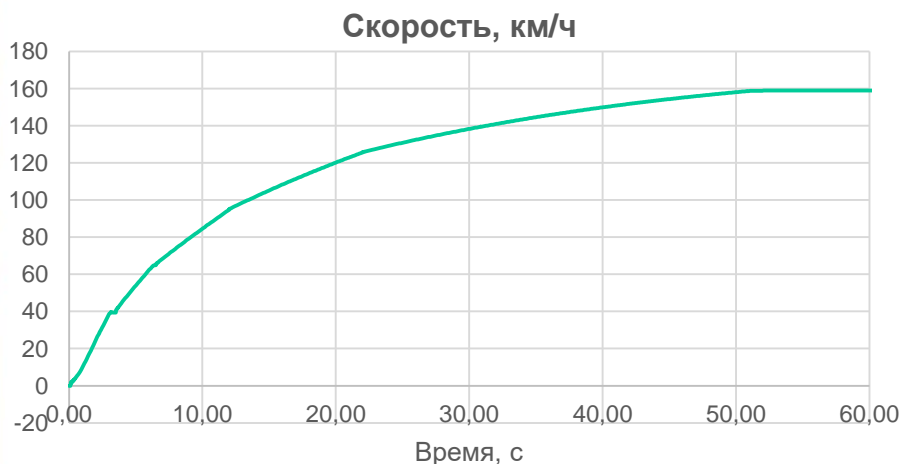


Задача:

Верификация требований по продольной динамике автомобиля

Результаты:

- Получена расчетная характеристика продольной динамики автомобиля на базе выбранных технических решений;
- Подтверждено выполнение требований по продольной динамике автомобиля на базе выбранных технических решений.
- Масса снаряженного автомобиля (без водителя) (Curb) -1940 кг
- Полная масса автомобиля (GVW)– 2540 кг
- Коэффициент аэродинамического сопротивления -0.44
- Аэродинамический фактор– 3.028 м²
- Коэффициент трения качения -0.01
- Передаточные числа коробки передач -4.06, 2.466, 1.673, 1.245, 1
- Передаточное отношение понижающей передачи – 2.45
- Передаточное число главной передачи – 4.11



ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ЧИСЕЛ В КОРОБКЕ ПЕРЕДАЧ

Задача:

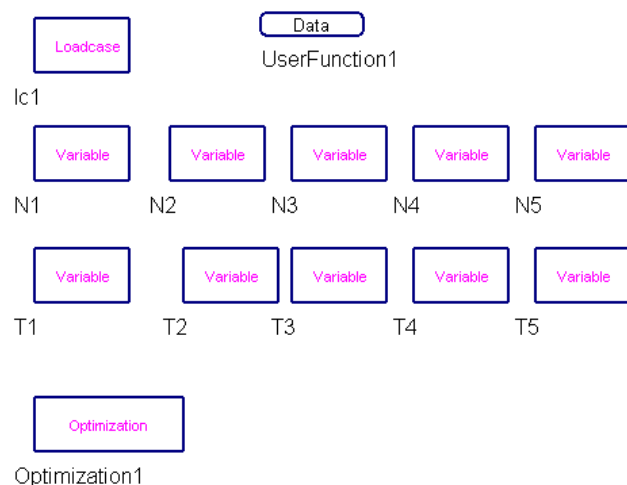
- Оптимизировать значения передаточных чисел N1-N5 в коробке передач автомобиля с целью снижения расхода топлива

Ограничения поиска решений

- Разгон до 100 км/ч меньше, чем за G1 с
- Разгон с 60 до 100 км/ч меньше, чем за G2 с
- Максимальный момент в сцеплении менее G3 Нм
- Максимальный момент в КП менее G4 Нм
- Максимальный момент в главной передаче менее G5 Нм
- Максимальная скорость более, чем G6 км/ч

Результаты

- минимизирован расход топлива на NEDC для указанных скоростных требований

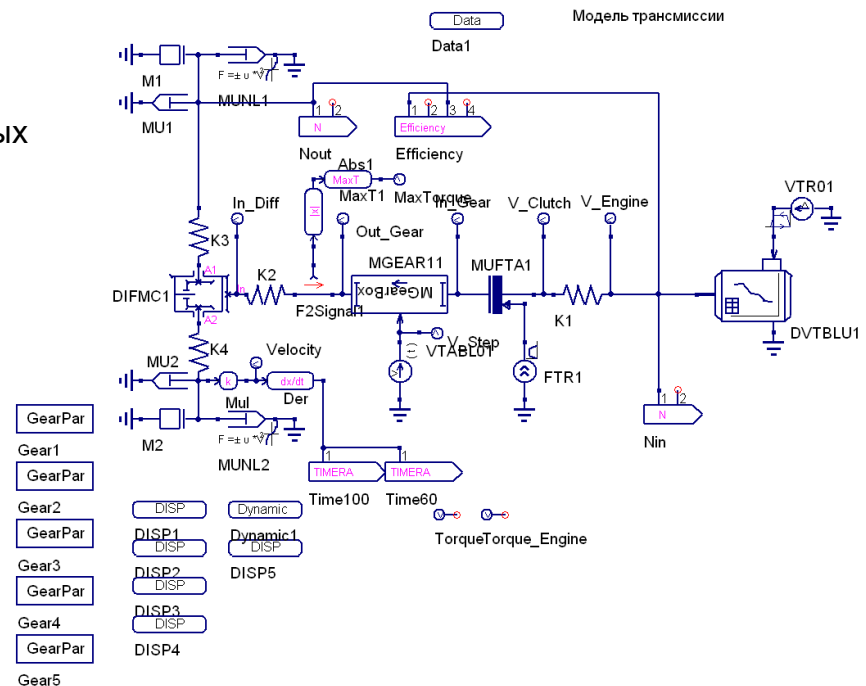


$$f_0(x) \rightarrow \min(\max), x \in \Omega$$

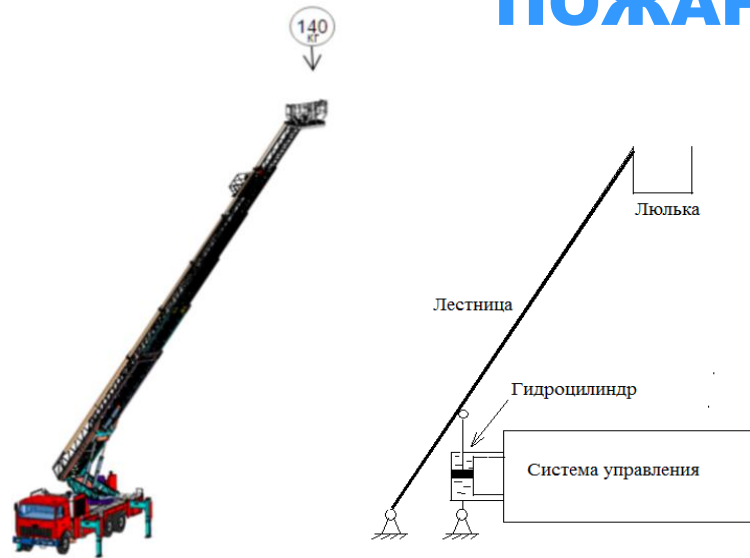
при условиях

$$g(x) \geq 0$$

$$h(x) = 0$$



СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ЛЕСТНИЦЕЙ

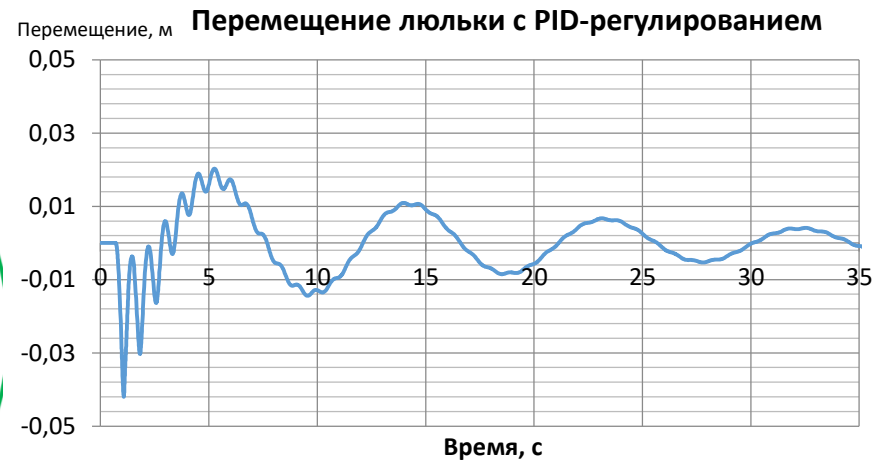
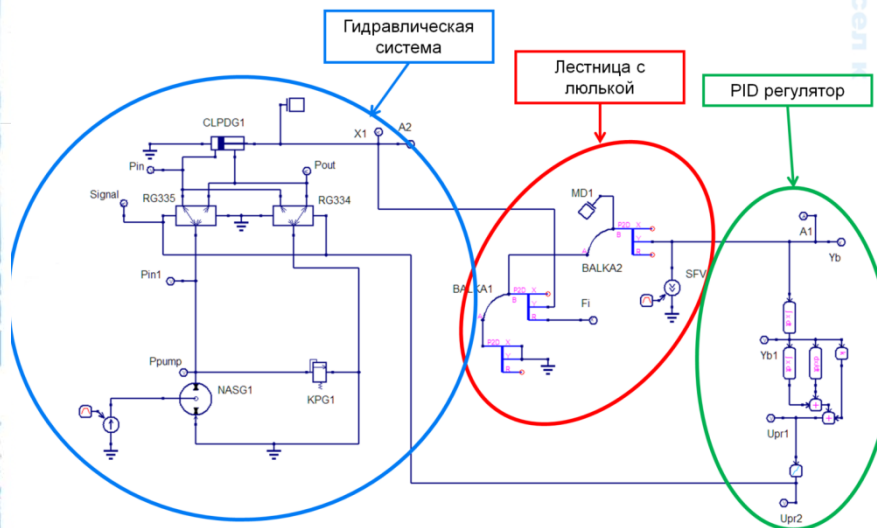


Задача:

Обеспечить уровень колебаний люльки пожарной в требуемых пределах при нагружении до 140кг

Результат:

- Проверен алгоритм управления гидравлической системой и отлажены параметры PID-регулирования
- Проверены и откорректированы технические параметры элементов гидравлической системы
- Снижен уровень колебаний люльки до требуемых пределов

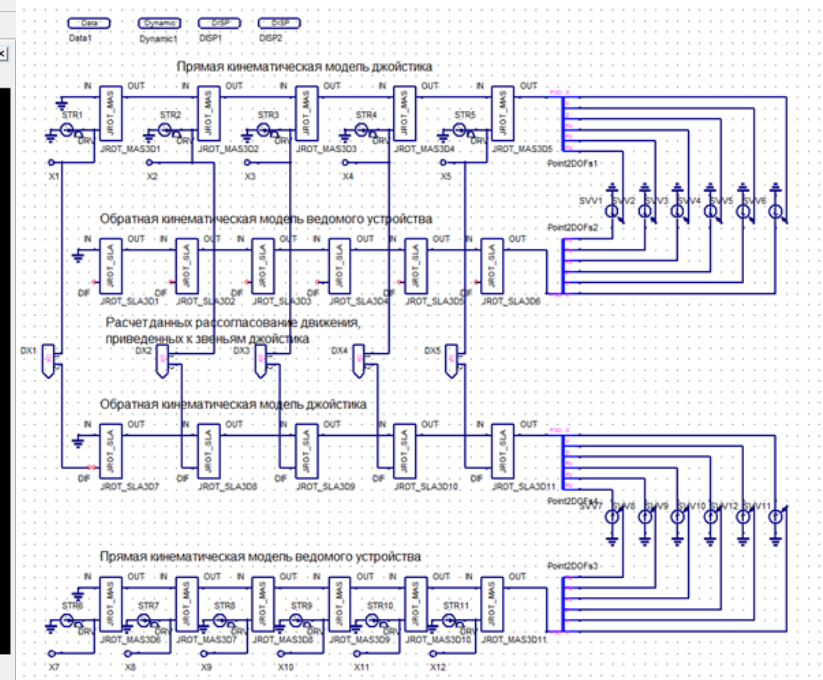
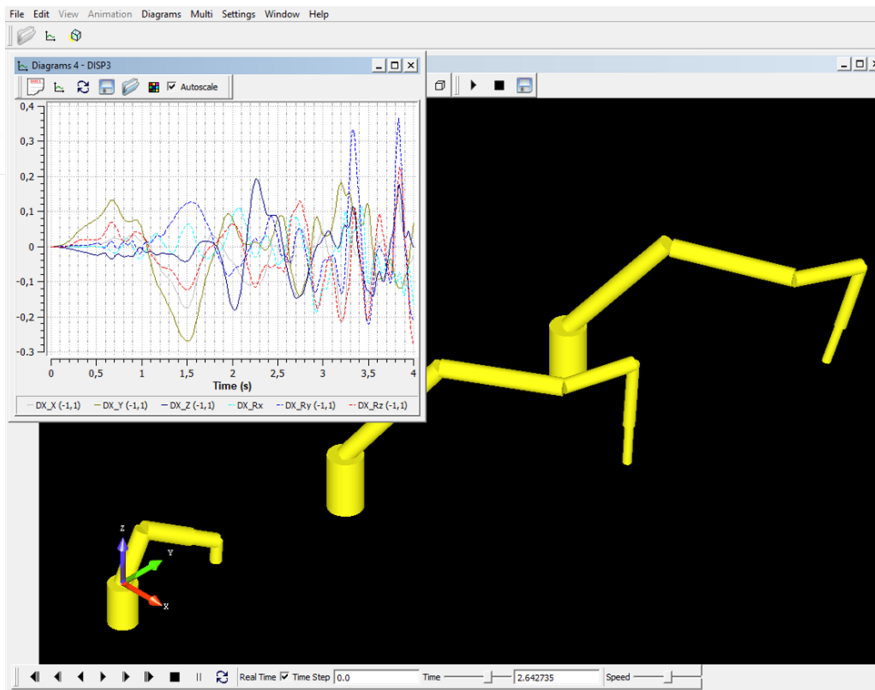


Задача:

- Создать модель управления копирующего типа для промышленных манипуляторов произвольной кинематической конфигурации;
- Определить необходимые параметры силовой обратной связи на ведущее устройство в рамках требований по максимальному отклонению ведомого устройства от заданной траектории.

Результаты:

- Создан алгоритм расчета ПЗК и ОЗК для ведущего и ведомого многозвенных устройств с произвольными их геометрией и кинематикой
- Рассчитаны параметры силовой обратной связи на ведущее устройство в зависимости от требования по максимальному отклонению ведомого устройства от заданной траектории.



БЛАГОДАРИМ ЗА ВНИМАНИЕ!

ООО «Ладуга»

ОТ ЧИСЕЛ К ЗНАНИЯМ